

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE

I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1. Nombre del proyecto

DTU-A LOTE 16

I.1.2. Ubicación del proyecto

Lote 1-16 de la manzana 01, en la Sumerpanzana 314, en la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, México.

I.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto

Se estima que el proyecto tendrá una vida útil de 82 años, dividido de la siguiente manera:

- Etapa de preparación del sitio: 2 años
- Etapa de construcción y operación: 80 años

En éste punto cabe aclarar que el presente estudio sólo considera la etapa de preparación del sitio, es decir, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de vegetación forestal, exclusivamente para la lotificación del predio; por lo tanto, los procesos constructivos y las obras que integran el proyecto, serán sometidas a evaluación ante las autoridades competentes, en su momento procesal oportuno.

I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1. Nombre o razón social

Desarrollo Inmobiliario Su Casa S.A. de C.V.

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

I.2.3. Domicilio para oír y recibir notificaciones

Av. Acanceh, Manzana 2, Lote 3, Piso 3-B, SMZ 11, Oficina 312, Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, C.P. 77580

I.3. DATOS GENERALES DEL REPRESENTANTE LEGAL

I.3.1. Nombre o razón social

C. Marco Aantonio Merino Sosa representante legal de la empresa DESARROLLO INMOBILIARIO SU CASA S.A. de C.V., en su carácter de Depositario y FIDEICOMISARIO B del Fideicomiso celebrado con SCOTIABANK INVERLAT, S. A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE, GRUPO FINANCIERO SCOTIABANK INVERLAT, DIVISIÓN FIDUCIARIA.

I.3.2. Domicilio para oír y recibir notificaciones

Av. Acanceh, Manzana 2, Lote 3, Piso 3-B, SMZ 11, Oficina 312, Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, C.P. 77580

I.4. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL DTU-A

I.4.1. Nombre o razón social

Ing. Reynaldo Martínez López

I.4.2. Registro Federal de Contribuyentes

MARL820517S6A

I.4.3. C. U. R. P.

MALR820517HOCRPY00

I.4.4. Cédula profesional

6241318

I.4.5. Domicilio para oír y recibir notificaciones

I.4.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10. Se anexa copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Reynaldo Martínez López.

I.5. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

I.5.1. Nombre o razón social

Ing. Reynaldo Martínez López

I.5.2. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10. Se anexa copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Reynaldo Martínez López.

I.5.3. Domicilio para oír y recibir notificaciones

II. USOS QUE SE PRETENDAN DAR AL TERRENO

II.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto consiste en obtener la autorización para poder llevar a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a través de la remoción de la vegetación en parte del predio ubicado en la Supermanzana 314, Manzana 01, Lote 1-16 en la ciudad de Cancún, para su ulterior aprovechamiento mediante un fraccionamiento habitacional.

La superficie de aprovechamiento estará destinada al uso de suelo urbano, y en particular al uso habitacional de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano aplicable. Sin embargo, es importante aclarar que el proyecto, sólo implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal, misma que debe ser evaluada por la Federación, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; por lo tanto, lo concerniente a la etapa constructiva del proyecto, o en su caso, al desarrollo del conjunto habitacional con la construcción de viviendas, será sometido a evaluación ante la autoridad competente, que en su caso, corresponde al Gobierno Estatal a través del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (INIRA).

II.2. NATURALEZA DEL PROYECTO

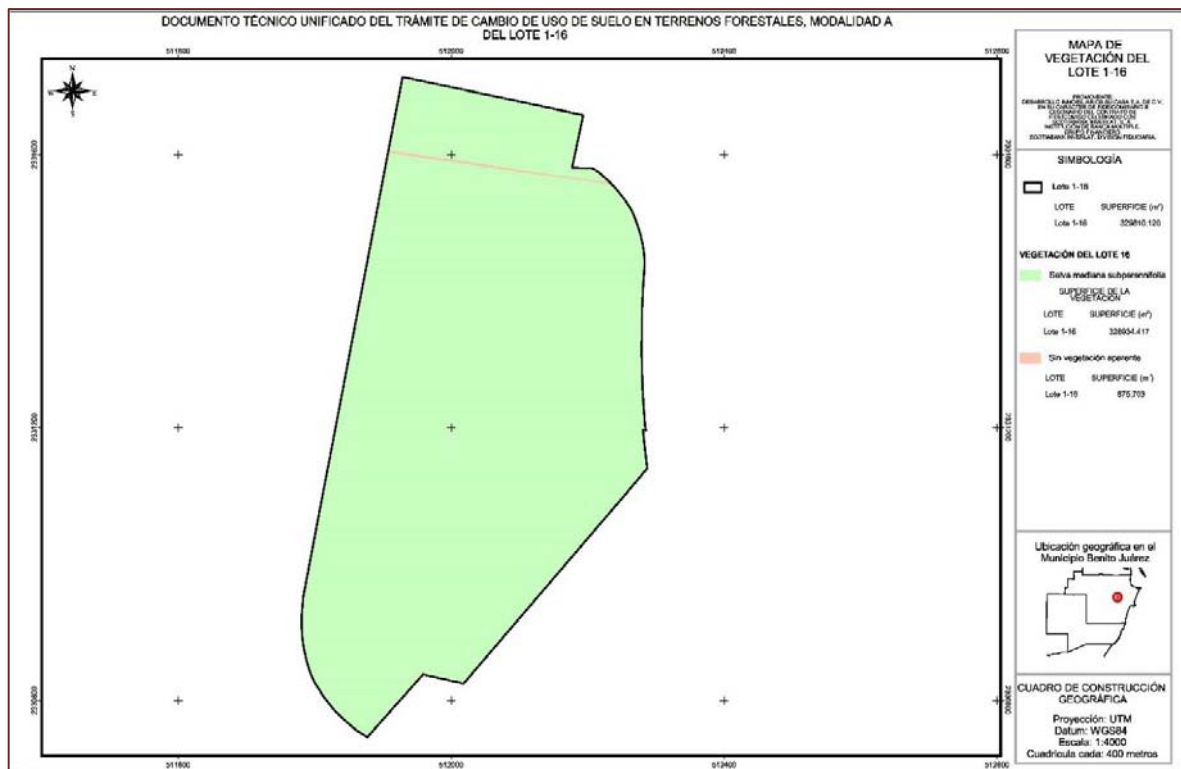
Como se mencionó en el apartado anterior, el proyecto que se propone desarrollar consiste en la remoción de vegetación forestal dentro del polígono de aprovechamiento propuesto para la lotificación del predio, lo que dará paso a la construcción de un fraccionamiento habitacional que contempla la construcción de viviendas, áreas verdes, vialidades y banquetas, dirigidas al sector poblacional que requiere de vivienda para adquisición con financiamientos, por lo cual se entiende como una propuesta de interés social, con la finalidad de atender el sector poblacional que habita en Cancún, Quintana Roo. El predio seleccionado se ubica dentro del polígono regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún, por lo cual la zona cuenta ya con todos los servicios urbanos necesarios. Sin omitir manifestar que la posibilidad futura de desarrollo de los lotes está sujeta a la factibilidad de la dotación real de los servicios de agua potable, drenaje sanitario y energía eléctrica por las instancias correspondientes.

II.3. USOS QUE SE PRETENDEN DAR EL TERRENO

El lote que se pretenden aprovechar para la implementación del proyecto, está destinado exclusivamente a la construcción de un fraccionamiento habitacional.

En la siguiente tabla se desglosa el uso de suelo que se tiene proyectado para el lote sujeto a aprovechamiento:

| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | |
|--------------------------|-------------------|---------------|
| Sin vegetación aparente | 875.703 | 0.27 |
| Area verde | 142,851.08 | 43.31 |
| CUSTF | 186,083.337 | 56.42 |
| Total | 329,810.12 | 100.00 |



II.4. USO ACTUAL DEL SUELO EN EL PREDIO Y EN SUS COLINDANCIAS

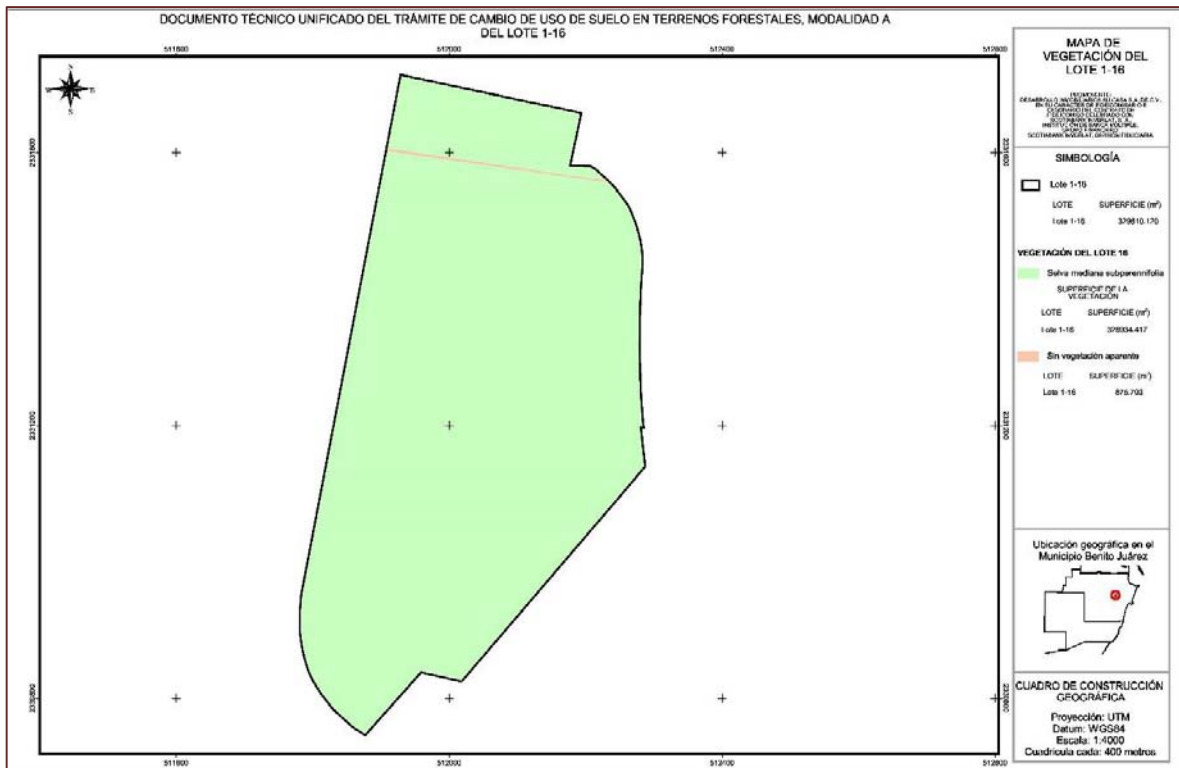
El lote del proyecto presenta vegetación forestal de Selva mediana subperennifolia, por lo que su uso actualmente es el de terreno forestal; sin embargo, parte de este lote, como se mencionó anteriormente, cuenta un área sin vegetación aparente en

una superficie de 875.703 m², el cual corresponde a un camino rústico que da acceso a los predio vecinos y esta superficie no se solicita para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, mientras que el resto se encuentra cubierto con vegetación forestal, por lo que el uso que presenta actualmente es el de infraestructura urbana y terreno forestal. En la siguiente tabla se desglosa el uso de suelo actual que presenta el predio.

| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | |
|----------------------------------|-------------------|
| Sin Vegetación aparente (camino) | 875.703 |
| Selva mediana subperennifolia | 328,934.417 |
| Total | 329,810.12 |

En las inmediaciones del predio o lote a desarrollar, se observa un uso netamente urbano, pues es notoria la existencia de numerosos fraccionamientos habitacionales, infraestructura urbana, áreas comerciales, estaciones de servicio, lotes baldíos y predios en breña, pues prácticamente se encuentra inmerso dentro de la zona urbana de la Ciudad de Cancún en constante crecimiento.

Finalmente es importante mencionar que en el predio y sus colindancias no se detectaron cuerpos de agua superficiales.



II.5. URBANIZACIÓN DEL ÁREA

II.5.1. Vías de acceso

Al predio se puede llegar a través de las Avenidas Chac-mool y Huayacan; y a partir de ella se accede al lote en forma casi inmediata.

II.5.2. Agua potable y alcantarillado

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por Aguakan.

II.5.3. Drenaje sanitario

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por Aguakan.

II.5.4. Energía eléctrica

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

II.5.5. Transporte público

Este servicio se encuentra disponible en la zona donde se ubica el predio del proyecto, mismo que se encuentra operado por diferentes compañías.

II.6. DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

II.7. SUMINISTRO DE AGUA

El agua requerida para la etapa de preparación del sitio o cambio de uso de suelo en terrenos forestales, será suministrada a través de pipas operadas por Aguakan. El agua para consumo humano será suministrada a través de garrafones de 20 litros, que pueden adquirirse en los comercios locales.

II.8. ENERGÍA ELÉCTRICA

No se requiere para esta etapa que se somete a evaluación, ya que se trabajará en horario diurno.

II.9. DRENAJE SANITARIO

No se requiere para esta etapa del proyecto que se somete a evaluación; en su caso, se instalarán sanitarios móviles para atender las necesidades fisiológicas de los responsables de la ejecución del cambio de uso de suelo.

II.10. JUSTIFICAR POR QUÉ LOS TERRENOS SON APROPIADOS AL NUEVO USO

A continuación se describen tres criterios de carácter ambiental, social y económico, mismos que permiten justificar por qué los usos que se pretenden dar a los lotes en estudio, son apropiados o acorde a la zona.

II.10.1. Criterios ambientales

El predio se encuentra cubierto en su totalidad por un ecosistema de Selva mediana subperennifolia (salvo el desmote previo mencionado anteriormente), el cual, según la bibliografía especializada, se trata de un ecosistema de relativa importancia por la diversidad de flora y fauna que alberga, pero no se considera como un ecosistema excepcional o frágil como es el caso de las dunas costeras, los humedales, manglares, selvas bajas, etc.; por lo que se advierte que dicho ecosistema tendrá la capacidad de albergar el proyecto, sin que se vean comprometidos sus recursos naturales.

Otro criterio que fue considerado, ambientalmente hablando, hace alusión al hecho de que la vegetación del predio se trata de una comunidad vegetal que conforme al pasar de los días va quedando aislada debido a las obras que existen en las inmediaciones, tales como caminos y desarrollos habitacionales de la misma índole que el que se propone una vez que se lleven a cabo las actividades que comprende el cambio de uso de suelo; por lo que se prevé que los impactos a la vegetación se ceñirán exclusivamente a la superficie de aprovechamiento.

Aunado a lo anterior, cabe mencionar que en las colindancias inmediatas al predio del proyecto, es posible observar áreas perturbadas por desmonte previos y obras diversas, en su mayoría habitacionales, turísticos y comerciales actualmente en operación, cuya causa se debe a que el predio se ubica dentro de una zona destinada al uso de suelo urbano, lo que sustenta que no se estaría interviniendo un área natural de importancia ecológica relevante, ni ecosistemas excepcionales que requieran atención prioritaria a través de su conservación y manejo; y en tal sentido se vislumbra que el cambio de uso de suelo propuesto, es factible de realizarse sin comprometer los recursos naturales en el sistema ambiental.

II.10.2. Criterios sociales

El sitio del proyecto en su estado actual (predio en breña), solamente genera gastos que no resultan redituables, tales como el pago del impuesto predial, trabajos de mantenimiento, conservación, vigilancia, etc., lo que se traduce en una pérdida monetaria y no en un beneficio económico.

En su estado actual como terreno forestal, el predio no se considera una fuente de empleos para la gente de la localidad; no genera beneficios sociales de ningún tipo pues se encuentra subutilizado según los usos de suelo permitidos en materia de

desarrollo urbano. Los predios subutilizados o inutilizados aparecen reiteradamente en declaraciones de promotores inmobiliarios, planificadores, funcionarios públicos, asociaciones de vecinos, etc., como un problema, que la mayoría de las veces se refieren como un problema de áreas urbanas centrales que se reduce a causas de tipo económico, en el sentido funcional del término: se presupone la especulación de los propietarios como causa primera de la existencia de lotes baldíos; la subvaloración de ciertas áreas por la pérdida de actividades económicas, la degradación y el abandono de los mismos.

Eventualmente se cita la falta de adecuación de algunos instrumentos de política urbana, principalmente de orden normativo, ya que en ocasiones frenan la posibilidad de aprovechamiento de los predios en cuestión: las restricciones regulatorias sobre determinados factores como el uso del suelo, densidades, alturas, etc.; la carga fiscal a que están sometidos los inmuebles en ciertas zonas (impuestos prediales, permisos comerciales, plusvalías); los problemas legales en cuanto a la propiedad inmobiliaria (fincas involucradas en procesos jurídicos de diversa índole, propietarios interesados, propietarios desconocidos).

En sentido de lo anterior tenemos que la implementación del proyecto dentro del predio o conjunto de predios que se someten a evaluación, beneficiará su uso a futuro para la construcción de los fraccionamientos que se tienen proyectados dentro del plan maestro. Por lo tanto, los lotes pasarán de ser predios inutilizados a ser una fuente potencial de empleos, oferta de vivienda digna, urbanización de la zona, y consolidación de la mancha urbana de Cancún en actual expansión.

II.10.3. Criterios económicos

El sitio del proyecto en su estado actual solamente genera gastos que por nada resultan redituables, tales como el pago del impuesto predial, trabajos de conservación, vigilancia, etc., lo que se traduce en una pérdida monetaria y no en un beneficio económico; sin embargo, con el desarrollo del fraccionamiento que se propone, se podrán obtener beneficios económicos desde diferentes sectores, inclusive será una fuente generadora de empleos tanto temporales como permanentes que beneficiarán a un sector determinado de la sociedad. Asimismo, el proyecto generará ingresos económicos que permearán a los diferentes niveles de gobierno, con el pago de permisos e impuestos, en forma permanente.

II.11. PROGRAMA DE TRABAJO

Como se detallará en capítulos posteriores, el programa de trabajo para realizar el cambio de uso de suelo se ha planteado para llevarse a cabo en un periodo de 24 meses en los que se desarrollarán las actividades siguientes:

| ACTIVIDADES | CRONOGRAMA (BIMESTRES) | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Aviso de inicio de las actividades | | | | | | | | | | | | | |
| Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF | | | | | | | | | | | | | |
| Rescate de vegetación | | | | | | | | | | | | | |
| Rescate de fauna silvestre | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y operación del vivero rústico temporal | | | | | | | | | | | | | |
| Remoción de la vegetación | | | | | | | | | | | | | |
| Despalme y rescate de la tierra vegetal | | | | | | | | | | | | | |
| Trituración del material vegetal | | | | | | | | | | | | | |
| Reforestación | | | | | | | | | | | | | |
| Informes de avances y Finiquito | | | | | | | | | | | | | |

III. UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL PREDIO

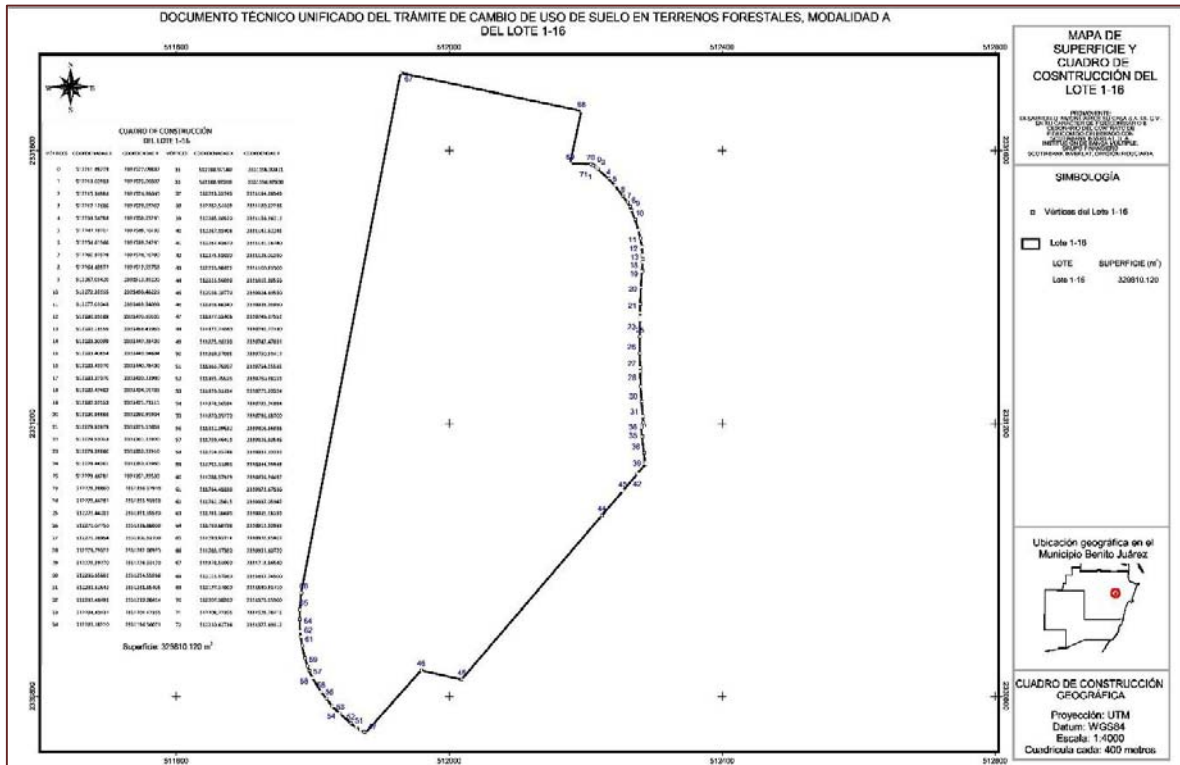
El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al lote 1-16 de la manzana 01, en la Sumerpanzana 314, Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, mismo que cuenta con una superficie de 329,810.12 m², Las superficies y coordenadas UTM que componen la poligonal del predio son las siguientes.

| Superficie del lote | | |
|--------------------------|----------------|-------|
| Lotes | M ² | Ha. |
| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | 329,810.12 | 32.98 |
| Total | 329,810.12 | 32.98 |

| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Vértices | X | Y |
| 0 | 512211.49279 | 2331577.09832 |
| 1 | 512213.00303 | 2331576.06037 |
| 2 | 512215.34984 | 2331574.38640 |
| 3 | 512217.12606 | 2331573.07207 |
| 4 | 512233.54788 | 2331558.65291 |
| 5 | 512242.23231 | 2331549.16436 |
| 6 | 512254.61566 | 2331533.24291 |
| 7 | 512260.82529 | 2331524.16280 |

| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Vértices | X | Y |
| 8 | 512264.48972 | 2331517.55758 |
| 9 | 512267.09420 | 2331512.39220 |
| 10 | 512272.35935 | 2331498.46226 |
| 11 | 512277.09048 | 2331483.54098 |
| 12 | 512280.36589 | 2331470.80331 |
| 13 | 512282.18555 | 2331458.42956 |
| 14 | 512283.30009 | 2331447.28420 |
| 15 | 512283.40854 | 2331443.64684 |
| 16 | 512283.43370 | 2331440.76430 |
| 17 | 512283.37170 | 2331436.22960 |
| 18 | 512282.47482 | 2331424.15786 |
| 19 | 512282.32523 | 2331421.71211 |
| 20 | 512280.98866 | 2331399.85934 |
| 21 | 512279.92679 | 2331375.53859 |
| 22 | 512279.56028 | 2331361.33970 |
| 23 | 512279.38860 | 2331356.32910 |
| 24 | 512279.44281 | 2331353.93950 |
| 25 | 512279.44281 | 2331351.35530 |
| 26 | 512279.07710 | 2331326.86000 |
| 27 | 512279.28954 | 2331302.51700 |
| 28 | 512279.79322 | 2331282.00935 |
| 29 | 512279.99270 | 2331276.33170 |
| 30 | 512280.65602 | 2331254.55988 |
| 31 | 512281.82642 | 2331231.85405 |
| 32 | 512283.46499 | 2331210.08454 |
| 33 | 512284.40131 | 2331201.42355 |
| 34 | 512285.18220 | 2331196.50071 |
| 35 | 512280.97140 | 2331196.92421 |
| 36 | 512280.92380 | 2331196.92900 |
| 37 | 512281.22741 | 2331194.26546 |
| 38 | 512282.54109 | 2331180.62238 |
| 39 | 512285.30520 | 2331156.36211 |
| 40 | 512287.11406 | 2331142.62245 |
| 41 | 512287.41670 | 2331139.96740 |
| 42 | 512275.51020 | 2331126.02360 |
| 43 | 512253.98472 | 2331100.81500 |
| 44 | 512223.56090 | 2331065.18550 |
| 45 | 512018.20770 | 2330824.69550 |
| 46 | 511958.66340 | 2330838.15050 |
| 47 | 511877.21406 | 2330746.27553 |
| 48 | 511877.21040 | 2330746.27140 |
| 49 | 511875.10230 | 2330747.47031 |
| 50 | 511869.37085 | 2330750.91411 |
| 51 | 511863.76307 | 2330754.55585 |
| 52 | 511855.75523 | 2330760.38291 |
| 53 | 511839.11154 | 2330775.20324 |

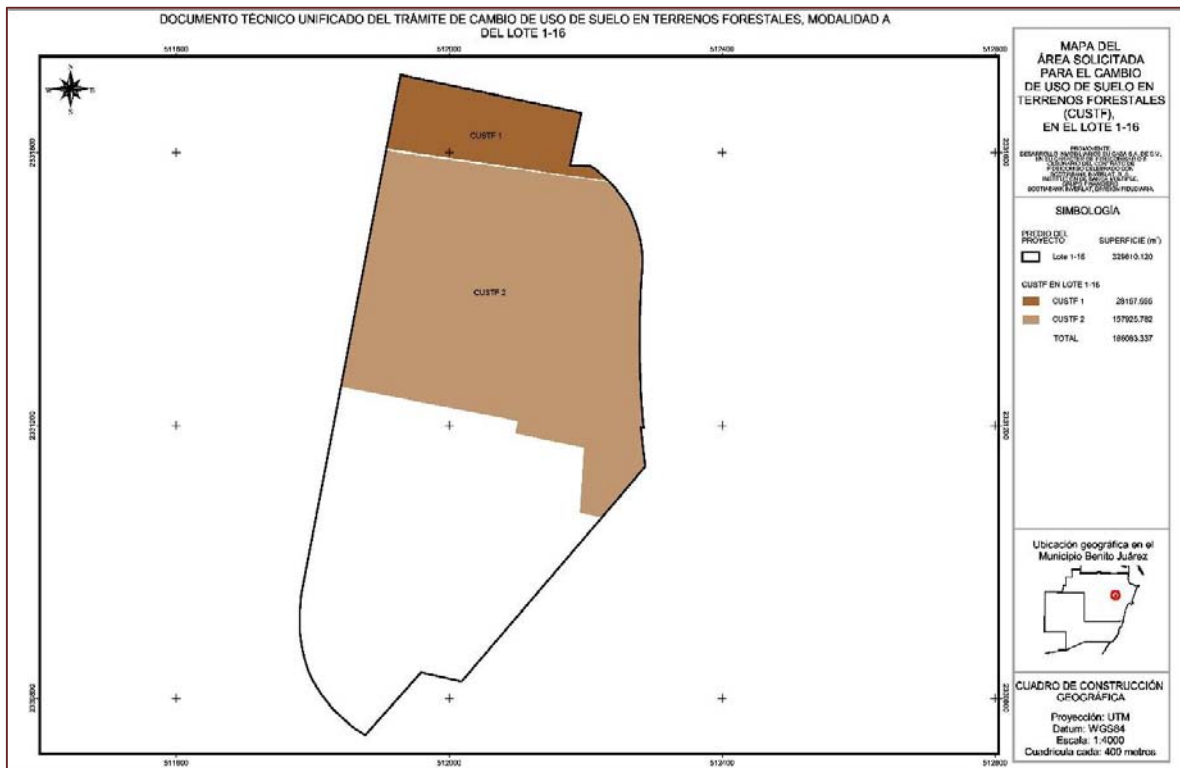
| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Vértices | X | Y |
| 54 | 511828.56584 | 2330785.74894 |
| 55 | 511820.05270 | 2330796.68700 |
| 56 | 511812.09632 | 2330806.86038 |
| 57 | 511799.46411 | 2330826.80546 |
| 58 | 511794.93748 | 2330837.29331 |
| 59 | 511792.11891 | 2330844.39948 |
| 60 | 511788.37929 | 2330856.36497 |
| 61 | 511784.41830 | 2330873.67180 |
| 62 | 511782.25615 | 2330887.05947 |
| 63 | 511781.26689 | 2330895.96281 |
| 64 | 511780.60738 | 2330913.10998 |
| 65 | 511780.93714 | 2330926.95962 |
| 66 | 511783.17580 | 2330951.60770 |
| 67 | 511928.53060 | 2331713.86540 |
| 68 | 512193.57860 | 2331657.74500 |
| 69 | 512177.24000 | 2331580.81410 |
| 70 | 512207.18260 | 2331579.95500 |
| 71 | 512208.22355 | 2331579.28416 |
| 72 | 512210.62736 | 2331577.69312 |

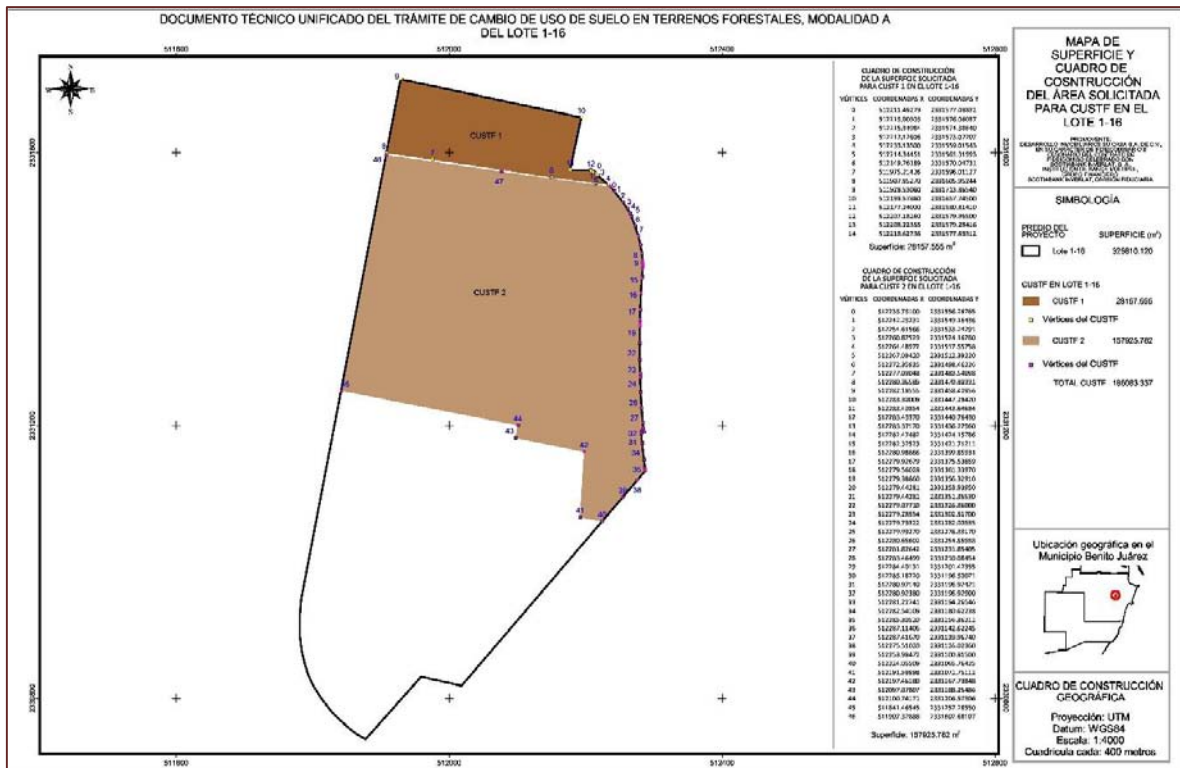


III.1. DELIMITACIÓN DE LA PORCIÓN EN LA QUE SE PRETENDE REALIZAR EL CUSTF.

El terreno forestal donde se pretende desarrollar el proyecto se encuentra conformado por un lote con polígono irregular del cual más adelante se presenta su coordenada.

El cambio de uso de suelo en terreno forestal, a través de la remoción total de vegetación forestal correspondiente a selva mediana subperennifolia, se pretende llevar a cabo en una superficie **186,083.337 m²** (18.60 ha.) equivalentes al 56.42 % de la superficie total del lote, cuyo objetivo final será su ulterior aprovechamiento para el desarrollo de un fraccionamiento habitacional. Es importante mencionar que el proyecto prestará especial atención en el rescate y reubicación de especies de flora y fauna a fin de contrarrestar los posibles efectos sobre los organismos.





De acuerdo con la figura anterior, a continuación se presentan las coordenadas de los vértices que integran las dos secciones donde se pretende realizar el CUSTF.

| Superficie del lote | | |
|--------------------------|--------------------|--------------|
| LOTE | CUSTF (m2) | CUSTF (ha) |
| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | 186,083.337 | 18.60 |
| Total general | 186,083.337 | 18.60 |

Coordenadas de los vértices donde se pretende realizar el CUSTF

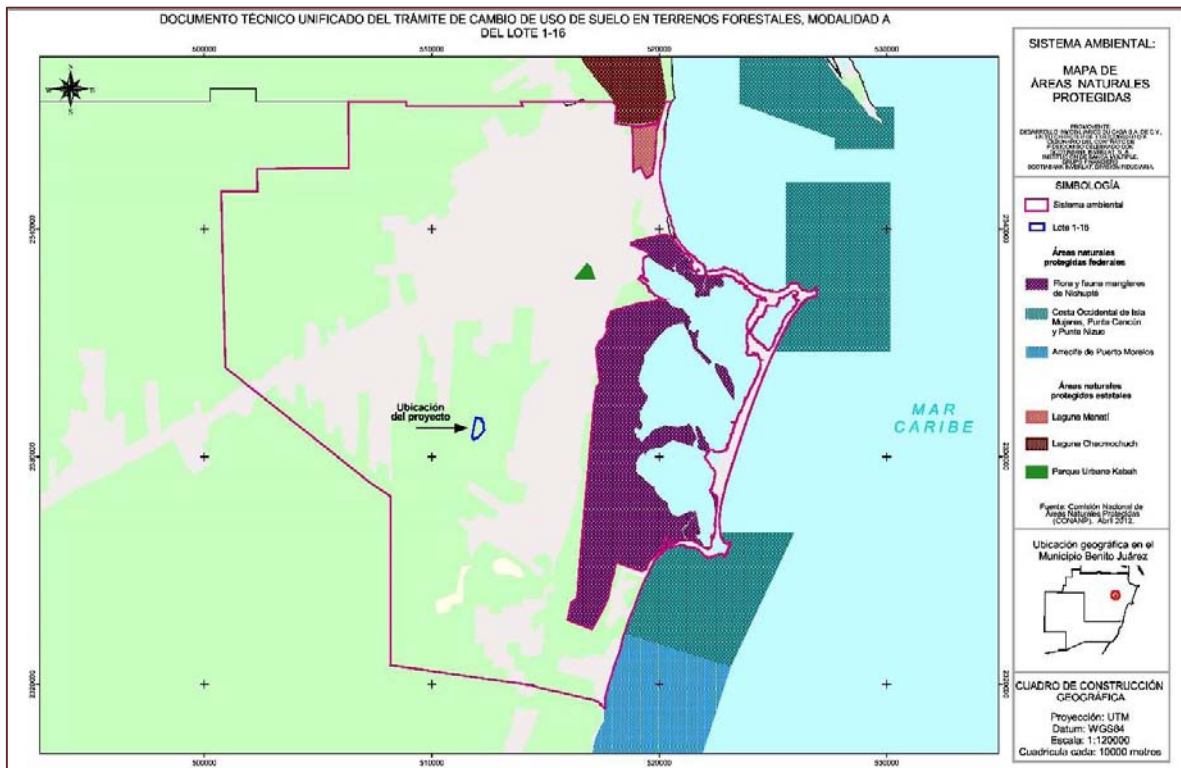
| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | | |
|--------------------------|------------|--------------|---------------|
| VERTICES | OBRA CUSTF | ET X | ET Y |
| 0 | CUSTF 1 | 512211.49279 | 2331577.09832 |
| 1 | CUSTF 1 | 512213.00303 | 2331576.06037 |
| 2 | CUSTF 1 | 512215.34984 | 2331574.38640 |
| 3 | CUSTF 1 | 512217.12606 | 2331573.07207 |
| 4 | CUSTF 1 | 512233.13500 | 2331559.01543 |
| 5 | CUSTF 1 | 512214.34451 | 2331561.31993 |
| 6 | CUSTF 1 | 512149.76189 | 2331570.04731 |
| 7 | CUSTF 1 | 511975.21426 | 2331596.01127 |
| 8 | CUSTF 1 | 511907.95270 | 2331605.95244 |
| 9 | CUSTF 1 | 511928.53060 | 2331713.86540 |
| 10 | CUSTF 1 | 512193.57860 | 2331657.74500 |
| 11 | CUSTF 1 | 512177.24000 | 2331580.81410 |

| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | | |
|--------------------------|------------|--------------|---------------|
| VERTICES | OBRA CUSTF | ET X | ET Y |
| 12 | CUSTF 1 | 512207.18260 | 2331579.95500 |
| 13 | CUSTF 1 | 512208.22355 | 2331579.28416 |
| 14 | CUSTF 1 | 512210.62736 | 2331577.69312 |
| 0 | CUSTF 2 | 512235.73100 | 2331556.26765 |
| 1 | CUSTF 2 | 512242.23231 | 2331549.16436 |
| 2 | CUSTF 2 | 512254.61566 | 2331533.24291 |
| 3 | CUSTF 2 | 512260.82529 | 2331524.16280 |
| 4 | CUSTF 2 | 512264.48972 | 2331517.55758 |
| 5 | CUSTF 2 | 512267.09420 | 2331512.39220 |
| 6 | CUSTF 2 | 512272.35935 | 2331498.46226 |
| 7 | CUSTF 2 | 512277.09048 | 2331483.54098 |
| 8 | CUSTF 2 | 512280.36589 | 2331470.80331 |
| 9 | CUSTF 2 | 512282.18555 | 2331458.42956 |
| 10 | CUSTF 2 | 512283.30009 | 2331447.28420 |
| 11 | CUSTF 2 | 512283.40854 | 2331443.64684 |
| 12 | CUSTF 2 | 512283.43370 | 2331440.76430 |
| 13 | CUSTF 2 | 512283.37170 | 2331436.22960 |
| 14 | CUSTF 2 | 512282.47482 | 2331424.15786 |
| 15 | CUSTF 2 | 512282.32523 | 2331421.71211 |
| 16 | CUSTF 2 | 512280.98866 | 2331399.85934 |
| 17 | CUSTF 2 | 512279.92679 | 2331375.53859 |
| 18 | CUSTF 2 | 512279.56028 | 2331361.33970 |
| 19 | CUSTF 2 | 512279.38860 | 2331356.32910 |
| 20 | CUSTF 2 | 512279.44281 | 2331353.93950 |
| 21 | CUSTF 2 | 512279.44281 | 2331351.35530 |
| 22 | CUSTF 2 | 512279.07710 | 2331326.86000 |
| 23 | CUSTF 2 | 512279.28954 | 2331302.51700 |
| 24 | CUSTF 2 | 512279.79322 | 2331282.00935 |
| 25 | CUSTF 2 | 512279.99270 | 2331276.33170 |
| 26 | CUSTF 2 | 512280.65602 | 2331254.55988 |
| 27 | CUSTF 2 | 512281.82642 | 2331231.85405 |
| 28 | CUSTF 2 | 512283.46499 | 2331210.08454 |
| 29 | CUSTF 2 | 512284.40131 | 2331201.42355 |
| 30 | CUSTF 2 | 512285.18220 | 2331196.50071 |
| 31 | CUSTF 2 | 512280.97140 | 2331196.92421 |
| 32 | CUSTF 2 | 512280.92380 | 2331196.92900 |
| 33 | CUSTF 2 | 512281.22741 | 2331194.26546 |
| 34 | CUSTF 2 | 512282.54109 | 2331180.62238 |
| 35 | CUSTF 2 | 512285.30520 | 2331156.36211 |
| 36 | CUSTF 2 | 512287.11406 | 2331142.62245 |
| 37 | CUSTF 2 | 512287.41670 | 2331139.96740 |
| 38 | CUSTF 2 | 512275.51020 | 2331126.02360 |
| 39 | CUSTF 2 | 512253.98472 | 2331100.81500 |
| 40 | CUSTF 2 | 512224.05509 | 2331065.76425 |
| 41 | CUSTF 2 | 512191.59998 | 2331071.75112 |
| 42 | CUSTF 2 | 512197.46180 | 2331167.73848 |

| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | | | |
|--------------------------|------------|--------------|---------------|
| VERTICES | OBRA CUSTF | ET X | ET Y |
| 43 | CUSTF 2 | 512097.07807 | 2331188.25486 |
| 44 | CUSTF 2 | 512100.74171 | 2331206.57306 |
| 45 | CUSTF 2 | 511841.46545 | 2331257.28550 |
| 46 | CUSTF 2 | 511907.32888 | 2331602.68107 |
| 47 | CUSTF 2 | 512076.67007 | 2331578.12014 |

III.2. INDICAR SI EL PROYECTO SE UBICA DENTRO DE ALGUNA MODALIDAD DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP)

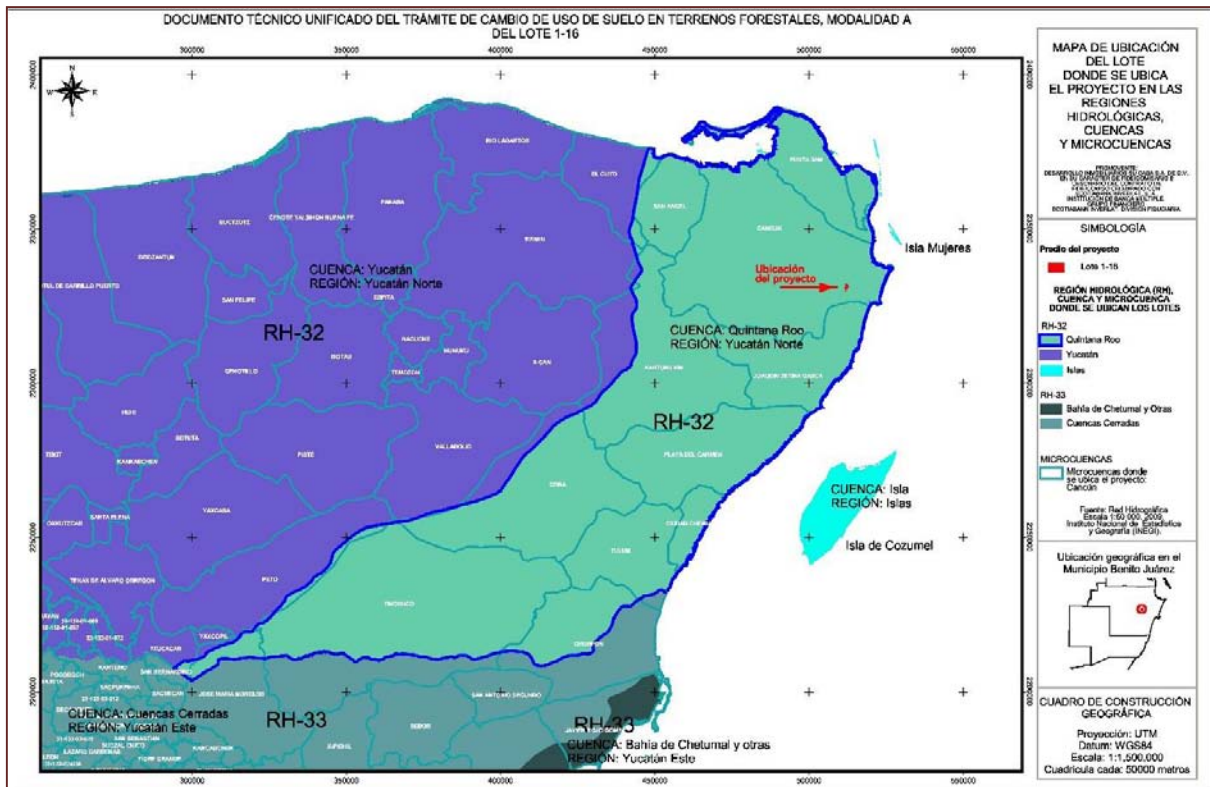
El proyecto se ubica fuera de los polígonos oficialmente decretados de Áreas Naturales Protegidas, sean de carácter Federal, Estatal o Municipal.



IV. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL EN DONDE SE UBIQUE EL PREDIO.

IV.1. CUENCA HIDROLÓGICA

El terreno forestal se encuentra ubicado dentro de la Cuenca Quintana Roo. A nivel de regiones hidrológicas el predio se ubica en la Región Hidrológica RH32 Yucatán Norte (Yucatán); la distribución de dicha región abarca el 31.77% de la superficie del estado de Quintana Roo en su porción norte, parte de Yucatán y de Campeche. Se caracteriza por presentar una precipitación promedio que va de 800 mm en el Norte a más de 1,500 al Sureste de la cuenca y con un rango de escurrimiento de 0 a 5% en casi toda la superficie, excepto en las franjas costeras que tienen de 5 a 10% o 10 a 20% debido a la presencia de arcillas y limos. La ubicación del predio en relación con la Cuenca la región hidrológica se muestra en la siguiente figura.



Ubicación del terreno forestal y la cuenca de Quintana Roo dentro del mapa de Regiones Hidrológicas.

Fuente: Catálogo de metadatos geográficos, CONABIO (escala 1:500,000).

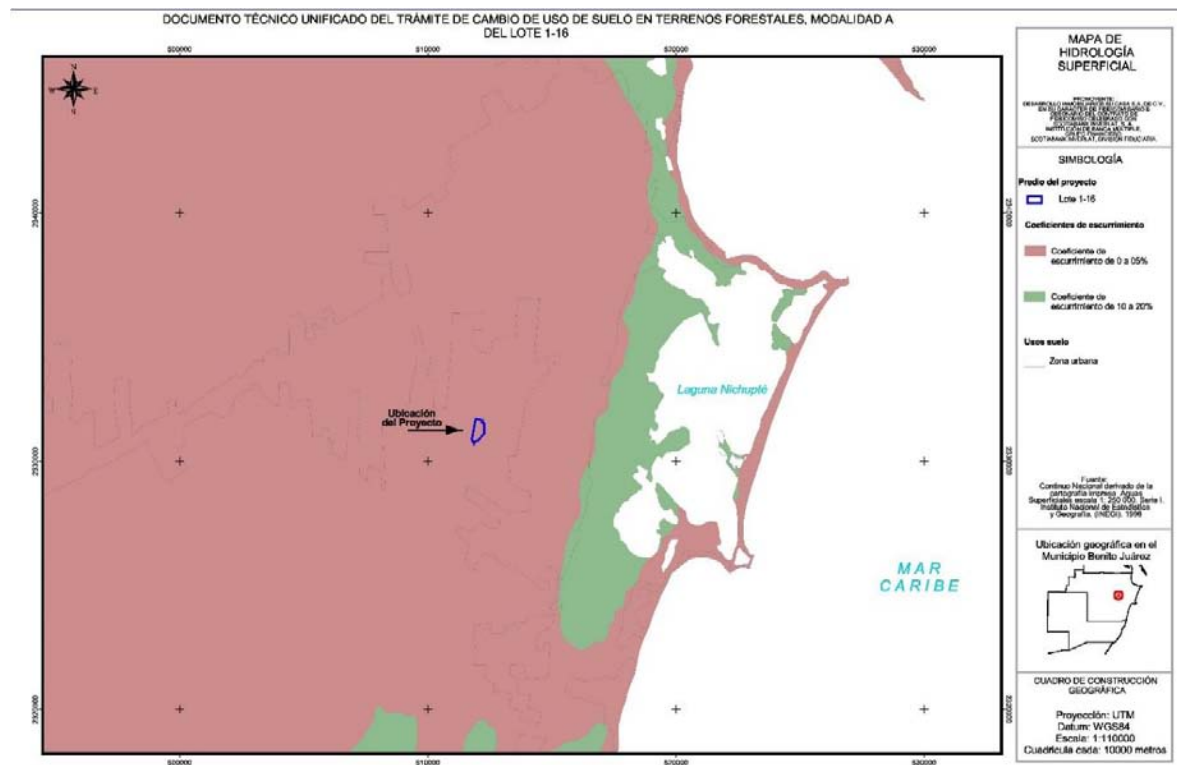
IV.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL.

IV.2.1. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

En la región hidrológica 32, Yucatán Norte, existe una carencia total de corrientes superficiales por las características particulares de alta infiltración en el terreno y el escaso relieve, así como una carencia de cuerpos de agua de gran importancia; solo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son las de Conil, Chakchomuk y Nichupté (INEGI, 2002).

Debido a la conformación del terreno dentro de la cuenca Quintana Roo, la precipitación que se presenta en la parte continental, aun cuando anualmente es superior a 1,000 mm, sólo genera escurrimientos superficiales efímeros, que son interceptados por los pozos naturales de recarga del acuífero denominados “Xuch”, por lo que no se tienen escurrimientos superficiales.

Uno de los cuerpos de agua superficiales más representativos en la cuenca Quintana Roo se refieren principalmente a afloramientos de agua subterránea alumbrados por procesos naturales de disolución de la roca caliza por efecto del agua de lluvia que se infiltra al subsuelo y erosiona, química y físicamente, la roca formando grutas y cavernas, algunas de las cuales presentan desplomes en su techo formando los denominados cenotes. Otros cuerpos de agua que se presentan son intermitentes y de origen pluvial, Akalchés, como se les denomina localmente, los cuales se forman en suaves depresiones topográficas con sedimentos finos impermeables, hacia donde fluye el agua producto de la precipitación pluvial por escurrimientos y queda atrapada por el sedimento impermeable. La permanencia y temporalidad de estos cuerpos de agua dependen de factores climáticos como la temperatura, evaporación y precipitación pluvial. En los siguientes planos se muestran las condiciones de hidrología superficial antes descritas para la Cuenca.



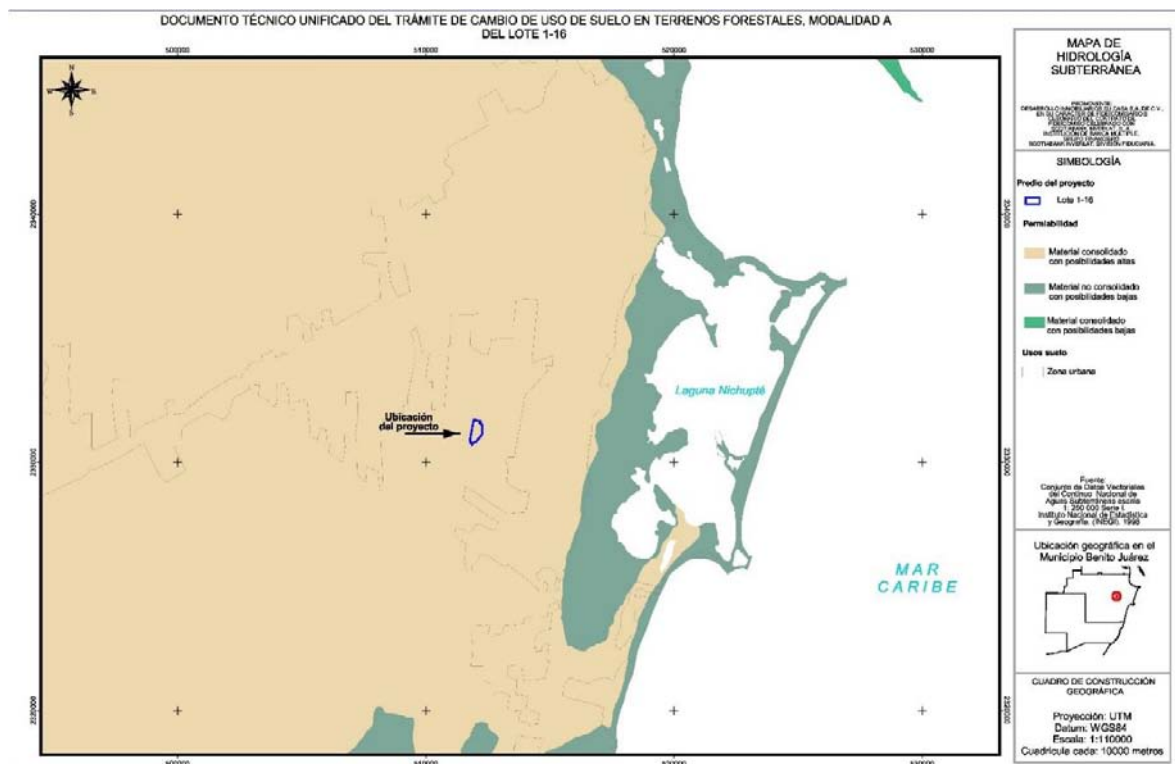
Ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de cuerpos de agua.

Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:250,000).

IV.2.2. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

En la cuenca Quintana Roo el 80 % de la precipitación anual que se registra se infiltra en el suelo entre las grietas de la masa rocosa de éste, el 72.2% del agua infiltrada (unos 35,000 mm³/año) es retenida por las rocas que se encuentran arriba de la superficie freática y posteriormente es extraída por la transpiración de las plantas, el otro 27.8 % constituye la recarga efectiva del acuífero, unos 13,500 mm³.

En lo referente a la dirección del flujo subterráneo, éste se da de Poniente a Oriente, aflorando en el mar. Los cambios del nivel base del flujo, generan diferentes zonas de carstificación y propician mayor desarrollo del carst en los materiales más antiguos y hacia niveles más profundos. El movimiento del agua en el subsuelo se manifiesta también en su componente horizontal en la porción superficial del acuífero, sobre todo hacia las franjas costeras, en donde la traza de la interface salina presenta un movimiento estacional de varios kilómetros. A diferencia de los acuíferos en medios granulares, en donde la “intrusión salina” es un proceso irreversible, en el caso de un medio cárstico como el que presenta la península de Yucatán, la intrusión salina es un proceso reversible, con invasiones entre 10 y 20 kilómetros tierra adentro durante el estiaje, para retornar hacia las costas durante la temporada de lluvias.

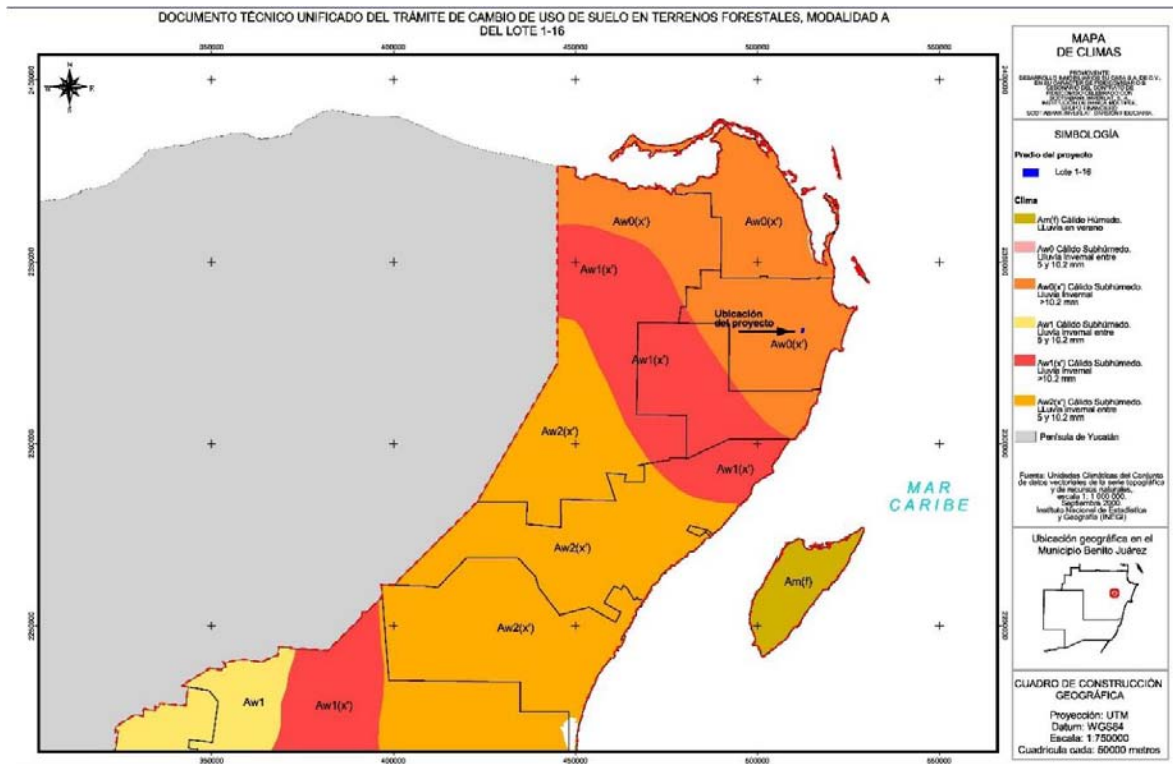


*Ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de hidrología subterránea.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:250,000).*

IV.2.3. CLIMA

De acuerdo con la carta de unidades climáticas (escala 1:1000000, INEGI), la Cuenca Quintana Roo se ubica en una zona que presenta un clima cálido subhúmedo, con cuatro subtipos climáticos: Aw0 (x'); Aw1 (x'); Aw2 (X'); y Aw1 (ver plano de la página siguiente), los cuales se describen a continuación.

- **Aw0 (x')**. Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
- **Aw1**. de humedad intermedia entre los cálidos subhúmedos. Manifiesta una temperatura media anual de 25.5 °C, con diferencias de la temperatura media mensual entre el mes más caliente y el más frío, de 5 °C y 7 °C, que lo ubica entre isotermal o con poca variabilidad. Por otro lado la precipitación promedio anual es de 1 224.7 mm.
- **Aw1 (x')**. Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.
- **Aw2 (x')**. Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura 84% del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.

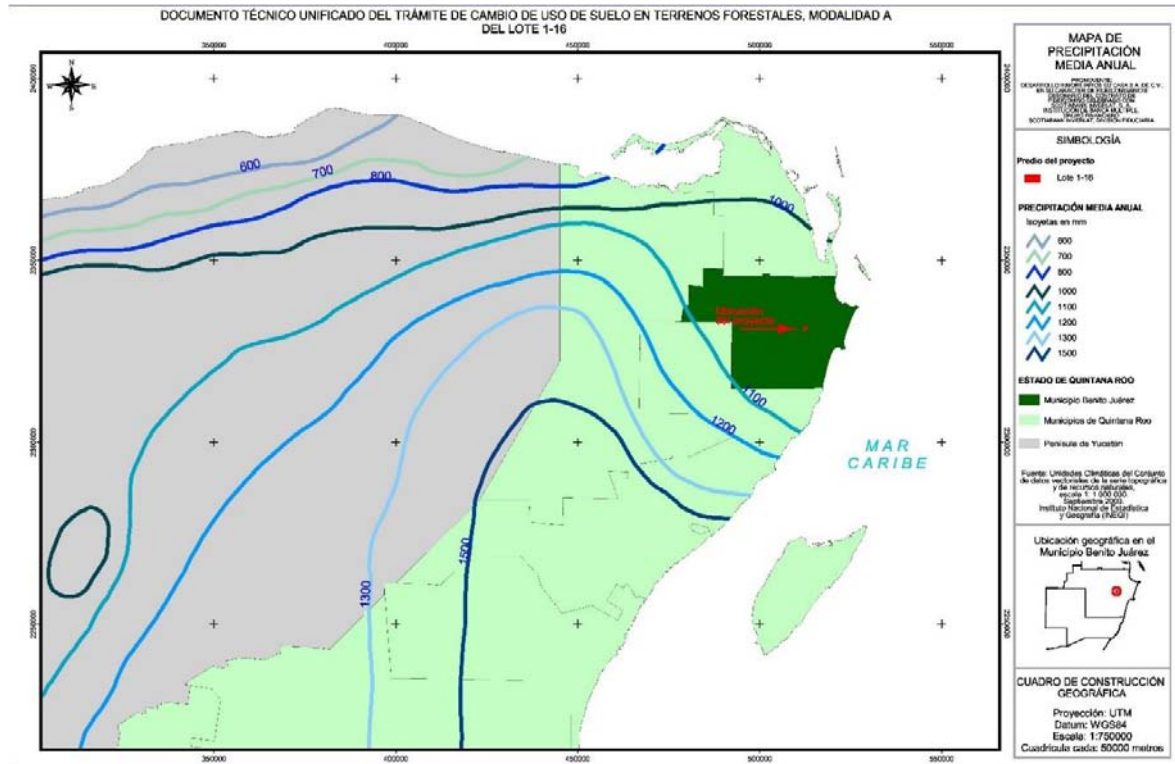


IV.2.3.1. PRECIPITACIÓN

El régimen de lluvias es afectado por los ciclones que se generan en los centros de presión del Océano Atlántico y Mar Caribe. La Cuenca sufre la mayor incidencia ciclónica debido a su ubicación dentro de la trayectoria que sigue la mayoría de las tormentas tropicales y ciclones que se originan en el Atlántico. Con base en los registros de precipitación mensual y anual promedio en milímetros de la estación meteorológica de Puerto Morelos en el periodo 1991-2011, se tiene que los meses de menor precipitación media anual son 45.7 y 40.6 mm, respectivamente. La precipitación media anual es de 1,309.2 mm y el período de secas se presenta de febrero a abril. La precipitación se puede incrementar por tormentas tropicales, nortes o huracanes. Los meses con mayor precipitación pluvial son junio, septiembre y octubre.

IV.2.3.2. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

La temperatura media anual en la Cuenca Quintan Roo es de 26°C, la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses de abril a agosto, en tanto que la temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero.



Ubicación la Cuenca Quintana Roo dentro de la carta de precipitación media anual.

Fuente: Datos vectoriales, INEGI. (escala 1:1,000,000).

La precipitación media es alrededor de 1,100 mm anuales, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre.

IV.2.3.3. HUMEDAD RELATIVA

Las isoyetas se encuentran cercanas a los 1,500 mm y el cociente precipitación/temperatura es mayor que 55.3, estando los valores medios de humedad relativa en un rango del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias prevaleciente. El balance de escurrimientos medio anuales de 0-20 mm mientras que el déficit por evapotranspiración para la zona es de 800 a 1,100 mm anuales.



Ubicación la Cuenca Quintana Roo dentro de la carta de evapotranspiración.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI. (escala 1:1,000,000).

IV.2.3.4. INTEMPERISMOS SEVEROS

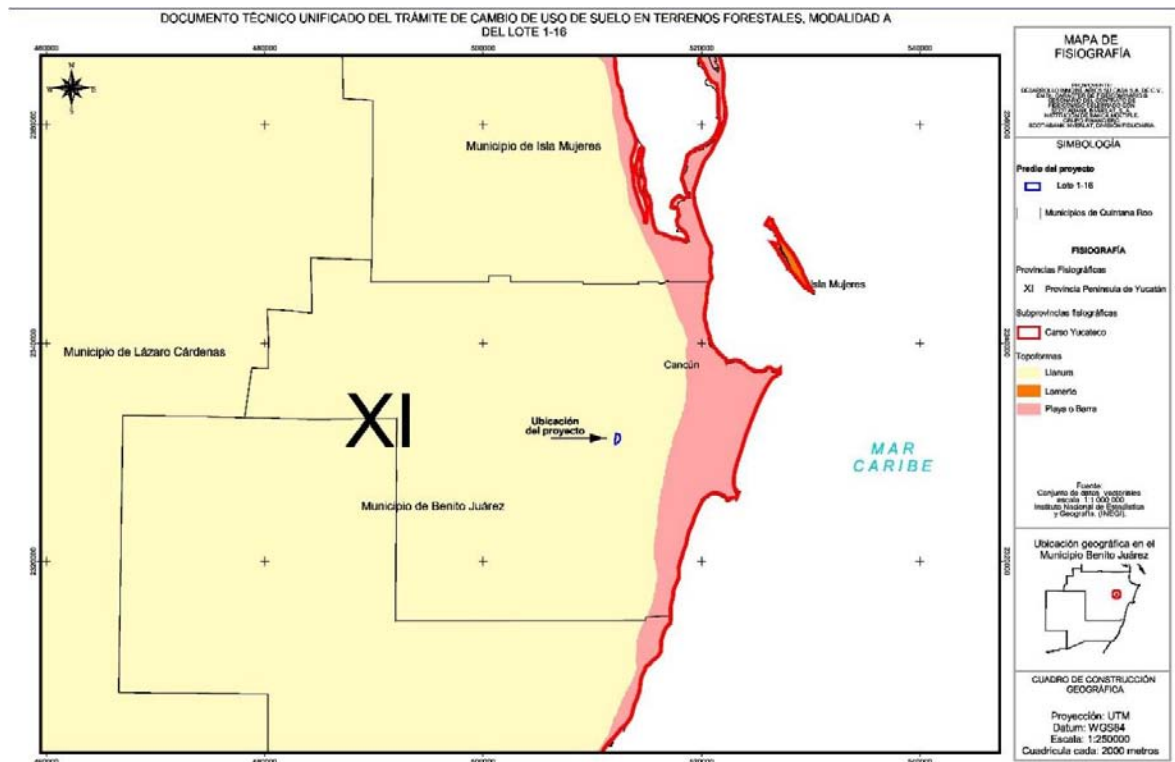
Estos fenómenos atmosféricos se generan anualmente, entre los meses de Junio a Noviembre (temporada de huracanes) y arrastran consigo grandes volúmenes de humedad, misma que se precipita por medio de ráfagas y fuertes precipitaciones. La formación de estas perturbaciones atmosféricas sucede en una de las dos matrices registradas en la región. La primera se localiza en el Mar Caribe, frente a las costas de Venezuela y Trinidad, cuyos fenómenos se desplazan hacia el noroeste sobre el Mar Caribe, atravesando América Central y las Antillas Menores, dirigiéndose finalmente hacia el norte hasta las costas de Florida, Estados Unidos de Norteamérica, afectando a su paso las costas del estado de Quintana Roo. La segunda, comprende desde el frente de las Antillas Menores en el Caribe oriental hasta el océano Atlántico tropical, por el área de Cabo Verde frente a las costas del continente Africano.

Los fenómenos originados aquí tienen un rumbo general hacia el oeste, cruzando entre las Islas de la Antillas de sotavento y barlovento, para encausarse hacia la Península de Yucatán, y luego continuar al Golfo de México, afectando los estados

de Veracruz y Tamaulipas en México, así como Texas y Florida en los Estados Unidos de Norteamérica. Estos fenómenos naturales pueden evolucionar hasta tres etapas (depresión tropical, tormenta tropical y huracán) de acuerdo a la velocidad del viento que logren alcanzar. Para el estado de Quintana Roo, en los últimos 20 años (1991- 2012) se tienen un registro del impacto de 8 huracanes, 4 tormentas tropicales y 4 depresiones tropicales, entre los huracanes que han afectado al estado podemos citar a Wilma huracán categoría 4 en Octubre del 2005 y a Dean huracán categoría 5 en Julio del 2007.

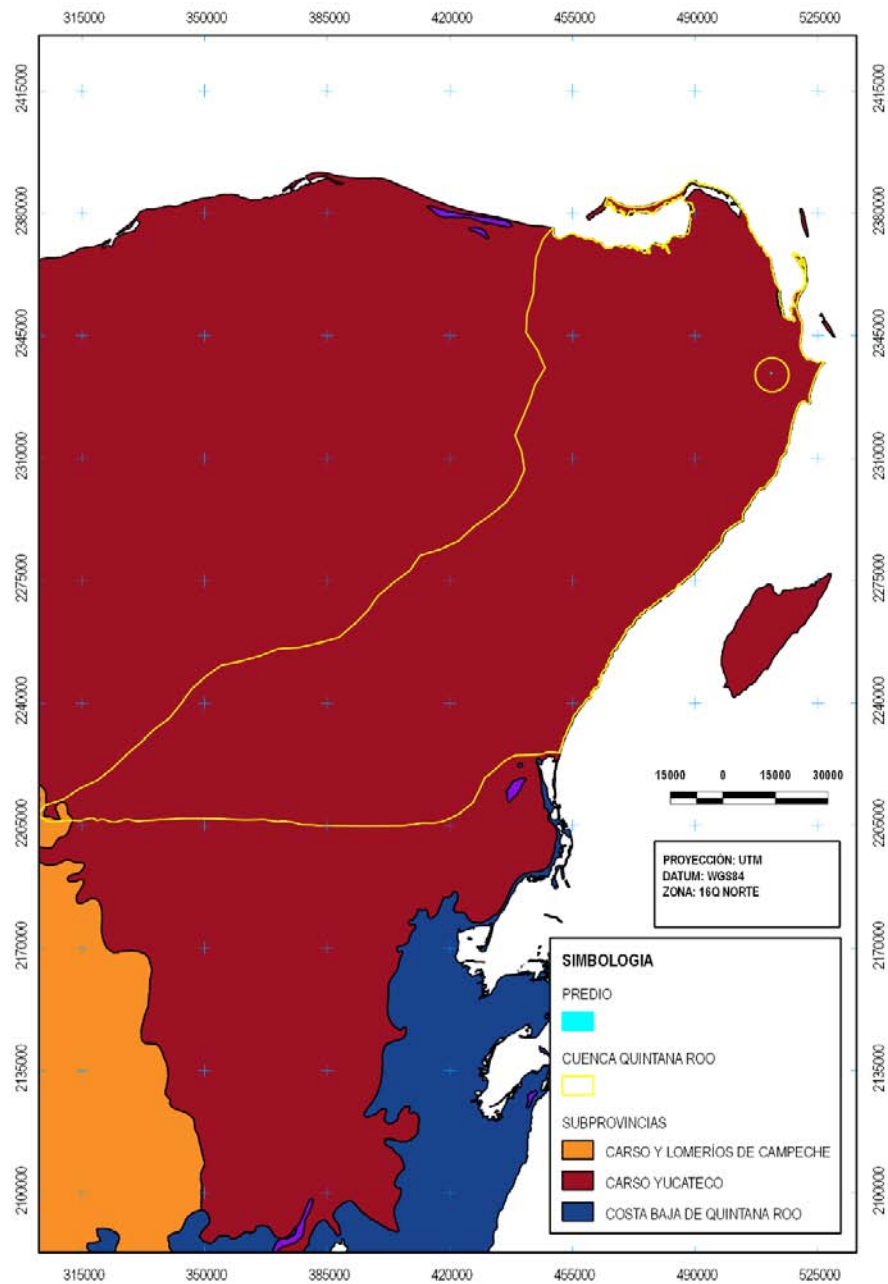
IV.2.4.FISIOGRAFÍA

Desde el punto de vista fisiográfico la Cuenca Quintana Roo forma parte de la provincia fisiográfica conocida como Península de Yucatán, la cual a su vez se divide en tres subprovincias: 63 Carso y Lomeríos de Campeche, 62 Carso Yucateco y 64 Costa Baja de Quintana Roo (INEGI, 2002). La superficie de la cuenca se encuentra ubicada en su mayor parte dentro de la subprovincia fisiográfica 62 Carso Yucateco, y en una mínima superficie dentro de la subprovincia 63 Carso y Lomeríos de Campeche, como se puede observar en los planos siguientes.



*Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de fisiografía.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:1,000,000).*

En la provincia Península de Yucatán, el terreno es predominantemente plano. Su altitud promedio es menor a 50 m sobre el nivel del mar y sólo en el centro-sur pueden encontrarse elevaciones hasta de 350 metros. Es una gran plataforma de rocas calcáreas marinas y es la provincia más joven de México. Por su parte, la subprovincia fisiográfica denominada 62 Carso Yucateco está formada en una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente descendente hacia el Oriente y hacia el Norte hasta el nivel del mar; con un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones; con elevaciones máximas de 22 m en su parte Suroeste.



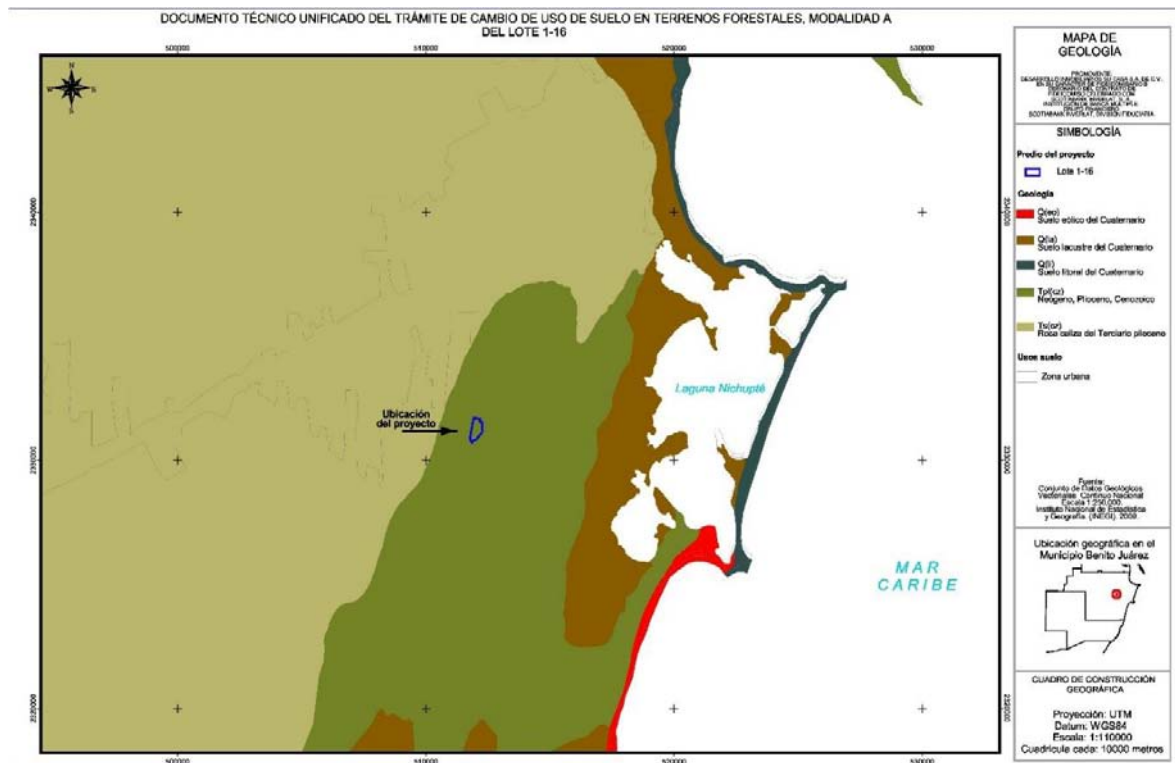
Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de subprovincias fisiográficas.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:1,000,000).

Dada la solubilidad de las rocas, son frecuentes las dolinas y depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación. En términos generales muestra una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carece en casi toda su extensión de un sistema de drenaje superficial.

En cuanto a la subprovincia fisiográfica 63 Carso y Lomeríos de Campeche, está representada por 2 tipos de topoforma: llanura y lomeríos, de las cuales se tienen las siguientes asociaciones, llanura lacustre con lomeríos, lomeríos bajos con llanuras, lomeríos altos, lomeríos bajos con hondonadas, y una pequeña zona en la parte Noreste de la provincia de sierra baja.

IV.2.5.GEOLOGÍA

En la Cuenca Quintana Roo se presentan 4 tipos geológicos: Ts (cz); Te (cz); Q (s); y Tpl (cz), como se muestra en el siguiente plano:



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta geológica.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:1,000,000).

A continuación se presentan los atributos de cada unidad geológica identificada dentro de la Cuenca Quintana Roo, en las siguientes tablas:

| Objeto espacial | Valor |
|-----------------|--------------|
| 0 | GEOLOGÍA |
| (Acciones) | |
| (Derivado) | |
| CLASE | Sedimentaria |
| CLAVE | Tpl(cz) |
| ERA | Cenozoico |
| SERIE | Plioceno |
| SISTEMA | Terciario |
| TIPO | Caliza |

| Objeto espacial | Valor |
|-----------------|--------------|
| 0 | GEOLOGÍA |
| (Acciones) | |
| (Derivado) | |
| CLASE | Sedimentaria |
| CLAVE | Ts(cz) |
| ERA | Cenozoico |
| SERIE | N/D |
| SISTEMA | Neógeno |
| TIPO | Caliza |

| Objeto espacial | Valor |
|-----------------|-------------|
| 0 | GEOLOGÍA |
| (Acciones) | |
| (Derivado) | |
| CLASE | N/A |
| CLAVE | Q(s) |
| ERA | Cenozoico |
| SERIE | N/A |
| SISTEMA | Cuaternario |
| TIPO | N/A |

| Objeto espacial | Valor |
|-----------------|--------------|
| 0 | GEOLOGÍA |
| (Acciones) | |
| (Derivado) | |
| CLASE | Sedimentaria |
| CLAVE | Te(cz) |
| ERA | Cenozoico |
| SERIE | Eoceno |
| SISTEMA | Terciario |
| TIPO | Caliza |

Por su parte, la Cuenca Quintana Roo se ubica dentro de una estructura geológica que corresponde a una plataforma, o sea un conjunto de capas de rocas sedimentarias, con un grosor de más de 3,500 metros que descansan sobre un basamento paleozoico. La base del paquete sedimentario es de rocas jurásicas y por encima de éstas se encuentran las de edad cretácica, mismas que constituyen la mayor parte de la estructura profunda, donde domina una formación conocida como Evaporizas Yucatán: las rocas paleogénicas se encuentran en todo el subsuelo y consisten en calizas, areniscas y evaporitas del Paleoceno y Eoceno.

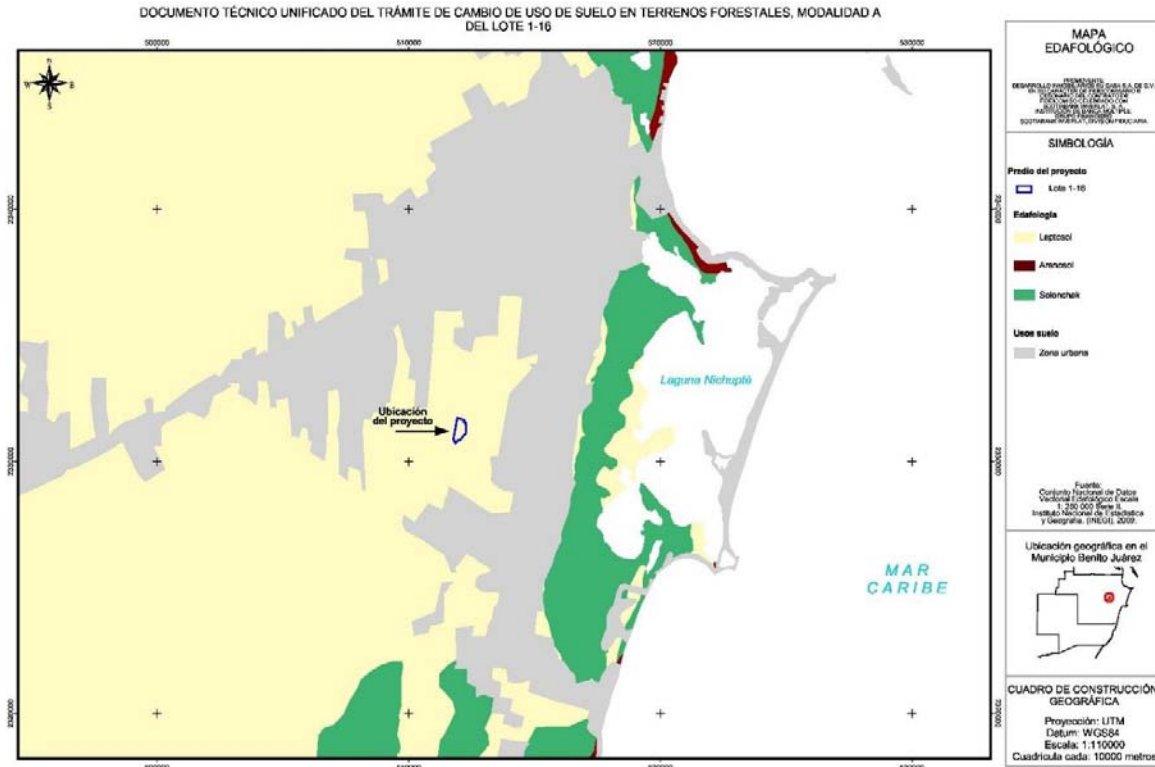
La constitución geológica es en su totalidad de rocas sedimentarias marinas-calizas y derivadas de éstas; las edades abarcan del Paleoceno al Cuaternario. Las calizas de la superficie se encuentran formando una coraza calcárea o reblandecida. En ambos casos se trata del intemperismo químico que las ha modificado en un grosor de varios metros. La coraza calcárea es de extrema dureza y constituye la superficie del relieve en amplios territorios; es conocida con los nombres de laja o chaltún.

Las calizas blandas tienen el nombre maya de sascab (deformación de “tierra blanca” en maya), que se considera un rasgo fisiográfico característico del relieve en la Península y representa una transición de la evolución de la roca dura original, al reblandecimiento y posteriormente se transforma en la coraza calcárea; además favorece el desarrollo de las formas cársticas subterráneas. En particular la plataforma sobre la que descansa la cuenca, presenta un sustrato geológico altamente permeable, que evita la existencia de corrientes de agua superficiales y favorece la existencia de acuíferos subterráneos tanto dinámicos como estáticos.

IV.2.6. EDAFOLOGÍA

Dentro de la Cuenca Quintana Roo se identificaron 13 tipos edáficos: E+I/2/L; Lc+Vp/3/L; Lc+Vp+I/3/L; I+E+Lc/2; I+E/2; I+E+Zo/2; E+Lc+I/2/L; I+Lc/2, I+Lc+E/2;

Lc+I+E/3/L; I+Lc+E/3; Gv+E+I/3/L; y Zo+Rc/1/n, los cuales se muestra en el plano de la página siguiente:



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta edafológica.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:1000000).

La descripción de los grupos edáficos identificados en la Cuenca Quintana Roo, va de lo general a lo particular, considerando que cada uno se encuentra compuesto por dos o más unidades o subunidades de suelo, cuya mezcla provee de características particular para cada grupo (Fuente: INEGI, Banco de Información sobre Perfiles de Suelo, versión 1.0).

Unidades y subunidades de suelo identificadas en la Cuenca

Unidad Rendzina (símbolo: E), del polaco rzedzic: ruido; connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Son suelos con menos de 50 cm de espesor que están encima de rocas duras ricas en cal. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica, y nutrientes. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las

rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos (por debajo de los 25 cm) pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión y no tienen subunidades.

Unidad Litosol (símbolo: I), del griego lithos: piedra; literalmente, suelo de piedra. Son suelos muy delgados, su espesor es menor a 10 cm, y descansa sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.

Unidad Luvisol (símbolo: L), del latín luvi, luo: lavar; literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos con mucha arcilla acumulada en el subsuelo. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Se diferencian de los Acrisoles en que son más fértiles en general. Para el caso de la cuenca se identificó la **subunidad Luvisol crómico** (símbolo: Lc), del griego kromos: color. Suelos de color pardo (o rojizo, en algunas ocasiones amarillento). Son de fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas; cuando está húmedo es de color pardo oscuro a rojo poco intenso (rojizo).

Unidad Vertisol (símbolo: V), del latín vertere, voltear; literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea. Son suelos muy arcillosos en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad; en época de secas tienen grietas muy visibles a menos de 50 cm de profundidad, siempre y cuando no haya riego artificial. Estos suelos se agrietan en la superficie cuando están muy mojados. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo

formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización. Para la cuenca se identificó la **subunidad Vertisol pélico** (símbolo: Vp), del griego plinthos: ladrillo. Suelos con una capa de color blanco o amarillo con manchas rojas muy notables que se endurecen si quedan expuestas permanentemente al aire; se trata de un Vertisol muy oscuro.

Unidad Gleysol (símbolo: G), del ruso gley: pantano; literalmente, suelo pantanoso. Son suelos que se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos overdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. Son. Para la cuenca se identificó la **subunidad Gleysol vértico** (símbolo: Gv), del latín yerto: voltear. Son suelos que cuando están secos presentan grietas notables en alguna parte del subsuelo. Son de fertilidad moderada a alta. Se trata de un Gleysol con subsuelo ligeramente agrietado en alguna parte de la mayoría de los años.

Solonchak (símbolo: Z). Del ruso sol: sal; literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país. Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos. Son suelos alcalinos con alto contenido de sales en alguna capa a menos de 125 cm de profundidad. Para la cuenca se identificó la **subunidad Solonchak órtico** (símbolo: Zo), del griego orthos: recto, derecho. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Se trata de un Solonchak con una capa superficial clara y pobre en materia orgánica, y nutrientes.

Regosoles (símbolo: R), del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Son suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre. Son suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante

a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Para la cuenca se identificó la **subunidad Regosol calcárico** (símbolo: Rc), del latín calcareum: calcáreo. Suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas. Se trata de un tipo de regosol con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad.

Clase textural de los tipos de suelo identificados en la Cuenca

La clase textural indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo y que en la carta aparecen con números. El número 1 representa los suelos arenosos de textura gruesa (con más de 65% de arena), con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. El número 2 se refiere a suelos de textura media, comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo. El número 3 representa suelos arcillosos de textura fina (con más de 35% de arcilla) que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo

Clasificación de los suelos identificados en la Cuenca

La clasificación de los suelos identificados en la cuenca, se muestra a continuación en la siguiente tabla.

| Clasificación | Descripción |
|--------------------|---|
| E+I/2/L | Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media. |
| I+E/2 | Litosol como suelo predominante mas Rendzina como suelo secundario; con clase textural media. |
| Lc+Vp/3/L | Luvisol crómico como suelo predominante mas Vertisol pélico como suelo secundario; con clase textural fina. |
| Lc+Vp+I/3/L | Luvisol crómico como suelo predominante mas Vertisol pélico como suelo secundario, y Litosol como suelo terciario; con clase textural fina. |
| Gv+E+I/3/L | Gleysol vértico como suelo predominante mas Rendzina como suelo secundario, y Litosol como suelo terciario; con clase textural fina |
| Zo+Rc/1/n | Solonchak órtico como suelo predominante mas Regosol calcárico como suelo secundario; con clase textural gruesa. |
| I+Rc+E/2 | Litosol como suelo predominante mas Regosol calcárico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural media. |
| I+E+Zo/2 | Litosol como suelo predominante mas Rendzina como suelo secundario, y Solonchak como suelo terciario; con clase textural media. |

| | |
|------------|---|
| I+Lc+E/2 | Litosol como suelo predominante mas Luvisol crómico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural media. |
| Lc+I+E/3/L | Luvisol crómico como suelo predominante mas Litosol como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural fina |
| I+Lc+E/3 | Litosol como suelo predominante mas Luvisol crómico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural fina. |
| I+Lc/2 | Litosol como suelo predominante mas Luvisol crómico como suelo secundario; con clase textural media. |
| E+I+Lc/2/L | Rendzina como suelo predominante mas Litosol como suelo secundario; y Luvisol crómico como suelo terciario; con clase textural media. |

IV.2.7. VEGETACIÓN

La mayoría de las selvas en la Cuenca Quintana Roo son del tipo mediano subperennifolio, con árboles que pierden de 25% a 50% de sus hojas durante la estación seca del año. Entre otras cualidades, estas selvas presentan una elevada resiliencia, pues son capaces de restablecerse a pesar de las perturbaciones que continuamente las han afectado y las afectan, sobre todo los huracanes. A continuación se describen de manera general los diez tipos de vegetación reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su Guía para la Interpretación de Cartografía Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:250,000 Serie IV, respecto a la Cuenca Quintana Roo, donde se ubica el terreno forestal de interés, así como el plano tomado como base.

Selva Alta Subperennifolia (SAQ). Se presenta en regiones climáticas cálido-húmedas, con precipitaciones de 1 100 a 1 300 mm anuales, con una época de sequía bien marcada que puede durar de tres a cuatro o incluso cinco meses. Las temperaturas son muy semejantes a las de la Selva Alta Perennifolia, aunque llegan a presentar oscilaciones de 6 a 8 °C, entre el mes más frío y el más cálido. Rango altitudinal: aproximadamente entre 200 y 900 msnm.

Especies importantes: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Manilkara zapata* (ya', zapote, chicozapote), *Bucida buceras* (pukte'), *Brasimum alicastrum* (ox, ramón), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Pimenta dioica* (pimienta), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Terminalia amazonia* (kanxa'an), *Zuelania guidonia*, *Carpodiptera ameliae*, *Tabebuia rosea*, *Alseis yucatanensis*, *Aspidosperma megalocarpon*, *A. cruentum*, *Coccoloba barbadensis*, *C. spicata* (boop), *Swartzia cubensis* (katalox), *Thouinia paucidentata* (k'anchunup), *Oendropanax arboreus*, *Sideroxylon capiri* (tempisque), *Aphananthe monoica*, *Hernandia sonora* (palo de campana), *Alchornea latifolia*, *Cupania* spp., *Guarea glabra* (hoja blanca), *Sapranthus humilis*,

Trichilia havanensis, Vitex gaumeri, Astronium graveolens, Smira rhodoclada, Sterculia apetala, S. mexicana, Vatairea lundellii, Chrysophyllum mexicanum (caimito), Myroxylon balsamum, Cryosophila stauracantha (wano kum), Robinsonella mirandae, Exothea diphylla (wayam cox), Maclura tinctoria, Pseudobombax ellipticum (amapola), Sabal mauritiiformis (batán), Metopium brownei (boxchechem), Talisia olivaeformis (waya), Thrinax parviflora (chit), Caesalpinia gaumeri, Pouteria sapota (chakalja'as), Zuelania guidonia (tamay), Cedrela odorata (k'uche'), Lonchocarpus castilloi (machiche'), Trichilia minutiflora (morgao colorado), Protium copal (copal o pom), Lysiloma bahamense, Pouteria campechiana, Thrinax radiata (ch'it), Calophyllum brasiliense, Poulsenia armata. Acosmium panamense, Cryosophylla argentea (wano kum), Myroxylon balsamum, Pouteria reticulata, Calocarpum mamosum, Andira inermis, Simarouba glauca, Cedrela mexicana, Haematoxylon campechianum, Ceiba petandra, Cordia alliodora, Spondias mombin, Platymiscium yucatanum, Senna alata, Oalbergia glabra, Mimosa albidae, Mimosa pudica, Paspalum virgatum, Paspalum notatum y Echinochloa crusgalli. Entre las epífitas son comunes Philodendron oxycardium y P radiatum; destacan herbáceas como Gracca greenmanii, Canavalia mexicana, Bauhinia jenningsii y los bejucos Paullinia cururu y Cardiospermum corindum.

Selva Mediana Subperennifolia (SMQ). Se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 metros sobre el nivel medio del mar. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas. Sus árboles de esta comunidad, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 35 m, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aún cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas.

Especies importantes: *Lysiloma latisiliquum, Brosimum malic astrum (ox, ramón, capomo), Bursera simaruba (chaka', palo mulato, jote, copal), Manilkara zapota*

(*ya'*, zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (*tsalam*, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (*ya'axnik*), *Bucida buceras* (*pukte'*), *Alseis yucatanensis* Ua'asché), *Carpodiptera floribunda*. En las riberas de los ríos se nota a *Pachira aquatica* (*k'uyche'*). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas

Selva Baja Perennifolia (SBP). Esta selva se desarrolla bajo la influencia de climas cálido - húmedos y subhúmedos, bajo condiciones de inundación permanente. Se le puede encontrar entre 1 400 Y1 900 msnm. El estrato arbóreo de esta selva está constituido por individuos con altura promedio de 7 metros.

Especies importantes: *Pachira aquatica* (zapote de agua), *Annona glabra* (anona), *Chrysobalanus icaco* (icaco), *Calophyllum brasiliense* (barí), *Oreopanax xalapensis*, *Clusia salvinii*, *Myrica cerifera*, *Rapanea juergensenii*, *Alfaroa costaricensis*, *Alsophila salvinii*, *Hesdiomum mexicanum*, *Matayba oppositifolia*, *Ocotea efusa*, *Ropula montana*, *Weinmannia pinnanta*, *Ardisia* sp., *Clethra* sp., *Conostegia* sp., *Eugenia* sp., *Hediosmun* sp., *Nectandra* sp., *Rhamnus* sp., *Styrax* sp., *Matudaea trinervia*, *Clethra matudae*, *Podocarpus guatemalensis*, *Osmanthus americanus*, *Chichito olmediella*, *Betschleriana* sp. (manzana de danta), *Haematoxylon campechianum*, *Bucida buceras*, *Metopium brownei*, *Cameraria latifolia*, *Byrsonima crassifolia*, *Manilkara zapota*, *Jatropha gaumeri*, *Crhysophyllum mexicanum*, *Crescentia cujete*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton* sp., *Hyerbaena winzerlingii*, *Psidium sartorianum*, *Cordia dodecandra*, *Gymnopodium floribundum*, *Cassia alata*, *Acacia millenaria*, *Mimosa bahamensis*, *Bursera simaruba*, *Bucida spinosa*, *Dalbergia glagra*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Bravaisia tubiflora*, *Erithroxylon aerolatum*, *Malpighia lundelii*, *Acoelorrhapha wrightii*, *Lysiloma latisiliquum*, *Sebastiania adenophora*, *Gymnopodium antigonoides*, *Byrsonima crassifolia* y *Coccoloba schiedana*. Abundan gramíneas y ciperáceas tales como: *Scleria* spp. y *Eleocharis* sp. Las epífitas las constituyen *Orchidaceae* como *Encyclia alata*, *Piperaceae* como *Peperomia* sp. y bromeliáceas, así como el bejuco *Dalbergia glabra*.

Selva Baja Subperennifolia (SBO). Los climas en donde se desarrolla son cálido-húmedo y subhúmedo. Puede presentarse en condiciones climáticas similares a las de la selva alta perennifolia, la mediana subperennifolia, la mediana subcaducifolia y las sabanas. Se le encuentra en zonas bajas y planas, en terrenos con drenaje deficiente, mismos que se inundan en la época de lluvias pero se secan totalmente en invierno (temporada seca). Los suelos que soportan a esta selva son

relativamente profundos, con una lámina de agua más o menos somera en época de lluvias. Esta selva está caracterizada por árboles bajos (no mayores de 5 m), generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante grande; acusan una fuerte disminución de plantas trepadoras y epífitas; el estrato herbáceo frecuentemente no existe.

Especies importantes: *Haematoxylon campechianum* (ek', tinto, palo de tinte), *Bucida buceras* (pukte'), *Metopium brownei* (chechem), *Byrsonima bucidaefolia* (sakpaj), *Pachira acuatica* (zapote bobo, kuche'), *Cameraria latifolia*, *Talisia floresii*, *Byrsonima crassifolia*, *Crescentia alata*, *C. kujete*, *Curatella americana*, *Eugenia lundellii*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton reflexifolius*, *Hyperbaena winzerlingii* y *Coccoloba spp.* También la constituyen ciperáceas y gramíneas. Miranda (1958) dice que el número de bejucos, algunos de ellos de gran grosor, es frecuentemente elevado, así como el de plantas epífitas. Entre las epífitas están orquídeas y bromeliáceas como *Tillandsia sp.*

Selva Baja Caducifolia (SBC). Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta SS y Cw. El promedio de temperaturas anuales es superior a 20 °C. Las precipitaciones anuales son de 1200 mm como máximo, teniendo como mínimo a los 600 mm con una temporada seca bien marcada, que puede durar hasta 7 u 8 meses y que es muy severa. Desde el nivel del mar hasta unos 1700 m, rara vez hasta 1900 se le encuentra a este tipo de selva, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Esta selva presenta corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10m, muy eventualmente de hasta 15 m o un poco más). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vida suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*.

Selva Baja Subcaducifolia (SBS). En cuanto a su fisonomía, esta es muy semejante a la SBC, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Especies importantes: *Metopium brownei* (boxchechem), *Lysiloma latisiliquum* (tsalam), *Beaucarnea ameliae* (ts'ipil), *Pseudophoenix sargentii* (kuka'), *Agave angustifolia* (ki, babki'), *Bursera simaruba* (chaka'), *Beaucarnea pliabilis*, *Nopalea gaumeri* (tsakam), *Bromelia pinguin* (ch'om), *Coccoloba sp.* (boop), *Thevetia gaumeri* (akits).

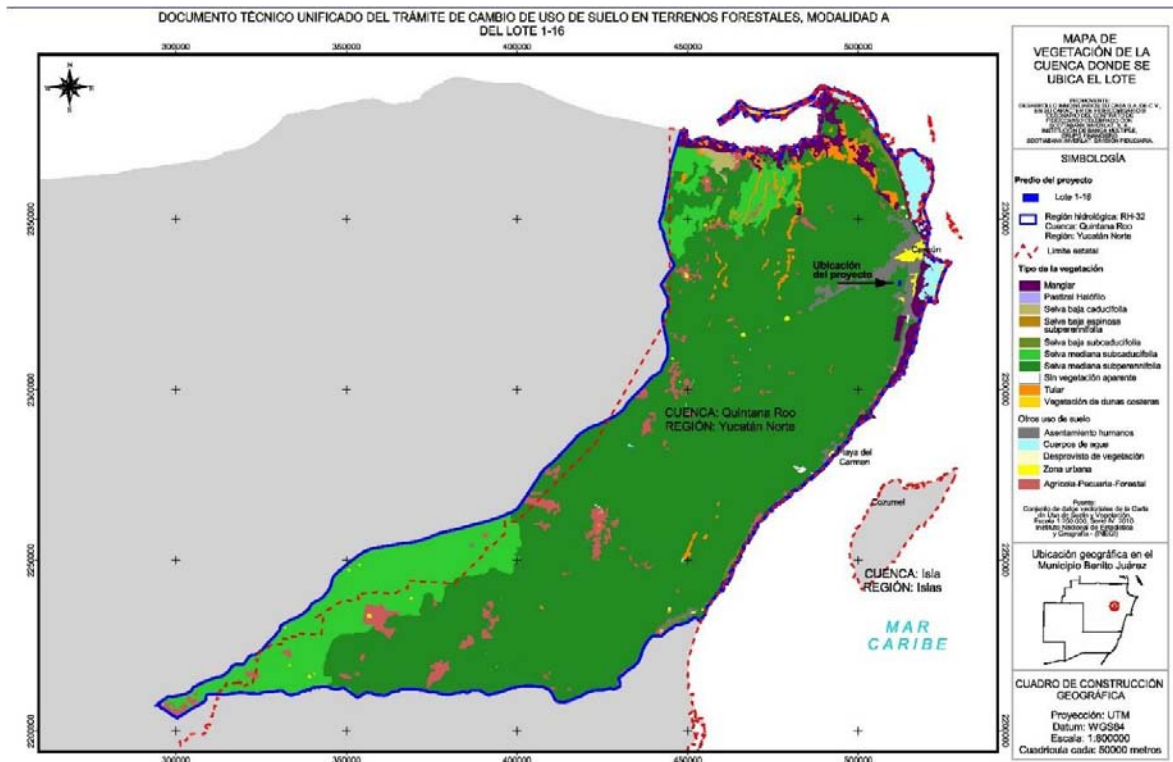
Vegetación secundaria de las selvas. Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original; en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. En la clasificación de estas comunidades se consideran las siguientes etapas sucesionales secundarias. ARBÓREA (*VSA): se desarrolla después de transcurridos varios años del desmonte original y por lo tanto después de las etapas herbácea y arbustiva. Según la antigüedad se pueden encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o varias. ARBUSTIVA (*VSA): Fase sucesional secundaria de la vegetación con predominancia de arbustos. Puede ser sustituida o no por una fase arbórea. Con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original. HERBÁCEA (*VSh): Primera fase sucesional secundaria de la vegetación, con predominancia de formas herbáceas. Puede ser sustituida o no por una fase arbustiva. Con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original.

Manglar (VM). Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

Tular (VT). Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha* spp.), y tutillo (*Scirpus* spp.), también es común encontrar los

llamados carrizales de (*Phragmites communis*) y (*Arundodonax*). Incluye los “seibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país. En México es bien conocido por la utilización de los tallos de *Typha* y *Scirpus* en la confección artesanal de petates, cestos, juguetes y diversos utensilios. Los carrizales también son de gran importancia para la elaboración estructural de juegos pirotécnicos y muchos objetos artesanales. En muchos sitios se conservan como refugios de aves para la actividad cinegética.

Vegetación de Dunas Costeras (VU). Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de la especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pescarpe*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton sp.*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etc. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceta (*Randia sp.*), espino blanco (*Acacia sp. haerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus sp.*) entre otros. La actividad principal que se desarrolla en esta comunidad es el pastoreo de ganado bovino y caprino. En algunos casos se presenta la eliminación de la vegetación de dunas para incorporar terrenos a la agricultura



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro de la carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie IV.
Fuente: Datos vectoriales, INEGI (escala 1:250000).

IV.2.8.FAUNA

En Quintana Roo se observan cerca de la mitad de las aves de México, es refugio del emblemático jaguar y a nuestras playas arriba 50% de las especies de tortugas marinas que habitan en el mundo. Más de 30% de la superficie de Quintana Roo fue decretada área natural protegida, donde, además de las reservas de la biósfera, destacan Banco Chinchorro, el Santuario de la Tortuga Marina en Xcacel-Xcacelito y el Santuario del Manatí en la Bahía de Chetumal. Entre las especies más representativas podemos encontrar las siguientes:

Mamíferos. De acuerdo con la base de datos del Museo Nacional de Historia Natural de los Estados Unidos, basado en Kays y Wilson (2002). Las especies de mamíferos silvestres más comunes en la región Norte de la Península de Yucatán son: el ocelote (*Felis pardalis*), el leoncillo (*Herpailuris yaguarondi*), tigrillo (*Leopardis pardalis*), jaguar (*Panthera onca*), jabalina (*Pecari tayacu*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), comadreja (*Mustela frenata*), tejón (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y entre las

principales especies nocturnas están el murciélago con sombrero (*Eumops glaucinus*), murciélago amarillo gigante (*Lasiurus intermedius*), vampiro patas peludas (*Diphylla ecaudata*), entre otras especies pequeñas y medianas comunes. Por lo que toca a las especies bajo alguna categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontramos mono araña (*Ateles geoffroyi*), saraguato negro (*Alouatta pigra*), viejo de monte (*Eira barbara*) y tapir (*Tapirus bairdii*).

Anfibios y Reptiles: Calderón (2005)¹⁴ reporta para la herpetofauna de la región: salamandra de Yucatán (*Bolitoglossa yucatanana*), sapo excavador (*Rhinophrynus dorsalis*), rana arbórea (*Phynohyas venulosa*), rana de árbol (*Tripurion petasatus*), rana leopardo (*Rana berlandieri*); en relación con los anfibios Lee (2002) reporta que hay una disminución significativa de las especies de sur a Norte de la Península y especialmente al Noroeste, mientras que para las lagartijas y serpientes es intermedia en el Norte, entre las especies de reptiles están: tortuga de tres lomos (*Staurotypus triporcatus*), casquito (*Kinostemon creasen*), pochitoque (*Kinostemon scopioides*), tortuga monjiona (*Rhynoclemys areolata*), tortuga de carolina (*Terrapene carolina*), tortuga jicotea (*Trachemys scripta*), toloquito (*Norops sagrei*), tolok (*Basiliscus vittatus*), merech (*Eumeces schwarzei*), cuija yucateca (*Coleonyx elegans*), iguana espinosa (*Ctenosaura similis*), iguana (*Ctenosaura defensor*), lagartija escamosa (*Sceloporus chrysostictus*), boa (*Boa constrictor*), falso coral (*Lampropeltis triangulum*), petatilla (*Drymobius margaritiferus*), chirrionera (*Masticophis mentovarius*), cascabel tropical (*Crotalus durissus*), culebra labios blancos (*Symphimus mayae*), tantilla (*Tantilla cuniculator*), coralillo (*Micrurus diastema*) entre otros.

Aves; dada su importancia y para lograr obtener el mayor número de especies registradas, se optó por tomar como referencia las registradas para las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) que se encuentran dentro de la cuenca.

Dichas áreas son: AICA 177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna (196 sp totales), AICA 174. Sierra de Ticúl-Punto Put. (274 sp totales) y AICA 187. Yumbalam. (386 sp totales).

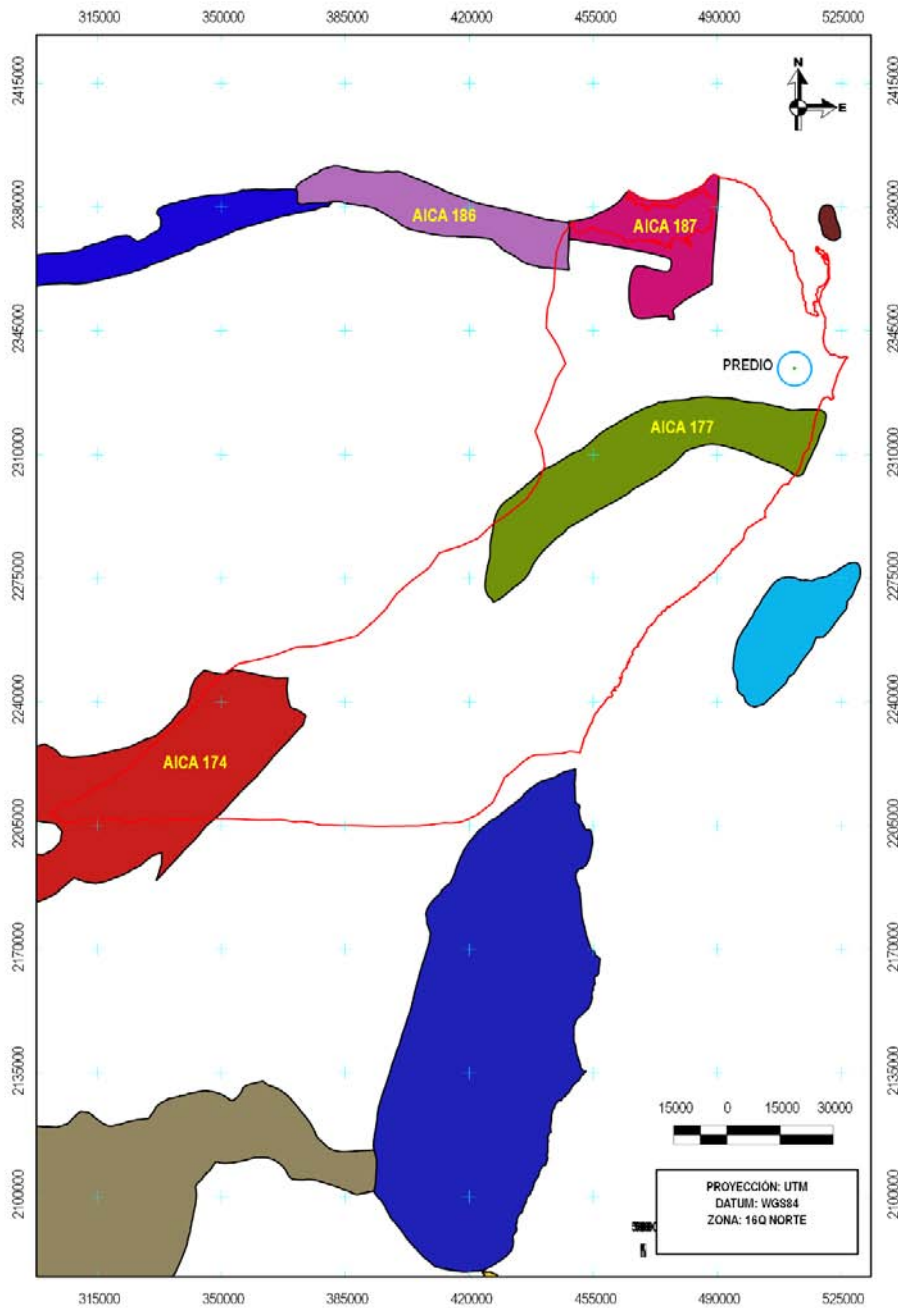
A continuación se presentan las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 para dichas AICAS.

| ESPECIE | ESTACIONALIDAD | CATEGORÍA NOM-059 |
|---|-----------------------|----------------------|
| AICA 177. Corredor Central Vallarta-Punta Laguna | | |
| <i>Mycteria americana</i> | Residente | A |
| <i>Aramus guarauna</i> | Residente | A |
| <i>Anas americana</i> | Residente de invierno | Pr |
| <i>Aythya affinis</i> | Residente de invierno | Pr |
| <i>Rostrhamus sociabilis</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Buteo nitidus</i> | Residente | Pr |
| <i>Buteo magnirostris</i> | Residente | Pr |
| <i>Crax rubra</i> | Residente | P |
| <i>Meleagris ocellata</i> | Residente | A |
| <i>Glaucidium brasilianum</i> | Residente | A |
| <i>Ciccaba virgata</i> | Residente | A |
| <i>Ciccaba nigrolineata</i> | Residente | A |
| <i>Ramphastos sulfuratus</i> | Residente | A |
| <i>Dendrocincla anabatina</i> | Residente | A |
| <i>Wilsonia citrina</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Icterus cucullatus</i> | Residente | A |
| <i>Icterus auratus</i> | Residente | A |
| AICA 174. Sierra de Ticúl-Punto Put | | |
| <i>Sarcoramphus papa</i> | Residente | P |
| <i>Circus cyaneus</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Accipiter striatus</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Buteo nitidus</i> | Residente | Pr |
| <i>Buteo magnirostris</i> | Residente | Pr |
| <i>Spizaetus tyrannus</i> | Residente | A |
| <i>Spizaetus ornatus</i> | Residente | P |
| <i>Falco ruficularis</i> | Residente | A |
| <i>Penelope purpurascens</i> | Residente | Pr |
| <i>Crax rubra</i> | Residente | A |
| <i>Dactylortyx thoracicus</i> | Residente | A |
| <i>Amazona xantholora</i> | Residente | A |
| <i>Glaucidium brasilianum</i> | Residente | A |
| <i>Ciccaba virgata</i> | Residente | A |
| <i>Ramphastos sulfuratus</i> | Residente | A |
| <i>Onychorhynchus mexicanus</i> | Residente | A |
| <i>Wilsonia citrina</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Icterus cucullatus</i> | Residente | A |
| <i>Icterus auratus</i> | Nd | A |
| AICA 187. Yum-balam | | |
| <i>Egretta rufescens</i> | Residente | A |
| <i>Jabiru mycteria</i> | Residente | P |
| <i>Mycteria americana</i> | Residente | A |
| <i>Cairina moschata</i> | Residente | P |
| <i>Rallus longirostris</i> | Residente | P |
| <i>Aramus guarauna</i> | Residente | A |

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|----|
| <i>Charadrius melodus</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Anas acuta</i> | Residente de invierno | Pr |
| <i>Anas discors</i> | Residente de invierno | Pr |
| <i>Aythya affinis</i> | Residente de invierno | Pr |
| <i>Oxyura dominica</i> | Nd | A |
| <i>Cathartes burrovianus</i> | Residente | A |
| <i>Sarcoramphus papa</i> | Residente | P |
| <i>Rostrhamus sociabilis</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Circus cyaneus</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Accipiter striatus</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Accipiter cooperii</i> | Residente | A |
| <i>Geranospiza caerulescens</i> | Residente | A |
| <i>Buteogallus anthracinus</i> | Residente | A |
| <i>Buteogallus urubitinga</i> | Residente | A |
| <i>Buteo nitidus</i> | Residente | Pr |
| <i>Buteo magnirostris</i> | Residente | Pr |
| <i>Buteo albicaudatus</i> | Residente | Pr |
| <i>Buteo jamaicensis</i> | Residente de invierno | Pr |
| <i>Spizastur melanoleucus</i> | Residente | P |
| <i>Spizaetus tyrannus</i> | Residente | A |
| <i>Spizaetus ornatus</i> | Residente | P |
| <i>Falco columbarius</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Falco rufifigularis</i> | Residente | A |
| <i>Falco peregrinus</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Penelope purpurascens</i> | Residente | Pr |
| <i>Crax rubra</i> | Residente | P |
| <i>Dactylortyx thoracicus</i> | Residente | A |
| <i>Sterna antillarum</i> | Residente | P |
| <i>Columba leucocephala</i> | Residente | A |
| <i>Celeus castaneus</i> | Residente | A |
| <i>Xenops minutus</i> | Residente | A |
| <i>Amazona xantholora</i> | Residente | A |
| <i>Bubo virginianus</i> | Residente | A |
| <i>Speotyto cunicularia</i> | Residente de verano | A |
| <i>Ciccaba virgata</i> | Residente | A |
| <i>Ciccaba nigrolineata</i> | Residente | A |
| <i>Ramphastos sulfuratus</i> | Residente | A |
| <i>Dendrocincla anabatina</i> | Residente | A |
| <i>Limnithlypis swainsonii</i> | Residente de invierno | P |
| <i>Wilsonia citrina</i> | Residente de invierno | A |
| <i>Icterus cucullatus</i> | Residente | A |
| <i>Icterus auratus</i> | Residente | A |

Nota: A: amenazada, Pr: protección especial, P: en peligro.

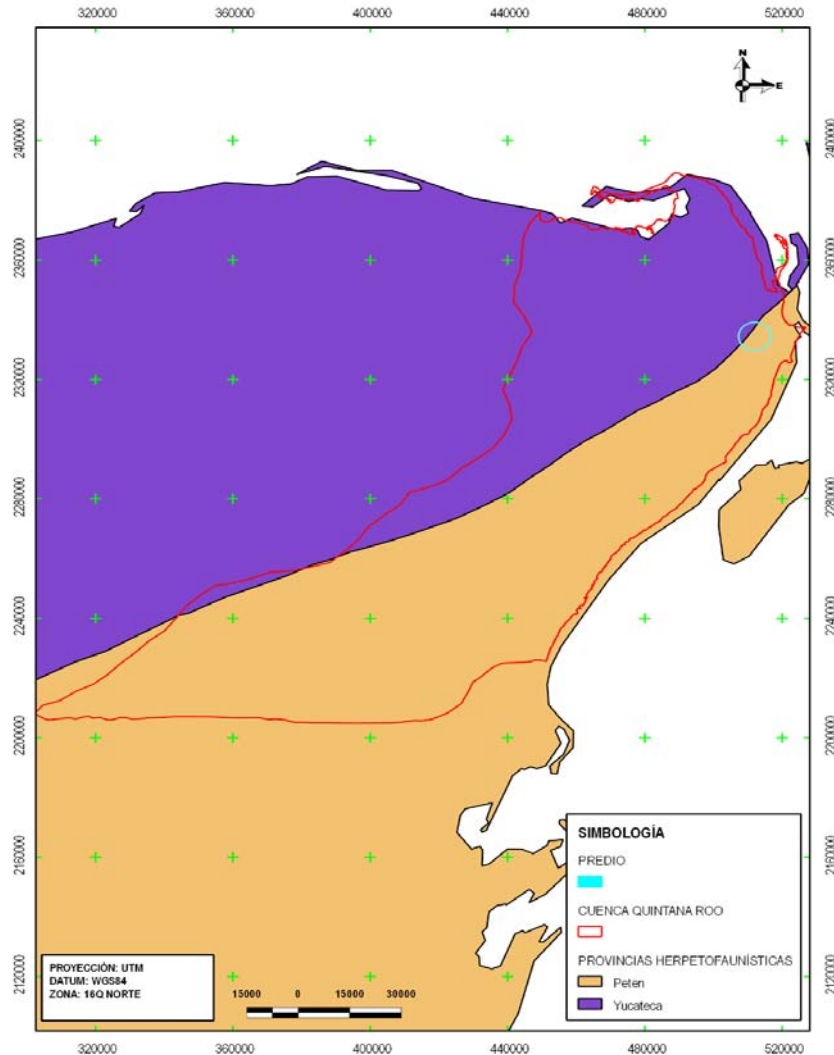
En el siguiente plano se muestra la ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de AICAS, según la CONABIO.



Ubicación de la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. Fuente: Datos vectoriales, CONABIO (escala 1:1000000).

1.1. Reptiles

Según Pozo C., *et al.* (2011), en el Estado de Quintana Roo y por ende en la cuenca Quintana Roo, existen aproximadamente 106 especies de reptiles. Así mismo, cabe mencionar que la Cuenca se encuentra ubicada dentro de dos provincias herpetofaunísticas denominadas: Petén y Yucateca:



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de provincias herpetofaunísticas.

Fuente: Datos vectoriales, CONABIO (escala 1:1000000).

La provincia Yucateca, por su ubicación, en relación con la circulación de vientos y su orografía llana, es una provincia relativamente seca; a pesar de que el aire que corre sobre ella contiene grandes cantidades de humedad, no produce nubes ni precipitación en la misma proporción, sino hasta elevarse en tierras de relieve más

complejo, en Chiapas. Su extremo noroeste muestra una pequeña franja costera con clima semiárido, aunque la mayor parte del área tiene un clima tropical subhúmedo (95%). Por eso, la vegetación predominante en su mayoría está compuesta por selvas bajas caducifolias (85%). Entre las especies endémicas de la provincia Yucateca se encuentran *Encyclia nematocaulon* (orquídea), *Sceloporus cozumelae* (lagartija), *Peromyscus yucatanicus yucatanicus* (ratón).

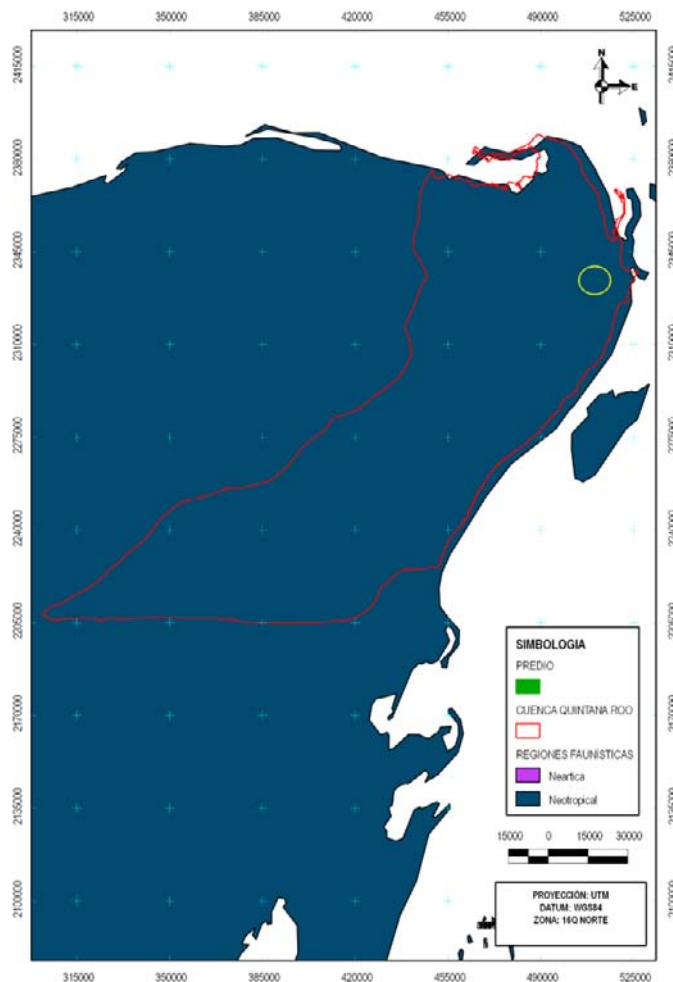
Por su parte, la provincia del Petén, se ubica hacia el sureste de la Península de Yucatán, donde hay mayor cantidad de lluvias, lo que permite que la vegetación dominante esté constituida por selvas altas perennifolias (72%) y en menor grado por selvas espinosas (13%). Esta provincia se extiende hasta el Petén de Guatemala y Belice, limitado por la Sierra de los Cuchumatanes hasta la Bahía de Amatique. En su extremo occidental, el Río Candelaria marca el límite de la distribución de muchos grupos de esta provincia, aunque en algunos sistemas incluye gran parte de la porción sur de la costa del Golfo de México, a partir de los pantanos de Centla, o el Usumacinta, en Tabasco. *Peromyscus yucatanicus badius* es un ratón típico del Petén.

1.2. Regiones zoogeográficas

La ubicación de la República Mexicana, está dividida por dos regiones Zoogeográficas, la región Neártica y la Neotropical, lo que permite que en conjunto tenga una fauna muy diversa, con afinidad a ambas regiones. Sin embargo, no existe una división tajante en la fauna de una u otra región, ya que la efectividad de dispersarse depende de la adaptación y poder de desplazamiento de los animales, además, de que varía según el tiempo y las circunstancias. Lo anterior señalado provoca que en ambas regiones puedan encontrarse especies típicas de una u otra región. A esta área de confluencia de las regiones es llamada zona de transición mexicana.

La fauna se distribuye atendiendo a los tipos de hábitat, ya que la interrelación que ésta tiene con la flora es muy estrecha debido a condiciones físicas. Por lo que algunas especies son características de la región Neártica como: el *Oso negro* (*Ursus americanus*), *lince* (*Lynx sp.*), *venado* (*Odocoileus virginianus*), *Correcaminos* (*Geococcyx sp.*) y *falso camaleón* (*Prynosoma sp.*) y de la región *Neotropical*, *Jaguar* (*Panthera onca*), *vampiro* (*Desmodus rotundus*), *armadillo* (*Dasyopus novenicintus*), *tlacuache o zarigüeya* (*Didelphis virginianus*).

Cabe destacar que la cuenca Quintana Roo se ubica dentro de la Región Faunística Neotropical, la cual se extiende desde el límite norte de Patagonia, pasando por los Andes, las cuencas del Amazonas y el Orinoco, el Caribe y Mesoamérica. Sin embargo, muchos grupos típicamente neotropicales tienen una distribución que se extiende hasta el suroeste de EUA y sur de Florida. Entre los grupos predominantes están los mezquites (*Prosopis*, género pantropical con especies de tres secciones estrictamente americanas), cuya distribución se extiende ampliamente en todo el medio árido, subhúmedo y húmedo del Neotrópico, desde el norte de Argentina hasta Arizona; los cuajotes y copales (*Bursera*), que se distribuyen alrededor de todo el Caribe y por la vertiente del Pacífico desde Baja California y suroeste de EUA hasta el Golfo de Guayaquil en Ecuador, y los pochotes (*Ceiba*).



Ubicación la cuenca Quintana Roo dentro del mapa de regiones zoogeográficas.

Fuente: Datos vectoriales, CONABIO (escala 1:1000000).

IV.3. DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS FÍSICOS Y BIÓTICOS A MENOR ESCALA (MICROCUENCA)

Si bien las características físicas se comportan a de manera semejante a lo largo de la superficie que ocupa la Cuenca de Quintana Roo, específicamente en la región de ésta donde se localiza el predio de pretendida ubicación del proyecto (ver planos anteriores), resultaría poco práctico describir dichas características a una escala menor; lo anterior, considerando que la información se duplicaría debido a la homogeneidad física de la región y a la escases de datos oficiales que se encuentran publicados a la fecha en relación a las microcuencas.

Por lo que toca a los aspectos bióticos, éstos se comportan de manera distinta, pues si bien es cierto que se pensaría que su distribución debiera ser relativamente homogénea dentro gran parte de la cuenca y los ecosistemas, lo anterior no sucede en la realidad debido a que los organismos responden ante las diversas presiones ambientales y antrópicas.

En este sentido, y considerando que las características florísticas y faunísticas citadas en apartados anteriores consisten en su mayoría en datos crudos que difícilmente podrían ser analizados respecto a la superficie del predio de interés en virtud de la gran diferencia que existe entre ambas superficies (cuenca vs predio), se advierte la necesidad de contar con un panorama más preciso de las características bióticas en una escala menor; a fin de que los datos obtenidos permitan ser analizados respecto a la superficie del predio en donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo.

Bajo este supuesto, y con el propósito de utilizar otra unidad de análisis más específica (subcuenca o microcuenca), se realizaron varios intentos por obtener literatura respecto a las microcuencas hidrológico forestales de la zona, no obstante, ninguna fuente oficial (NEGI, CONAFOR, CONABIO, CNA, etc.) cuenta con información disponible y vigente, que permita determinar en que microcuenca se ubica el terreno en estudio; por lo que bajo dicho panorama se optó por utilizar los criterios de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), establecidos para la delimitación de las microcuencas, a fin de poder establecer la unidad de análisis del proyecto, considerando la magnitud del área sujeta a cambio de uso de suelo. Los criterios antes referido se describen a continuación.

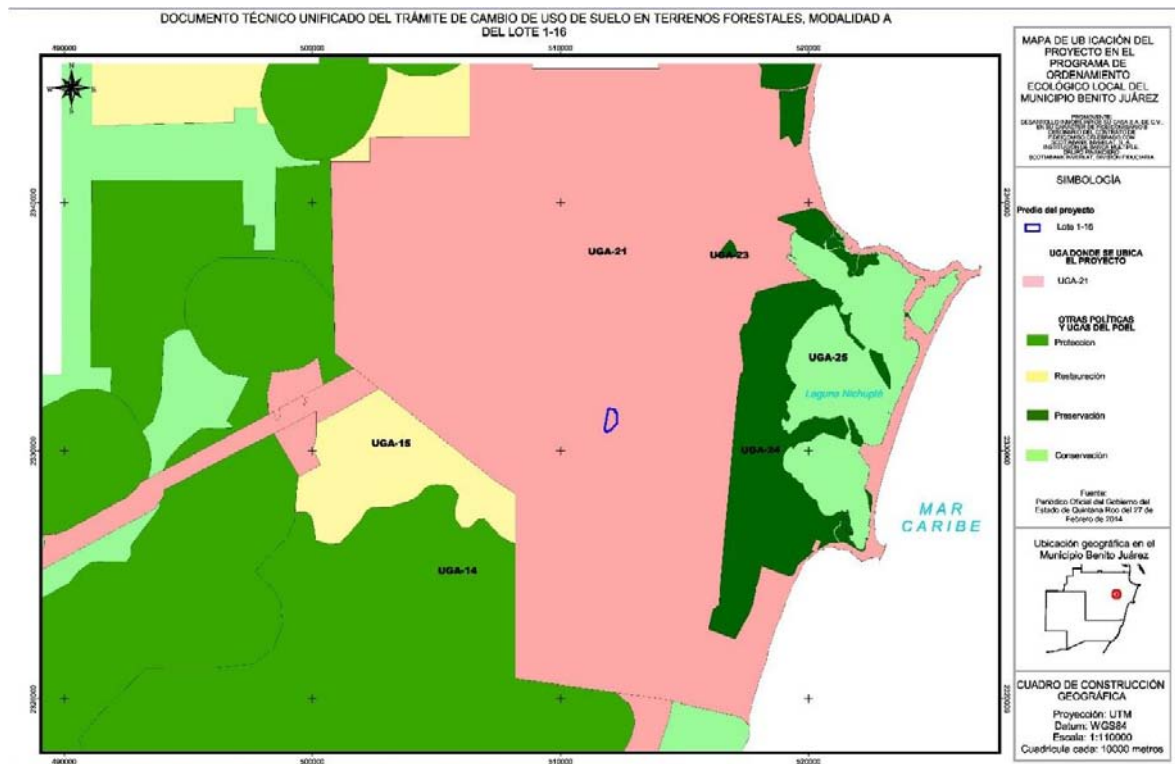
Los criterios que pueden ser elegidos para seleccionar microcuencas dependen del objetivo de la acción que se plantea desarrollar. Se pueden identificar cuatro grandes grupos de criterios:

- **Estratégicos:** Son criterios que pueden establecerse en un nivel macro, en el marco de políticas nacionales, departamentales o municipales. Por ejemplo, suministro de agua potable a poblaciones, presencia de embalses, corredores biológicos o áreas protegidas, ubicación de la microcuenca en áreas con planes de desarrollo integral, etc.
- **Institucionales:** Son criterios relacionados al rol de las instituciones; por ejemplo, ubicación en las zonas de atención o cobertura de éstas, tipo de público que atiende, prioridad en aspectos ambientales, etc.
- **Operativos:** Son criterios relacionados con aspectos de logística, tales como: distancia de las oficinas, tamaño de la microcuenca (área y población), posibilidades de coordinación con otras instituciones y actores, entre otros.
- **Técnicos agronómicos y ambientales:** Son criterios relacionados con los aspectos biofísicos (cabecera de subcuenca o cuenca, disponibilidad de agua, nivel de deterioro de los recursos naturales, riesgo para la población, etc.) y socioeconómicos (sistemas de producción dominantes, nivel de organización, motivación para el cambio, capacidad de inversión, relevancia del curso de agua como agua potable para la población, entre otros).

Considerando los criterios antes referidos, se optó por definir como microcuenca la Unidad de Gestión Ambiental número 21 “Zona urbana de Cancún”, establecidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, toda vez que la microcuenca se ubica en un área que cuenta además con un plan de desarrollo integral que es el Programa parcial de Desarrollo Urbano del complejo urbano sur de Cancún, considerando los criterios estratégicos; aunado a que cuenta con una basta cobertura de servicios para el tipo de público que atiende (locatarios de la ciudad de Cancún - criterio institucional); sumado a que el tamaño de la microcuenca es congruente con la superficie de cambio de uso de suelo, puesto que el predio se ubica dentro del centro de población, lo que permite la coordinación con otras instituciones y actores (criterio operativo); y finalmente considera aspectos como disponibilidad de agua subterránea como agua potable para la población; el nivel de deterioro de los recursos naturales, ya que cuenta con usos de suelo

específicos que permiten un aprovechamiento ordenado del territorio; y dado que presenta un sistema de producción dominante como el urbano confiriéndole una alta capacidad de inversión.

Dicha área de estudio (en adelante **la microcuenca**), cuenta con una superficie de 34,937.17 hectáreas (ver plano de la página siguiente), lo que la hace menos extensa que la cuenca y la subcuenca donde se ubica el predio; y cuenta con un uso de suelo predominantemente urbano.



Microcuenca establecida

Visto lo anterior, a continuación se presenta la descripción de los elementos físicos y biológicos que integran la microcuenca en estudio.

IV.4. COMPONENTES BIÓTICOS

IV.4.1. Vegetación

A nivel de la microcuenca se identificaron dos tipos de vegetación (Selva mediana subperennifolia y manglar) y dos usos de suelo predominantes (asentamientos humanos y zona urbana):

Selva Mediana Subperennifolia (SMQ). Cubre una extensión de 2,647.59 ha en la microcuenca (según carta de USU y VEG, INEGI, serie IV). Se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 metros sobre el nivel medio del mar. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la Península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas. Los árboles, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas; tienen una altura media de 25 a 35 m, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aún cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas. Especies importantes: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum malicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jote, copal), *Manilkara zapota* (chico zapote, chicozapote), *Lysiloma spp.* (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* Ua'asché, *Carpodiptera floribunda*. En las riberas de los ríos se nota a *Pachira aquatica* (k'uyche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas.

Manglar (VM). Cubre una extensión de 1,023.16 ha en la microcuenca (según carta de USU y VEG, INEGI, serie IV). Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presentan los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista

forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

Por lo que toca a los uso para **asentamientos humanos (AH)** y la **zona urbana (ZU)**, éstos ocupan una superficie de 2,108.27 y 10,662.07 ha respectivamente.

IV.4.2. Fauna

La composición faunística con incidencia dentro de la microcuenca, se describen en los partados subsecuentes.

IV.5. METODOLOGÍA Y MEMORIAS DE CÁLCULO PARA DETERMINAR PARÁMETROS E ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LA FLORA Y FAUNA EN UN ECOSISTEMA SIMILAR POR AFECTAR DENTRO DE LA MICROCUENCA

IV.5.1. VEGETACIÓN

Delimitación del área de estudio

Par poder estimar los índices de diversidad de la flora y fauna, y con la intención de obtener resultados confiables y característicos del ecosistema que se analiza, se procedió a buscar dentro de la microcuenca un predio cercano al terreno forestar de interés, cuya característica principal fuera la total presencia de vegetación de Selva mediana subperennifolia (mismo ecosistema al que será afectado).

Con fines prácticos y metodológicos, se seleccionó un polígono de superficies similares al del proyecto en donde se llevó a cabo un inventario forestal en 16 sitios de muestreo, equivalentes al mismo número de sitios de muestreo realizados en la superficie de cambio de uso de suelo; con la finalidad de poder obtener un análisis comparativo entre la superficie que será afectada con el proyecto y aquella que se conserva dentro de la microcuenca. Las cordenas de los vértices del predio, así como de los sitios monitoreados, se muestra a continuación en la siguiente figura.



Ubicación y sitios de muestro del predio de referencia

» Metodología del inventario

El método de muestreo utilizado para el inventario forestal fue el sistemático. Se trata de un tipo de muestreo que es aplicable cuando los elementos de la población sobre la que se realiza el muestreo están ordenados. Este procedimiento de muestreo se basa en tomar muestras de una manera directa y ordenada a partir de una regla determinística, también llamada sistemática. Concretamente, a partir de una sola unidad que se selecciona en primer lugar, el resto de las unidades de la muestra vienen determinadas automáticamente al aplicarle a dicha unidad una regla de selección sistemática. Para la ubicación de los sitios de muestreo se empleó una cuadrícula con coordenadas ubicadas a un intervalo equidistante, por lo que cada punto o coordenada pasó a formar parte de un sitio de muestreo aplicando el método de selección sistemático.

» Forma y tamaño de los sitios de muestreo

Con base en lo antes expuesto se estableció un inventario forestal al interior del polígono de estudio, con el fin de estar en posibilidad de establecer la abundancia

de las especies por estrato de la vegetación. En éste sentido, y considerando las dimensiones del sitio de estudio, se optó por recabar los datos de campo a través de un inventario que consistió en distribuir 16 sitios de muestreo de dimensiones fijas, consistentes en cuadrantes anidados para poder cubrir todos los estratos de la vegetación, a saber:

- ✓ -Estrato arbóreo: cuadrantes fijos de 1,089 m² (33 m por 33 m).
- ✓ -Estrato arbustivo: cuadrantes fijos de 25 m² (5 m por 5 m).
- ✓ -Estrato herbáceo: cuadrantes fijos de 1 m² (1 m por 1 m)

» **Resultados del inventario (composición de la vegetación)**

A continuación se presenta la composición florística de las especies que fueron registradas en los sitios de muestre diferenciadas por cada estrato de la vegetación.

| ESTRATO ARBÓREO | | | |
|-----------------|----------------|-------------------------------|-----------------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
| 1. | Anacardiaceae | <i>Metopium brownei</i> | Chechem |
| 2. | Apocynaceae | <i>Thevetia gaumeri</i> | Akits |
| 3. | Araliaceae | <i>Dendropanax arboreus</i> | Sac chacah |
| 4. | Arecaceae | <i>Sabal yapa</i> | Huano |
| 5. | Arecaceae | <i>Thrinax radiata</i> | Chit |
| 6. | Boraginaceae | <i>Cordia dodecandra</i> | Siricote |
| 7. | Burceraceae | <i>Protium copal</i> | Copal |
| 8. | Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | Chacah |
| 9. | Canellaceae | <i>Canela winterana</i> | Canela de cullo |
| 10. | Ebenaceae | <i>Diospyros cuneata</i> | Silil |
| 11. | Euphorbiaceae | <i>Jatropha gaumeri</i> | Pomolché |
| 12. | Euphorbiaceae | <i>Guettarda elliptica</i> | Ekulub |
| 13. | Euphorbiaceae | <i>Gymnanthes licida</i> | Yayté |
| 14. | Fabaceae | <i>Gliricidia sepium</i> | Cacaoché |
| 15. | Fabaceae | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | Canasín |
| 16. | Fabaceae | <i>Piscidia piscipula</i> | Jabín |
| 17. | Fabaceae | <i>Swartzia cubensis</i> | Catalox |
| 18. | Fabaceae | <i>Diphysa carthagenensis</i> | Ts'u'ts'uk |
| 19. | Fabaceae | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | Tzalam |
| 20. | Fabaceae | <i>Bauhinia divaricata</i> | Pata de vaca |
| 21. | Fabaceae | <i>Bauhinia jennindsii</i> | Pata de caballo |
| 22. | Fabaceae | <i>Leucaena leucocephala</i> | Huaxin |
| 23. | Fabaceae | <i>Caesalpinia gaumeri</i> | Kitamché |
| 24. | Fabaceae | <i>Acacia glomerosa</i> | Sac pich |
| 25. | Fabaceae | <i>Sweetia panamensis</i> | Huesillo |
| 26. | Flacourtiaceae | <i>Zuelania guidonia</i> | Palo volador |

| ESTRATO ARBÓREO | | | |
|-----------------|---------------|----------------------------------|----------------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
| 27. | Lauraceae | <i>Nectandra coriacea</i> | Laurelillo |
| 28. | Malpighiaceae | <i>Malpighia glabra</i> | Guayacté |
| 29. | Moraceae | <i>Ficus cotinifolia</i> | Amatillo |
| 30. | Moraceae | <i>Ficus obtusifolia</i> | Higo |
| 31. | Moraceae | <i>Ficus tecolutensis</i> | Mata palo |
| 32. | Moraceae | <i>Brosimum alicastrum</i> | Ramón |
| 33. | Myrtaceae | <i>Eugenia trikii</i> | Escobeta |
| 34. | Nyctaginaceae | <i>Neea psychotrioides</i> | Xta'tsi |
| 35. | Polygonaceae | <i>Coccoloba spicata</i> | Boob |
| 36. | Polygonaceae | <i>Coccoloba diversifolia</i> | Sac boob |
| 37. | Rubiaceae | <i>Randia longiloba</i> | Cruceta |
| 38. | Rubiaceae | <i>Guettarda combsii</i> | Tasta'ab |
| 39. | Rutaceae | <i>Eesenbeckia pentaphylla</i> | Naranjillo |
| 40. | Rutaceae | <i>Casimiroa tetrameria</i> | Yuy |
| 41. | Sapindaceae | <i>Matayba oppositifolia</i> | Guayancox |
| 42. | Sapindaceae | <i>Talisia olivaeformis</i> | Huaya de monte |
| 43. | Sapotaceae | <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | Caimito |
| 44. | Sapotaceae | <i>Manilkara zapota</i> | Chicozapote |
| 45. | Sapotaceae | <i>Pouteria campechiana</i> | Canisté |
| 46. | Sapotaceae | <i>Sideroxylon foetidissimum</i> | Caracolillo |
| 47. | Sapotaceae | <i>Dipholis salicifolia</i> | Zapote faisán |
| 48. | Sapotaceae | <i>Pouteria unilocularis</i> | Zapotillo |
| 49. | Simaroubaceae | <i>Simarouba glauca</i> | Pa'sak' |
| 50. | Verbenaceae | <i>Vitex gaumeri</i> | Ya'ax nik |

| ESTRATO ARBUSTIVO | | | |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
| 1. | Anacardiaceae | <i>Metopium brownei</i> | Chechem |
| 2. | Apocynaceae | <i>Thevetia gaumeri</i> | Akits |
| 3. | Arecaceae | <i>Thrinax radiata</i> | Chit |
| 4. | Boraginaceae | <i>Cordia dodecandra</i> | Siricote |
| 5. | Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | Chacah |
| 6. | Euphorbiaceae | <i>Gymnanthes licida</i> | Yayté |
| 7. | Fabaceae | <i>Caesalpinia gaumeri</i> | Kitamché |
| 8. | Fabaceae | <i>Gliricidia sepium</i> | Cacaoché |
| 9. | Fabaceae | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | Canasín |
| 10. | Fabaceae | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | Tzalam |
| 11. | Fabaceae | <i>Piscidia piscipula</i> | Jabín |
| 12. | Fabaceae | <i>Swartzia cubensis</i> | Catalox |
| 13. | Lauraceae | <i>Nectandra coriacea</i> | Laurelillo |
| 14. | Moraceae | <i>Brosimum alicastrum</i> | Ramón |
| 15. | Moraceae | <i>Ficus cotinifolia</i> | Amatillo |
| 16. | Moraceae | <i>Ficus obtusifolia</i> | Higo |

| ESTRATO ARBUSTIVO | | | |
|-------------------|---------------|-------------------------------|----------------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
| 17. | Polygonaceae | <i>Coccoloba diversifolia</i> | Sac boob |
| 18. | Polygonaceae | <i>Coccoloba spicata</i> | Boob |
| 19. | Rubiaceae | <i>Guettarda combsii</i> | Tasta'ab |
| 20. | Sapindaceae | <i>Talisia olivaeformis</i> | Huaya de monte |
| 21. | Sapotaceae | <i>Manilkara zapota</i> | Chicozapote |
| 22. | Sapotaceae | <i>Pouteria unilocularis</i> | Canisté |
| 23. | Simaroubaceae | <i>Simarouba glauca</i> | Pa'sak' |
| 24. | Verbenaceae | <i>Vitex gaumeri</i> | Ya'ax nik |

| ESTRATO ARBUSTIVO | | | |
|-------------------|---------------|--------------------------------|--------------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
| 1. | Anacardiaceae | <i>Metopium brownei</i> | Chechem |
| 2. | Arecaceae | <i>Sabal yapa</i> | Huano |
| 3. | Arecaceae | <i>Thrinax radiata</i> | Chit |
| 4. | Boraginaceae | <i>Cordia dodecandra</i> | Siricote |
| 5. | Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | Chacah |
| 6. | Ebenaceae | <i>Diospyros cuneata</i> | Silil |
| 7. | Euphorbiaceae | <i>Guettarda elliptica</i> | Ekulub |
| 8. | Fabaceae | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | Tzalam |
| 9. | Fabaceae | <i>Piscidia piscipula</i> | Jabín |
| 10. | Moraceae | <i>Ficus obtusifolia</i> | Higo |
| 11. | Polygonaceae | <i>Coccoloba spicata</i> | Boob |
| 12. | Rubiaceae | <i>Guettarda combsii</i> | Tasta'ab |
| 13. | Sapotaceae | <i>Manilkara zapota</i> | Chicozapote |
| 14. | Sapotaceae | <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | Caimito |
| 15. | Ulmaceae | <i>Thevetia gaumeri</i> | Capulín |
| 16. | Verbenaceae | <i>Vitex gaumeri</i> | Ya'ax nik |

| ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|-----------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN | ESTATUS |
| 1 | Arecaceae | <i>Trinax radiata</i> | Chit | Amenazada |

De acuerdo con los listados presentados en las tablas anteriores, se tiene que la vegetación del polígono de estudio dentro de la microcuenca, se encuentra compuesta por 50 especies, de las cuales las familias mejor representadas son la Fabaceae y Zapotaceae.

» **Análisis de abundancia**

A continuación, a manera de tablas, se presenta la estimación de la abundancia relativa y absoluta de cada especie por estrato de la vegetación, según su distribución dentro del polígono de estudio de la microcuenca.

- ✓ Abundancia absoluta (Aa) se define como el número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie.
- ✓ Abundancia relativa se define como la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de individuos y se considera como el 100 %.

| ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------|
| ESPECIE | # de ind del inventario (17,424 m ²) | Abundancia absoluta (ind/ha) | Abundancia relativa |
| <i>Acacia glomerosa</i> | 6 | 3 | 0.009 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 5 | 3 | 0.008 |
| <i>Bauhinia jennindsii</i> | 3 | 2 | 0.005 |
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 7 | 4 | 0.011 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 68 | 39 | 0.105 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Canela winterana</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Casimiroa tetrameria</i> | 13 | 7 | 0.020 |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 6 | 3 | 0.009 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 12 | 7 | 0.019 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 17 | 10 | 0.026 |
| <i>Dendropanax arboreus</i> | 3 | 2 | 0.005 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Dipholis salicifolia</i> | 21 | 12 | 0.032 |
| <i>Diphysa carthagenensis</i> | 4 | 2 | 0.006 |
| <i>Eesenbeckia pentaphylla</i> | 13 | 7 | 0.020 |
| <i>Eugenia tripii</i> | 7 | 4 | 0.011 |
| <i>Ficus cotinifolia</i> | 37 | 21 | 0.057 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 42 | 24 | 0.065 |
| <i>Ficus tecolutensis</i> | 31 | 18 | 0.048 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 6 | 3 | 0.009 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 1 | 1 | 0.002 |
| <i>Guettarda elliptica</i> | 19 | 11 | 0.029 |
| <i>Gymnanthes licida</i> | 4 | 2 | 0.006 |
| <i>Jatropha gaumeri</i> | 15 | 9 | 0.023 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 5 | 3 | 0.008 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 3 | 2 | 0.005 |
| <i>Malpighia glabra</i> | 2 | 1 | 0.003 |

| ESTRATO ARBÓREO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------|
| ESPECIE | # de ind del inventario (17,424 m ²) | Abundancia absoluta (ind/ha) | Abundancia relativa |
| <i>Manilkara zapota</i> | 41 | 24 | 0.063 |
| <i>Matayba oppositifolia</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Metopium brownei</i> | 62 | 36 | 0.096 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 4 | 2 | 0.006 |
| <i>Neea psychotrioides</i> | 7 | 4 | 0.011 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 31 | 18 | 0.048 |
| <i>Pouteria campechiana</i> | 4 | 2 | 0.006 |
| <i>Pouteria unilocularis</i> | 8 | 5 | 0.012 |
| <i>Protium copal</i> | 3 | 2 | 0.005 |
| <i>Randia longiloba</i> | 6 | 3 | 0.009 |
| <i>Sabal yapa</i> | 12 | 7 | 0.019 |
| <i>Sideroxylon foetidissimum</i> | 3 | 2 | 0.005 |
| <i>Simarouba glauca</i> | 7 | 4 | 0.011 |
| <i>Swartzia cubensis</i> | 15 | 9 | 0.023 |
| <i>Sweetia panamensis</i> | 4 | 2 | 0.006 |
| <i>Talisia olivaeformis</i> | 2 | 1 | 0.003 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 6 | 3 | 0.009 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 7 | 4 | 0.011 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 59 | 34 | 0.091 |
| <i>Zuelania guidonia</i> | 5 | 3 | 0.008 |
| Total | 648 | 372 | 1 |

| ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|--|---|---------------------------------|------------------------|
| ESPECIE | # de ind del inventario (400 m ²) | Abundancia absoluta (ind/ha) | Abundancia relativa |
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 2 | 50 | 0.004 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 3 | 75 | 0.007 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 2 | 50 | 0.004 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 13 | 325 | 0.028 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 31 | 775 | 0.068 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 5 | 125 | 0.011 |
| <i>Ficus continifolia</i> | 34 | 850 | 0.074 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 28 | 700 | 0.061 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 14 | 350 | 0.031 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 2 | 50 | 0.004 |
| <i>Gymnanthes lida</i> | 39 | 975 | 0.085 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 8 | 200 | 0.017 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 29 | 725 | 0.063 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 34 | 850 | 0.074 |
| <i>Metopium brownei</i> | 41 | 1025 | 0.089 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 7 | 175 | 0.015 |

| ESTRATO ARBUSTIVO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|--|---|------------------------------|---------------------|
| ESPECIE | # de ind del inventario (400 m ²) | Abundancia absoluta (ind/ha) | Abundancia relativa |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 12 | 300 | 0.026 |
| <i>Pouteria unilocularis</i> | 16 | 400 | 0.035 |
| <i>Swartzia cubensis</i> | 39 | 975 | 0.085 |
| <i>Simarouba glauca</i> | 12 | 300 | 0.026 |
| <i>Talisia olivaeformis</i> | 4 | 100 | 0.009 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 8 | 200 | 0.017 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 45 | 1125 | 0.098 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 31 | 775 | 0.068 |
| Total | 459 | 11,475 | 1 |

| ESTRATO HERBÁCEO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|---------------------------------------|--|------------------------------|---------------------|
| ESPECIE | # de ind del inventario (16 m ²) | Abundancia absoluta (ind/ha) | Abundancia relativa |
| <i>Bursera simaruba</i> | 23 | 14375 | 0.082 |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | 46 | 28750 | 0.164 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 34 | 21250 | 0.121 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 4 | 2500 | 0.014 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 6 | 3750 | 0.021 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 23 | 14375 | 0.082 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 2 | 1250 | 0.007 |
| <i>Guettarda elliptica</i> | 3 | 1875 | 0.011 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 19 | 11875 | 0.068 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 14 | 8750 | 0.050 |
| <i>Metopium brownei</i> | 28 | 17500 | 0.100 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 6 | 3750 | 0.021 |
| <i>Sabal yapa</i> | 3 | 1875 | 0.011 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 51 | 31875 | 0.182 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 2 | 1250 | 0.007 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 16 | 10000 | 0.057 |
| Total | 280 | 175000 | 1 |

IV.5.2.FAUNA

» Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

Aves

Éste grupo faunístico fue estudiado bajo el método de transecto, el cual consiste en que el observador permanezca inmóvil (o casi) en un punto fijo y tome nota de todas

las aves que se puedan ver y/o escuchar desde ese lugar, en un período de 15 minutos y a una distancia de 10 metros a cada lado (radio definido del punto).

En la aplicación de éste método, los puntos de conteo se dispusieron en dos líneas rectas que atravesaron todo el predio en dirección Este a Oeste, con la finalidad de cubrir toda la superficie. De este modo, una vez determinado el transecto de estudio, se establecieron 20 puntos de conteo en total. Cada punto fue revisado cuatro días consecutivos: los primeros dos días se revisaron por la tarde en sentido Norte-Sur; y en los dos días siguientes por la mañana en sentido contrario (Sur-Norte).

En cada punto se registraron las especies y el número de individuos de cada especie observada. Asimismo, se anotó si fueron vistas, escuchadas o vistas y escuchadas; así como el estrato de la vegetación en el que fue vista, y si pasó volando y posándose en el predio o solamente sobrevolando el sitio. También se llevaron a cabo recorridos al interior de la vegetación con la finalidad de registrar la presencia de nidos, y de aquellas especies que no pudieron ser registradas en el conteo por puntos.

Una vez en el punto de observación, se estableció una pausa de 5 minutos para que las aves se adaptaran a la perturbación provocada por nuestra presencia, antes de comenzar el conteo. El tiempo de observación por cada punto de conteo fue de 15 minutos.

Mamíferos

Los mamíferos son un grupo abundante pero por mucho escurridizos y de difícil localización, por lo que se aplicaron diferentes métodos para un estudio más preciso de su diversidad y abundancia en el predio.

El primer método que fue utilizado fue el muestreo a través de trampas de huellas, es una técnica relativamente sencilla de implementar y económica. Consiste en preparar el suelo o sustrato de tal manera que queden nítidamente registradas las huellas de los animales que por ahí pasen. La tierra se remueve, disgrega y tamiza, y se alisa la superficie lo mejor posible. De esta manera, a través de sus huellas, se puede identificar la especie y estimar la intensidad de uso del predio.

La trampa de huellas tipo utilizada en el estudio, consistieron en parcelas de 1 m² (1 x 1 m), y fueron distribuidas al azar, principalmente en las salidas de madrigueras.

Para el establecimiento de las parcelas se utilizaron las brechas establecidas para el estudio de las aves, con la finalidad de ahorrar esfuerzo y tiempo en el muestreo.

El segundo método aplicado fue el recorrido de rastros y avistamientos, ya que aportan muchísimo a la lista de riqueza de especies y permiten detectar especies que no cayeron en las trampas de huellas o cuya identificación a través de huellas es compleja. Los recorridos se realizaron aprovechando nuevamente las brechas establecidas para el estudio de las aves, y consistieron en caminatas de dos personas, tratando, en lo posible, de no hacer ruido ni generar mayores disturbios, para evitar que la fauna se aleje.

Los recorridos se realizaron a distintas horas del día (y cuando fue posible en algunas oportunidades de noche) y durante los mismos se registraron todos los mamíferos que se cruzaron por los senderos o que se avistaron a los costados de los mismos. A fin de estandarizar la metodología y poder realizar comparaciones (entre sitios) se definió un ancho de 4 m por un largo de 403 m (longitud de cada brecha), para llevar a cabo el recorrido.

Por otro lado se registran todos los rastros de mamíferos que se encontraron durante los recorridos, como huellas fuera de las trampas, heces, animales muertos, osadas, dormideros, marcas en los árboles o en el suelo, etc.

Anfibios y Reptiles

Los hábitos y la historia natural de la herpetofauna llevan a plantear una serie de inconvenientes a la hora de pretender estimar su riqueza y abundancia en un sitio particular. El reconocimiento de la herpetofauna podría demandar un inmenso trabajo de campo que depende fundamentalmente de la época del año en que el trabajo se ejecute. Por lo anterior, se optó por la metodológica denominada registro visual.

Esta metodología suele ser una de las más utilizadas y consiste en la búsqueda y registro de los anfibios y reptiles a lo largo de caminatas que cubran una determinada área o tipo de hábitat. A fin de estandarizar la metodología se debe estipular, el largo del recorrido, su ancho y disposición, así como el tiempo en el que se lo recorrerá. Deberá identificarse el horario de inicio de la actividad de los animales a fin de optimizar el estudio realizando los recorridos a partir de ese momento.

Por lo anterior, en la aplicación de dicho método se utilizó nuevamente la brecha establecida para el estudio de las aves y los mamíferos, con la intención de ahorrar tiempo y esfuerzo en el muestreo. En todos los casos se caminó a lo largo del recorrido registrando todos los individuos encontrados a 2 m hacia cada lado (4m totales) del sendero (longitud de las brechas = 403 m cada una).

» Resultados obtenidos

A continuación se presenta el listado de las especies de fauna asociadas al ecosistema en estudio, las cuales fueron registradas durante el muestreo.

| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|
| AVES | | | |
| 1. | Trochilidae | <i>Amazilia yucatanensis</i> | Colibrí yucateco |
| 2. | Columbidae | <i>Columbina talpacoti</i> | Tortolita |
| 3. | Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Sac pacal |
| 4. | Cracidae | <i>Ortalis vetula</i> | Chachalaca |
| 5. | Cardinalidae | <i>Saltator coerulescens</i> | Saltador ajicero |
| 6. | Corvidae | <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | Chara yucateca |
| 7. | Corvidae | <i>Cyanocorax morio</i> | Chara papán |
| 8. | Corvidae | <i>Cyanocorax yncas</i> | Chara verde |
| 9. | Icteridae | <i>Dives dives</i> | Tordo cantor |
| 10. | Icteridae | <i>Icterus auratus</i> | Bolsero yucateco |
| 11. | Icteridae | <i>Quiscalus mexicanus</i> | Zanate |
| 12. | Icteridae | <i>Icterus chrysater</i> | Bolsero dorso |
| 13. | Icteridae | <i>Icterus gularis</i> | Bolsero |
| 14. | Mimidae | <i>Mimus gilvus</i> | Cenzontle |
| 15. | Picidae | <i>Melanerpes aurifrons</i> | Carpintero |
| 16. | Troglodytidae | <i>Thryothorus maculipectus</i> | Chivirín moteado |
| 17. | Tyrannidae | <i>Myiozetetes similis</i> | Luis gregario |
| 18. | Tyrannidae | <i>Pitangus sulphuratus</i> | X'takay |
| 19. | Tyrannidae | <i>Tyrannus melancholicus</i> | Tirano tropical |
| 20. | Vireonidae | <i>Cyclarhis gujanensis</i> | Vireón cejirrufo |
| 21. | Sylviidae | <i>Polioptila caerulea</i> | Tacuarita azul |
| REPTILES | | | |
| 1. | Boidae | <i>Boa constrictor</i> | Boa |
| 2. | Iguanidae | <i>Ctenosaura similis</i> | Iguana rayada |
| 3. | Polychridae | <i>Norops sagrei</i> | Lagartija común |
| 4. | Polychridae | <i>Anolis cristatellus</i> | Anolis café |
| 5. | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus chrysostictus</i> | Lagartija espinosa |
| MAMÍFEROS | | | |
| 1. | Procyonidae | <i>Nasua narica</i> | Coatí |

| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|-----------------|--------------|-----------------------------|-----------------|
| AVES | | | |
| 2. | Didelphidae | <i>Didelphis virginiana</i> | Tlacuache |
| 3. | Heteromyidae | <i>Heteromys gaumeri</i> | Ratón semillero |
| 4. | Sciuridae | <i>Sciurus yucatanensis</i> | Ardilla gris |
| ANFIBIOS | | | |
| 1. | Bufoidae | <i>Bufo marinus</i> | Sapo |

Asimismo, se revisaron los estudios de 2 proyectos distintos ubicados en la misma microcuenca y con la misma vegetación, encontrándose que además de algunas de las especies arriba listadas, se tienen reportes para las siguientes:

| OTRAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA MICROCUENCA | | | |
|---|--------------|--------------------------------|----------------|
| GRUPO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
| Mamíferos | Procyonidae | <i>Procyon lotor</i> | Mapache |
| Aves | Corvidae | <i>Tachycineta bicolor</i> | Golondrina |
| Aves | Icteridae | <i>Icterus prothemelas</i> | Bolsero |
| Aves | Parulidae | <i>Setophaga ruticilla</i> | Chipe |
| Aves | Picidae | <i>Piculus rubiginosus</i> | Carpintero |
| Aves | Turdidae | <i>Turdus grayi</i> | Mirlo |
| Aves | Cardinalidae | <i>Passerina cyanea</i> | Azulejo |
| Aves | Cuculidae | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero |
| Aves | Trochilidae | <i>Amazilia rutilia</i> | Colibrí canela |
| Anfibios | Bufoidae | <i>Bufo valliceps</i> | Sapo común |
| Reptiles | Viperidae | <i>Bothrops asper</i> | Nauyaca |

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores se cuenta con un registro de 42 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos dentro de la microcuenca, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 29 especies distribuidas en 17 familias. Seguido en orden de importancia está el grupo de los reptiles representados por 6 especies distribuidas en 5 familias; los mamíferos con 5 especies en 4 familias; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies de la misma familia.

Por lo que toca a las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo, encontramos las siguientes como reportadas dentro de la microcuenca de estudio.

| ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 | | | | |
|---|-----------|---------------------------|---------------|-----------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN | ESTATUS |
| 1 | Boidae | <i>Boa constrictor</i> | Boa | Amenazada |
| 2 | Iguanidae | <i>Ctenosaura similis</i> | Iguana rayada | Amenazada |

» **Análisis de abundancia**

Tanto para la flora como la fauna, la abundancia absoluta se calculó como el número total de individuos por unidad de superficie (hectárea) pertenecientes a una determinada especie. La memoria de cálculo de la abundancia absoluta (Aa) para cada grupo faunístico se presenta en las siguientes tablas:

| ESPECIE | # DE IND SUP. DE MUESTREO= 6,283 m ² | Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²) | ABUNDANCIA RELATIVA |
|---|---|---|------------------------|
| AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
| <i>Amazilia yucatanensis</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Columbina talpacoti</i> | 5 | 8 | 0.087 |
| <i>Zenaida asiatica</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Ortalis vetula</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Saltator coerulescens</i> | 3 | 5 | 0.052 |
| <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Cyanocorax morio</i> | 4 | 6 | 0.070 |
| <i>Cyanocorax yncas</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Dives dives</i> | 3 | 5 | 0.052 |
| <i>Icterus auratus</i> | 5 | 8 | 0.087 |
| <i>Quiscalus mexicanus</i> | 3 | 5 | 0.052 |
| <i>Icterus chrysater</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Icterus gularis</i> | 4 | 6 | 0.070 |
| <i>Mimus gilvus</i> | 1 | 2 | 0.017 |
| <i>Melanerpes aurifrons</i> | 3 | 5 | 0.052 |
| <i>Thryothorus maculipectus</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Myiozetetes similis</i> | 4 | 6 | 0.070 |
| <i>Pitangus sulphuratus</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> | 2 | 3 | 0.035 |
| <i>Cyclarhis gujanensis</i> | 1 | 2 | 0.017 |
| <i>Polioptila caerulea</i> | 3 | 5 | 0.052 |
| TOTAL | 57 | 91 | 1 |
| HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
| <i>Boa constrictor</i> | 1 | 6 | 0.017 |
| <i>Ctenosaura similis</i> | 8 | 50 | 0.133 |
| <i>Norops sagrei</i> | 16 | 99 | 0.267 |
| <i>Anolis cristatellus</i> | 12 | 74 | 0.200 |
| <i>Sceloporus chrysostictus</i> | 20 | 124 | 0.334 |
| <i>Bufo marinus</i> | 3 | 19 | 0.050 |
| TOTAL | 60 | 372 | 1 |
| MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
| <i>Nasua narica</i> | 8 | 50 | 0.365 |

| ESPECIE | # DE IND SUP. DE MUESTREO= 6,283 m ² | Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²) | ABUNDANCIA RELATIVA |
|--|---|---|------------------------|
| AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
| <i>Didelphis virginiana</i> | 3 | 19 | 0.137 |
| <i>Heteromys gaumeri</i> | 5 | 31 | 0.228 |
| <i>Sciurus yucatanensis</i> | 6 | 37 | 0.274 |
| TOTAL | 22 | 136 | 1 |

IV.5.3. Cálculo de la biodiversidad de flora y fauna

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en la microcuenca, a partir del polígono de estudio seleccionado, y conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada estrato de la vegetación, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), cuya ecuación se cita como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\sum_{i=1}^S$ = número total de individuos.

Pi = abundancia relativa de la especie i.

ln Pi = logaritmo natural (base 2 según la fórmula original) de la abundancia relativa de la especie i.

El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

» Flora

A continuación se presentan los cálculos de biodiversidad de las especies de flora presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949).

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO | | | |
|--|------------------------|---------------------|-----------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Acacia glomerosa</i> | 0.009 | -6.754 | -0.063 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 0.008 | -7.017 | -0.054 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO | | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Bauhinia jennindsii</i> | 0.005 | -7.754 | -0.036 |
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 0.011 | -6.532 | -0.071 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 0.105 | -3.252 | -0.341 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 0.003 | -8.339 | -0.026 |
| <i>Canela winterana</i> | 0.003 | -8.538 | -0.023 |
| <i>Casimiroa tetrameria</i> | 0.020 | -5.639 | -0.113 |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | 0.003 | -8.339 | -0.026 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 0.009 | -6.754 | -0.063 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 0.019 | -5.754 | -0.107 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 0.026 | -5.252 | -0.138 |
| <i>Dendropanax arboreus</i> | 0.005 | -7.538 | -0.041 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 0.003 | -8.538 | -0.023 |
| <i>Dipholis salicifolia</i> | 0.032 | -4.947 | -0.160 |
| <i>Diphysa carthagenensis</i> | 0.006 | -7.339 | -0.045 |
| <i>Eesenbeckia pentaphylla</i> | 0.020 | -5.639 | -0.113 |
| <i>Eugenia trikii</i> | 0.011 | -6.532 | -0.071 |
| <i>Ficus cotinifolia</i> | 0.057 | -4.130 | -0.236 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 0.065 | -3.947 | -0.256 |
| <i>Ficus tecolutensis</i> | 0.048 | -4.385 | -0.210 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 0.009 | -6.754 | -0.063 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 0.002 | -9.339 | -0.014 |
| <i>Guettarda elliptica</i> | 0.029 | -5.091 | -0.149 |
| <i>Gymnanthes licida</i> | 0.006 | -7.339 | -0.045 |
| <i>Jatropha gaumeri</i> | 0.023 | -5.432 | -0.126 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 0.008 | -6.953 | -0.056 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 0.003 | -8.538 | -0.023 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 0.005 | -7.754 | -0.036 |
| <i>Malpighia glabra</i> | 0.003 | -8.538 | -0.023 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 0.063 | -3.982 | -0.252 |
| <i>Matayba oppositifolia</i> | 0.003 | -8.339 | -0.026 |
| <i>Metopium brownei</i> | 0.096 | -3.385 | -0.324 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 0.006 | -7.339 | -0.045 |
| <i>Neea psychotrioides</i> | 0.011 | -6.532 | -0.071 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 0.048 | -4.385 | -0.210 |
| <i>Pouteria campechiana</i> | 0.006 | -7.339 | -0.045 |
| <i>Pouteria unilocularis</i> | 0.012 | -6.339 | -0.078 |
| <i>Protium copal</i> | 0.005 | -7.754 | -0.036 |
| <i>Randia longiloba</i> | 0.009 | -6.754 | -0.063 |
| <i>Sabal yapa</i> | 0.019 | -5.754 | -0.107 |
| <i>Sideroxylon foetidissimum</i> | 0.005 | -7.754 | -0.036 |
| <i>Simarouba glauca</i> | 0.011 | -6.532 | -0.071 |
| <i>Swartzia cubensis</i> | 0.023 | -5.432 | -0.126 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO | | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Sweetia panamensis</i> | 0.006 | -7.339 | -0.045 |
| <i>Talisia olivaeformis</i> | 0.003 | -8.339 | -0.026 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 0.009 | -6.754 | -0.063 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 0.011 | -6.532 | -0.071 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 0.091 | -3.456 | -0.315 |
| <i>Zuelania guidonia</i> | 0.008 | -7.017 | -0.054 |
| $H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ | | | 4.811 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO ARBUSTIVO | | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 0.004 | -7.842 | -0.034 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 0.007 | -7.257 | -0.047 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 0.004 | -7.842 | -0.034 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 0.028 | -5.142 | -0.146 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 0.068 | -3.888 | -0.263 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 0.011 | -6.520 | -0.071 |
| <i>Ficus carica</i> | 0.074 | -3.755 | -0.278 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 0.061 | -4.035 | -0.246 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 0.031 | -5.035 | -0.154 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 0.004 | -7.842 | -0.034 |
| <i>Gymnanthes licida</i> | 0.085 | -3.557 | -0.302 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 0.017 | -5.842 | -0.102 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 0.063 | -3.984 | -0.252 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 0.074 | -3.755 | -0.278 |
| <i>Metopium brownei</i> | 0.089 | -3.485 | -0.311 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 0.015 | -6.035 | -0.092 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 0.026 | -5.257 | -0.137 |
| <i>Pouteria unilocularis</i> | 0.035 | -4.842 | -0.169 |
| <i>Swartzia cubensis</i> | 0.085 | -3.557 | -0.302 |
| <i>Simarouba glauca</i> | 0.026 | -5.257 | -0.137 |
| <i>Talisia olivaeformis</i> | 0.009 | -6.842 | -0.060 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 0.017 | -5.842 | -0.102 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 0.098 | -3.350 | -0.328 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 0.068 | -3.888 | -0.263 |
| $H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ | | | 4.143 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO | | | |
|--|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Bursera simaruba</i> | 0.082 | -3.606 | -0.296 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DEL ESTRATO HERBÁCEO | | | |
|--|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | 0.164 | -2.606 | -0.428 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 0.121 | -3.042 | -0.369 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 0.014 | -6.129 | -0.088 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 0.021 | -5.544 | -0.119 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 0.082 | -3.606 | -0.296 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 0.007 | -7.129 | -0.051 |
| <i>Hippocratea celastroides</i> | 0.011 | -6.544 | -0.070 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 0.068 | -3.881 | -0.263 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 0.050 | -4.322 | -0.216 |
| <i>Metopium brownei</i> | 0.100 | -3.322 | -0.332 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 0.021 | -5.544 | -0.119 |
| <i>Sabal yapa</i> | 0.011 | -6.544 | -0.070 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 0.182 | -2.457 | -0.447 |
| <i>Trema micrantha</i> | 0.007 | -7.129 | -0.051 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 0.057 | -4.129 | -0.236 |
| $H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ | | | 3.452 |

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, considerando el polígono estudiado, ostenta una elevada biodiversidad en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación se acerca e incluso superior a 4. Estrato arboreo (**H= 4.81**), arbustivo (**H= 4.14**), herbáceo (**H= 3.45**); tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

» Fauna

A continuación se presentan los cálculos de biodiversidad de las especies de fauna presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949).

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES | | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Amazilia yucatanensis</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Columbina talpacoti</i> | 0.087 | -3.515 | -0.307 |
| <i>Zenaida asiatica</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Ortalis vetula</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Saltator coerulescens</i> | 0.052 | -4.252 | -0.223 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES | | | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Cyanocorax morio</i> | 0.070 | -3.837 | -0.268 |
| <i>Cyanocorax yncas</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Dives dives</i> | 0.052 | -4.252 | -0.223 |
| <i>Icterus auratus</i> | 0.087 | -3.515 | -0.307 |
| <i>Quiscalus mexicanus</i> | 0.052 | -4.252 | -0.223 |
| <i>Icterus chrysater</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Icterus gularis</i> | 0.070 | -3.837 | -0.268 |
| <i>Mimus gilvus</i> | 0.017 | -5.837 | -0.102 |
| <i>Melanerpes aurifrons</i> | 0.052 | -4.252 | -0.223 |
| <i>Thryothorus maculipectus</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Myiozetetes similis</i> | 0.070 | -3.837 | -0.268 |
| <i>Pitangus sulphuratus</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> | 0.035 | -4.837 | -0.169 |
| <i>Cyclarhis gujanensis</i> | 0.017 | -5.837 | -0.102 |
| <i>Poliophtila caerulea</i> | 0.052 | -4.252 | -0.223 |
| $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | | | 4.263 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE HERPETOFAUNA | | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Boa constrictor</i> | 0.016676005 | -5.906 | -0.098 |
| <i>Ctenosaura similis</i> | 0.133408042 | -2.906 | -0.388 |
| <i>Norops sagrei</i> | 0.266816084 | -1.906 | -0.509 |
| <i>Anolis cristatellus</i> | 0.200112063 | -2.321 | -0.464 |
| <i>Sceloporus chrysostictus</i> | 0.333520105 | -1.584 | -0.528 |
| <i>Bufo marinus</i> | 0.050028016 | -4.321 | -0.216 |
| $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | | | 2.204 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Nasua narica</i> | 0.364910232 | -1.454 | -0.531 |
| <i>Didelphis virginiana</i> | 0.136841337 | -2.869 | -0.393 |
| <i>Heteromys gaumeri</i> | 0.228068895 | -2.132 | -0.486 |
| <i>Sciurus yucatanensis</i> | 0.27368267 | -1.869 | -0.512 |
| $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | | | 1.921 |

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la microcuenca, considerando el polígono estudiado, ostenta biodiversidad considerable en cuanto

a especies de **aves** se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de **$H= 4.26$** ; y tomando en cuenta que de acuerdo con dicho índice, el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Caso contrario a lo que ocurre con la herpetofauna (**$H= 2.20$**) y mamíferos (**$H= 1.92$**), en donde el índice no supero los 2.3 puntos, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es de moderada a baja.

IV.5.4. Índice de valor de importancia

El IVI es uno de los índices más utilizados en el análisis de ecosistemas forestales tropicales (Lamprecht, 1990; Plonczak, 1993; Kammesheidt, 1994; Dezzeo et al., 2000). Una especie tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque y/o selva cuando se encuentra representada en todos los sub-estratos, por el contrario, será dudosa su presencia en la etapa climática si se encuentran solamente en el sub-estrato superior o superior y/o medio, a excepción de aquellas que por sus características propias no pasan del piso inferior. El análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente. Este aspecto puede ser determinado por los índices de densidad, dominancia y frecuencia. Para una determinación más objetiva se necesitan mediciones y definir índices que expresen la cantidad de árboles, su tamaño y su distribución espacial (Acosta et al., 2006). Además de lo anterior este índice indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a los demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985). Las especies que obtienen más altos valores son las especies más importantes en el ecosistema (área de estudio) es decir, que tienen más abundancia, dominancia (cobertura, área basal, biomasa, etc.) y frecuencia.

El índice de valor de importancia relativa nos permite identificar el porcentaje de contribución de las especies registradas en los tres estratos muestreados a un corte del 70%, considerando entonces aquellas especies menores al 240% como las especies que contribuyen a la dominancia y estructura de cada estrato identificado dentro del predio del proyecto. Para la determinación del porcentaje de contribución de las especies por sitio de muestreo se llevó a cabo la estimación del Índice de Valor de importancia (IVI), con la ayuda de las hojas de cálculo de Excel de la paquetería de Microsoft office para Windows. El índice de valor de importancia desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) aplicado por Acosta et al., 2006; Torres et al., 2010; Zarco-Espinosa et al., 2010, etc., es un parámetro que mide el valor de

las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o diámetro en caso de los árboles, arbustos y herbáceos), densidad y frecuencia. Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de dichos valores de cada parámetro debe ser igual a 100 de forma individual, no obstante el valor de las especies varía en un rango de 0 a 300 (Brower y Zar, 1977) dado que involucra los tres elementos señalados. (Mostacedo 2000), este Índice se calcula de la siguiente manera:

$$\text{IVI} = \text{A \%} + \text{Dom \%} + \text{Frec \%}$$

Donde:

A% = abundancia relativa

Dom% = dominancia relativa

Frec% = frecuencia relativa

La densidad relativa se refiere al porcentaje de la suma de todas las “ocurrencias” de una especie en particular, respecto a la sumatoria de las ocurrencias de todas las especies de la misma comunidad o parcela. Se la calcula de la siguiente manera:

$$\text{DeR} = (\text{Ei} / \Sigma\text{E}) \times 100$$

Donde:

DeR = Densidad Relativa

Ei = Numero de ocurrencias de la especie i

ΣE = Número total de individuos

La dominancia relativa se expresa como valor relativo de la sumatoria de las áreas basales de la siguiente manera:

$$\text{DR} = (\text{ABi} / \Sigma\text{AB}) \times 100$$

Donde:

DR = Dominancia relativa de la especie i

ΣABi = Sumatoria de las áreas basales de la especie i

ΣAB = Sumatoria de las áreas basales de todas las especies en la muestra

El área basal se calcula elevando al cuadrado el DAP de cada individuo o cada fuste, según el caso, y multiplicando el resultado por la constante 0.007854. El área basal se expresa en m² ha⁻¹.

La frecuencia relativa de las especies mide su dispersión dentro la comunidad vegetal.

$$FR = (F_i / \Sigma F) \times 100$$

Donde:

FR = Frecuencia relativa de la especie i

F_i = Número de cuadrantes donde la especie i ocurre

ΣF = Sumatoria total de ocurrencias de todas las especies en todos los sitios.

La principal ventaja del IVI, es que es cuantitativo y preciso; no se presta a interpretaciones subjetivas. Además, suministra una gran cantidad de información en un tiempo relativamente corto. Soporta análisis estadísticos y es exigente en el conocimiento de la flora. El método no sólo proporciona un índice de importancia de cada especie, también aporta elementos cuantitativos fundamentales en el análisis ecológico, como la densidad y la biomasa (por especie y por parcela o sitios), este último, es un carácter básico para interpretar la productividad de un sitio, lo cual depende en gran medida del bio-clima y de los recursos edáficos. En el IVI, la dominancia se evalúa por la cobertura o el área basal (Lozada-Dávila, 2010). Se debe mencionar que en la estimación del estrato herbáceo dentro de la fórmula que antecede solo se toman en cuenta dos variables como son: número de individuos y/o cobertura según sea la forma de obtención de tales variables y la frecuencia.

Los resultados obtenidos del índice del valor de importancia relativa se presentan en las tablas que se presentan a continuación para la superficie del CUS:

Se puede observar que en el estrato arbóreo 19 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una nula dominancia, mostrándose entonces para el presente estrato una distribución homogénea de las especies, observándose así una estructura bien conformada de la vegetación existente en el predio, así mismo las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Manilkara sapota* con un 42%, seguida de *Bursera simaruba* con un 20% y así sucesivamente.

Tabla. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo.

| ESPECIES | IVI | IVI % Acumulado |
|--------------------------------|---------|-----------------|
| <i>Manilkara zapota</i> | 42.3660 | 42.3660 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 20.8674 | 63.2334 |
| <i>Metopium brownei</i> | 19.7810 | 83.0144 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 19.6575 | 102.6720 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 14.9203 | 117.5923 |
| <i>Ficus cotinifolia</i> | 13.4800 | 131.0723 |
| <i>Jatropha gaumeri</i> | 12.8656 | 143.9380 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 12.7490 | 156.6869 |
| <i>Ficus tecolutensis</i> | 12.0270 | 168.7139 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 9.6498 | 178.3637 |
| <i>Guettarda elliptica</i> | 8.8504 | 187.2141 |
| <i>Dipholis salicifolia</i> | 8.8270 | 196.0410 |
| <i>Sabal yapa</i> | 7.3304 | 203.3714 |
| <i>Swartzia cubensis</i> | 7.2843 | 210.6557 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 6.6654 | 217.3212 |
| <i>Casimiroa tetrameria</i> | 6.4712 | 223.7923 |
| <i>Eesenbeckia pentaphylla</i> | 5.8231 | 229.6154 |
| <i>Simarouba glauca</i> | 4.0414 | 233.6568 |
| <i>Pouteria unilocularis</i> | 3.6978 | 237.3546 |
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 3.4626 | 240.8172 |
| <i>Eugenia tripii</i> | 3.4626 | 244.2797 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 3.2892 | 247.5690 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 3.2598 | 250.8287 |
| <i>Randia longiloba</i> | 3.1868 | 254.0155 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 3.0166 | 257.0321 |
| <i>Neea psychotrioides</i> | 2.9317 | 259.9638 |
| <i>Acacia glomerosa</i> | 2.9193 | 262.8831 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 2.8147 | 265.6978 |
| <i>Sweetia panamensis</i> | 2.4650 | 268.1628 |
| <i>Pouteria campechiana</i> | 2.4218 | 270.5846 |
| <i>Zuelania guidonia</i> | 2.3922 | 272.9768 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 2.2903 | 275.2671 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 2.2903 | 277.5573 |
| <i>Diphysa carthagenensis</i> | 2.0921 | 279.6494 |
| <i>Gymnanthes licida</i> | 2.0759 | 281.7253 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 1.9292 | 283.6545 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 1.8165 | 285.4710 |

| ESPECIES | IVI | IVI % Acumulado |
|----------------------------------|--------|-----------------|
| <i>Protium copal</i> | 1.6056 | 287.0766 |
| <i>Dendropanax arboreus</i> | 1.5778 | 288.6544 |
| <i>Bauhinia jennindsii</i> | 1.3867 | 290.0410 |
| <i>Sideroxylon foetidissimum</i> | 1.3745 | 291.4156 |
| <i>Canela winterana</i> | 1.1352 | 292.5508 |
| <i>Malpighia glabra</i> | 1.0704 | 293.6212 |
| <i>Matayba oppositoliai</i> | 1.0542 | 294.6753 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 1.0379 | 295.7133 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 1.0319 | 296.7451 |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i> | 0.9245 | 297.6696 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 0.9245 | 298.5940 |
| <i>Talisia olivaeformis</i> | 0.9082 | 299.5023 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 0.4947 | 299.9969 |

En lo que respecta al estrato arbustivo se observa que 14 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una nula dominancia, mostrándose entonces, para el presente estrato una distribución homogénea de las especies, observándose así una estructura bien conformada del vegetación existente en el predio para el presente estrato, así mismo, las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Ficus continifolia* con un 20%, seguida de *Lysiloma latisiliquum* con un 20% y así sucesivamente.

Tabla 2. Índice de valor de importancia para el estrato arbustivo.

| ESPECIES | IVI | IVI % acumulado |
|------------------------------|---------|-----------------|
| <i>Ficus continifolia</i> | 20.4552 | 20.4552 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 20.3034 | 40.7587 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 19.7268 | 60.4854 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 18.4240 | 78.9095 |
| <i>Metopium brownei</i> | 18.3293 | 97.2388 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 17.7572 | 114.9960 |
| <i>Gymnanthes licida</i> | 17.4821 | 132.4781 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 16.3642 | 148.8422 |
| <i>Swartzia cubensis</i> | 16.3465 | 165.1887 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 16.1661 | 181.3548 |
| <i>Pouteria unilocularis</i> | 14.7731 | 196.1280 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 11.5976 | 207.7256 |

| ESPECIES | IVI | IVI % acumulado |
|-------------------------------|---------|-----------------|
| <i>Simarouba glauca</i> | 11.5161 | 219.2417 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 11.4259 | 230.6676 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 10.7921 | 241.4597 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 10.5830 | 252.0427 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 8.1601 | 260.2028 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 7.8432 | 268.0460 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 6.8838 | 274.9298 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 5.9507 | 280.8805 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 5.3344 | 286.2149 |
| <i>Talisia olivaeformis</i> | 5.0176 | 291.2324 |
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 5.0088 | 296.2412 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 3.7588 | 300.0000 |

En lo correspondiente al estrato herbáceo 8 especies contribuyeron en la estructura y composición del presente estrato observándose una nula dominancia, mostrándose entonces, para el presente estrato una distribución homogénea de las especies ya que estas corresponden a la mitad de las especies registradas, detectándose una vegetación bien conformada para este estrato en el predio, así mismo, las especies que más contribuyeron a la composición estructural fue *Ficus obtusifolia* con un 16%, seguida de con un *Chrysopyllum mexicanum* 16 % y así sucesivamente.

Tabla 3. Índice de valor de importancia para el estrato herbáceo.

| ESPECIES | IVI | IVI % acumulado |
|-------------------------------|---------|-----------------|
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 16.9511 | 16.9511 |
| <i>Chrysopyllum mexicanum</i> | 16.8908 | 33.8420 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 16.7060 | 50.5480 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 16.0892 | 66.6372 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 15.5366 | 82.1738 |
| <i>Metopium brownei</i> | 15.4724 | 97.6462 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 15.2273 | 112.8735 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 15.0424 | 127.9159 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 14.6426 | 142.5584 |
| <i>Piscidia piscipula</i> | 9.9854 | 152.5439 |
| <i>Sabal yapa</i> | 9.2441 | 161.7880 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 8.4143 | 170.2023 |

| ESPECIES | IVI | IVI % acumulado |
|----------------------------|--------|-----------------|
| <i>Guettarda elliptica</i> | 8.3199 | 178.5222 |
| <i>Cordia dodecandra</i> | 8.1973 | 186.7195 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 6.7789 | 193.4984 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 6.5016 | 200.0000 |

Como se puede observar la estructura de la vegetación en la cuenca presenta una distribución homogénea de las especies con nula dominancia o apenas perceptible, en cada uno de los tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo) registrados, esto se debe al número de individuos registrados por especie, de igual forma lo anterior se sustenta con los índices de diversidad obtenidos para la cuenca señalados en el DTU-A.

IV.5.5. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del sistema ambiental delimitado

El predio en cuestión se encuentra inmerso en la Supermanzana 314, Manzana 01, Lotes 1-07, 1-08 y 1-16 en la ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo y posee una superficie total de 349,902.12 m² equivalentes a 34.99 hectáreas, esta zona se encuentra regulada por lo establecido en la Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (P.O. 27 de Febrero de 2014), ubicándolo en la Unidad de Gestión Ambiental UGA-21 denominada “Zona Urbana de Cancún” con una Política Ambiental de Aprovechamiento Sustentable. El predio se encuentra rodeado de áreas habitacionales, y se considera para crecimiento de la mancha urbana actual, por lo que si bien aun no se cuenta con algunos servicios en el predio, está previsto el suministro de todos los servicios básicos y de equipamiento que normalmente provee el Municipio de Benito Juárez cuando se crean nuevos fraccionamientos; ejemplo de ello es la disponibilidad de éstos dentro de estos asentamientos habitacionales colindantes al predio de interés.

El uso actual del suelo se puede dividir en dos aspectos, el uso asignado por el instrumento de gestión ambiental Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez y el uso asignado por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo (2014-2030).

La comunidad que integra la cobertura vegetal del predio, presenta una composición florística madura, en donde el arbolado adulto es predominante por lo que el dosel es relativamente cerrado, existiendo pocos espacios para la entrada de luz, que es necesaria para el adecuado desarrollo de las plántulas durante el proceso de regeneración natural de la vegetación. A nivel del suelo es evidente la materia orgánica en descomposición, originada por el proceso de regeneración vegetativa (ramas, hojas, etc.) de las distintas especies que se encuentran presentes; así mismo, se pueden observar bejucos y lianas creciendo en el follaje de la vegetación. Los individuos arbóreos generalmente presentan contrafuertes en la base de los troncos, siendo esta, una característica peculiar de las selvas en la Península de Yucatán, ya que les permite alcanzar grandes alturas en suelos poco profundos.

La composición y estructura de la vegetación que se desarrolla en el predio del proyecto, corroborando con esto la presencia de vegetación correspondiente a Selva mediana subperennifolia (SMQ) en la totalidad del predio. Cabe señalar que no se encontraron evidencias de incendios forestales en la superficie para el CUSTF; únicamente se notó la existencia de árboles muertos en pie o derribados, aunque muy escasos; y otros más caídos vivos, lo cual es señal de perturbaciones ocurridas por fuertes vientos, derivados principalmente por la incidencia de huracanes en la zona.

La vegetación del predio se encuentra compuesta por 48 especies distribuidas en 26 familias, de las cuales Fabaceae, Sapotaceae, Polygonaceae y Rubiaceae fueron las más abundantes, representadas por 9, 4, 4 y 4 especies respectivamente; en tanto que el resto de las familias sólo estuvieron representadas por 3 o menos especies.

Aunado a lo anterior, los patrones observados en los distintos estratos indican que las principales afectaciones en la vegetación de selva mediana subperennifolia presente en el pedio corresponden al deterioro causado por los daños de al eventos meteorológicos catastróficos: el más reciente el huracán Wilma en 2005 que generó un aporte extraordinario de material vegetal en el sotobosque por la caída de hojas, ramas y troncos. Estos eventos provocan drásticos cambios en la estructura de las selvas de la región. Por otra parte, se observa evidencia de afectaciones antropogénicas ya que en el predio se observan tiraderos de basura, así como algunos árboles talados, saqueo de plantas ornamentales así como el aprovechamiento de tierra vegetal y leña, sin que estas afectaciones humanas

hayan limitado el proceso de regeneración natural, actualmente esta superficie ya se encuentra parcialmente cubierta de vegetación herbácea.

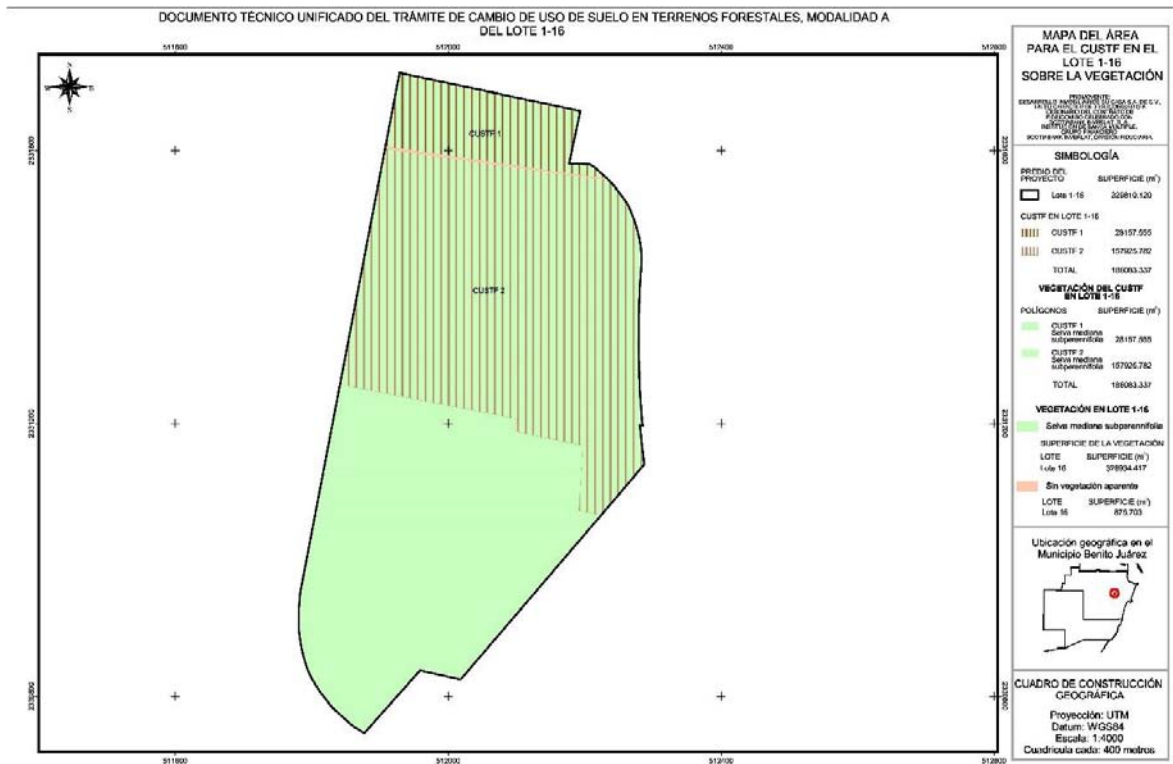
La calidad ambiental de la vegetación y del predio en general, se verá en constante disminuida ya que el predio se encuentra inmerso dentro de una zona urbana y su cercanía a una importante vía de comunicación como es la avenida kabah y por lo antes mencionado se puede dar la presencia de quemas, tiraderos clandestinos, defecación al aire libre y el suelo, extracción de flora y fauna entre otros.

Descripción y análisis del escenario con proyecto.

La superficie de aprovechamiento estará destinada al uso de suelo urbano, y en particular al uso habitacional de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo (2014-2030) aplicable. Sin embargo, es importante aclarar que el proyecto, sólo implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal, misma que debe ser evaluada por la Federación, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; por lo tanto, lo concerniente a la etapa constructiva del proyecto, o en su caso, al desarrollo del conjunto habitacional con la construcción de viviendas, será sometido a evaluación ante la autoridad competente, que en su caso, corresponde al Gobierno Estatal a través del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (INIRA).

El esquema de desarrollo planteado para el proyecto para el cambio de uso de suelo para la realización del Desarrollo Habitacional DTU-A Lote 16 consiste en un aprovechamiento sustentable, manteniendo la integridad funcional del sitio, conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Figura 2.- Áreas de conservación y jardinadas en el predio del proyecto



Como se mencionó líneas atrás, el proyecto que se propone se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el caso particular del proyecto, se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en una superficie de 186,083.337 m² (18.60 ha) equivalentes al 56.42 % de la superficie total del terreno y se pretende mantener como área verde con vegetación natural una superficie de 142,851.08 m² (14.28 ha), que representan el 43.31 % del total.

En virtud de los argumentos señalados en los párrafos anteriores, se puede asegurar que el “Cambio de uso de suelo para la realización del Desarrollo Habitacional DTU-A Lote 16” es totalmente sustentable, toda vez que pretende la construcción de obras compatibles con los usos permitidos en el sitio; propone la realización de programas compatibles con la preservación de los servicios ambientales de la región; además de que se prevé que por la realización de las obras, se presentará un uso adecuado de los recursos que actualmente corren el riesgo de ser aprovechados de manera irregular, así mismo, el proyecto es compatible con los Instrumentos normativos del municipio de Benito Juárez, ya que no contraviene ninguno de ellos en cuanto a superficie de desmonte y permeables permitidas.

Descripción y análisis del escenario tomando en cuenta las medidas de mitigación.

Para presentar un escenario del Sistema Ambiental del predio del proyecto que permita ilustrar el efecto de la implementación de las medidas de mitigación al desarrollar el proyecto, se recabaron las medidas que fueron planteadas en el capítulo X, así como los resultados obtenidos para la valoración de dichas medidas de mitigación, mismas que pueden verse minimizadas o incluso mitigadas en su totalidad. A continuación se presenta el escenario que se tendría dentro del sitio del proyecto con la aplicación de las medidas compensatorias.

No se comprometerá la Biodiversidad (Flora y Fauna)

- De acuerdo a los cálculos obtenidos de los índices de diversidad para flora y la fauna que se desarrolla en la microcuenca en un ecosistema de selva mediana subperennifolia, es más diversa que la flora que se desarrolla en la superficie de CUSTF, a nivel de todos los estratos y grupos faunísticos; por lo tanto, resulta más importante la flora y la fauna que subsiste en la cuenca, que aquella que será afectada en forma indirecta con el cambio de uso de suelo, y en consecuencia, se puede afirmar que el desarrollo del proyecto no compromete ni pone en riesgo la biodiversidad de flora y fauna en la cuenca.
- El programa de rescate de fauna, estará enfocado a la protección de la fauna silvestre, por lo que contemplará acciones que favorezcan el libre desplazamiento de las especies además del uso de técnicas de ahuyentamiento, así como técnicas de captura y traslado específicas para cada grupo de organismos según se requiera. Evitando con ello que el cambio de uso de suelo afecte en forma directa a la fauna asociada al predio. En todas las etapas del proyecto se prohibirá cualquier tipo de aprovechamiento o perturbación a la fauna silvestre y se deberá evitar el sacrificio accidental de aquellos organismos que queden expuestos durante las actividades que comprende el proyecto. Se rescatarán todos y cada uno de los ejemplares de fauna silvestre que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento y cuya integridad se encuentre en riesgo durante el cambio de uso de suelo, poniendo particular énfasis en las especies de lento desplazamiento. Posteriormente, las especies rescatadas serán reubicadas dentro de las áreas de conservación del

proyecto y/o en zonas aledañas con vegetación en buen estado de conservación

- El rescate y reubicación de flora en las áreas jardinadas. El mismo se realizará durante la delimitación de las áreas de aprovechamiento previo al inicio del desmonte. La medida consistirá en la extracción de especies vegetales susceptibles de ser rescatadas, seleccionadas por sus características y valores de importancia de acuerdo con distintos criterio como son: capacidad de ornato, alimento potencial para la fauna, talla y estado de madurez, etc.; aplicando diferentes técnicas y métodos de rescate. Se rescatarán los ejemplares de flora susceptibles de sobrevivir al trasplante y reubicación, y que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento, poniendo particular énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, garantizando así la sobrevivencia de las plantas en un 80 %, mediante acciones a implementar en dicho programa.
- Se rescatará la capa fértil del suelo, misma que será acopiada para su posterior uso en las actividades de jardinado. Se acondicionará un vivero temporal para el resguardo de las especies producto del rescate, mismas que serán reubicadas en las áreas jardinadas del proyecto.
- Se aplicarán medidas de conservación y mantenimiento de las áreas que se mantendrán con vegetación natural, cuyo objetivo principal será la protección de la flora y la fauna que se conservará in situ. Una de las premisas básicas de esta medida radica en la prohibición de la extracción o aprovechamiento de ejemplares de flora o sus partes, esto se realizara mediante señalamientos informativos, preventivos y prohibitivos.

No se provocara la erosión del suelo

- Con base en la estimación de la erosión potencial del suelo calculada para el predio del proyecto, se obtuvo una erosión estimada de a 4.24 toneladas/ha/año, esto indica que la erosión actual es muy puntual y baja e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha año. Con base en este parámetro se puede justificar que en el predio no existe erosión potencial por llevarse a cabo el proyecto; el cual se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción total de vegetación forestal

correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 186,083.337 m² (18.60 ha.) equivalentes al 56.42% de la superficie total del terreno y se pretende mantener como área verde con vegetación natural una superficie de 142,851.08 m² (14.28 ha.), que representan el 43.31% del total, dicha área estará destinada a la creación de áreas verdes y jardinadas, contribuyendo de esta forma a la conservación y mantenimiento de las características bióticas y abióticas naturales que persisten en casi todo el predio del proyecto con variaciones apenas visibles.

- Únicamente se permitirá entrar al área del proyecto, a la maquinaria que se encuentre en buen estado, por lo que esto disminuirá los riesgos por fugas de aceite o combustibles hacia el suelo. De igual manera se llevará un seguimiento de la bitácora de mantenimiento de la maquinaria y equipo en talleres autorizados.
- Durante la etapa de preparación y construcción del sitio, se mantienen regadas las áreas de desplante que son desmontadas y posteriormente rellenadas con material pétreo para evitar el levantamiento de polvo.
- Se instalarán contenedores debidamente rotulados y letreros alusivos al acopio de basura para cada tipo de residuo sólido urbano que se genere (lastas, papel, vidrio, residuos orgánicos, etc.), los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura de acuerdo a su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables. Los contenedores servirán de reservorios temporales para la basura (residuos sólidos) que se genere durante las distintas etapas del proyecto, y dado el grado de hermeticidad que tendrán, impedirán que dichos residuos sean dispersados por el viento y otros factores del medio, evitando también que sean arrojados directamente al suelo o a las áreas de conservación, favoreciendo la NO proliferación de fauna nociva y evitando la contaminación del medio.
- Se llevará a cabo la reforestación de los márgenes o bordes de las áreas desmontadas, estableciendo plantaciones contiguas a lo largo del perímetro con la finalidad de estabilizar los taludes que se hayan formado durante el desmonte, el despalme, y la nivelación del terreno. Se utilizarán

principalmente especies herbáceas y arbustivas, ya que no requieren de grandes espacios para su crecimiento, contrario a lo que ocurre con las especies arbóreas que demandan una plantación más extensa y espaciada.

- El material vegetal proveniente del desmonte será trasladado a un centro de acopio dentro de un área del proyecto destinado a aprovecharlo, en donde posteriormente será triturado a manera de bagazo y aserrín. Para después ser utilizado para mejoramiento del suelo en las áreas ajardinadas.
- Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos. La implementación de ésta medida suprimirá el impacto provocado por la contaminación del medio, beneficiando elementos como la flora y fauna, el suelo y la salud humana. Se aplicará durante todas las fases del proyecto previo al inicio de cualquier actividad relacionada con el éste. La medida se basa en la aplicación de un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, y consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para alcanzar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante el cambio de uso de suelo.

Respecto a su eficacia, el programa actuará como una guía para el encargado de supervisar la ejecución del cambio de uso de suelo, ya que contiene las medidas para lograr la reducción, separación y minimización de los residuos sólidos y líquidos que se espera generar; así como las medidas que deberá adoptar ante la incidencia de algún derrame accidental de hidrocarburos, a fin de evitar que se convierta en una sustancia potencialmente contaminante. En tanto a su eficiencia, Las medidas y acciones propuestas en el programa de manejo de residuos son de bajo costo, por lo que se tendrá la capacidad (recursos económicos) para disponer de los elementos necesarios para una correcta separación, reciclado, manejo y minimización de los residuos, con el objeto de alcanzar el objetivo de esta medida, que es la de evitar la contaminación del medio.

No se provocara la contaminación del agua o la disminución de su captación

- Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (18,085.45 m³/m² anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (158'327,936 m³/m²), podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que sólo se estaría perdiendo el 0.01% de la captación total que ocurre en el sistema ambiental. Y si a esto le sumamos que el predio conservará el 13.95 % de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el SA, no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto; de igual forma, podemos concluir que la captación de agua en cantidad, es más importante a nivel del sistema ambiental, que aquella que ocurre a nivel del predio, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.
- Se instalarán sanitarios portátiles (tipo Sanirent) a razón de 1 por cada 10 trabajadores evitando con ello la micción y defecación al aire libre, así como la descarga directa de agua residuales al suelo. Con la medida se evitará también la contaminación del suelo y de las áreas de conservación del proyecto; así como la eliminación de los factores que dan origen a la proliferación de fauna nociva, inhibiendo o reduciendo repercusiones en la salud. Respecto a su eficacia, el uso de sanitarios móviles dentro de las obras es una práctica común en el desarrollo de cualquier proyecto y el uso adecuado de los mismos permite alcanzar la total efectividad de la medida propuesta; sin embargo, dependerá del grado de disciplina y conciencia ambiental del personal de la obra, misma que se reforzará mediante capacitación a través de pláticas de concientización y reglamentos de obra.
- En caso de derrames accidentales de materiales o residuos peligrosos, como son combustibles, aceite quemado, grasas, solventes etc. se deberá colocar charolas de contención, como son lonas de plástico impermeables, recolectar la tierra contaminada y disponerla en contenedores específicos para residuos peligrosos. La maquinaria deberá ser retirada del sitio del proyecto lo más pronto posible para su afinación.
- Se implementará pláticas de inducción ambiental para el personal en obra, en el que se establecerán acciones y medidas en pro de la conservación

de los ecosistemas, el buen manejo de los residuos sólidos y líquidos, tanto peligrosos como no peligrosos, el cuidado a la fauna, el uso de los sanitarios portátiles por parte de los trabajadores, etc.

- Manejo de Residuos sólidos, líquidos peligrosos y no peligrosos.- Los principales residuos sólidos y líquidos generados durante la etapa de preparación del sitio serán los residuos vegetales generados por el desmonte y despalme, los desechos de alimentos de los trabajadores y los residuos líquidos provenientes de los sanitarios portátiles que serán colocados dentro las áreas del proyecto.

En cuanto a los residuos peligrosos que se generarán por el desarrollo del proyecto serán principalmente los generados por las maquinarias, sin embargo, este impacto será mínimo, ya que el mantenimiento de la maquinaria se llevará a cabo fuera del predio en talleres autorizados. Para llevar a cabo el adecuado manejo de la basura en la etapa de operación del proyecto, se recomienda la colocación de depósitos en las áreas públicas del fraccionamiento, mismos que deben ser de materiales impermeables y duraderos, que propicien la separación de residuos entre la comunidad del nuevo fraccionamiento.

Se establecerá un sitio específico para que los trabajadores tomen sus alimentos, las aguas generadas en este comedor, serán almacenadas en contenedores de plástico tipo Rotoplás y deberán ser desalojadas de la obra a través de pipas, en la etapa de preparación y construcción del sitio. Para la etapa de operación las aguas jabonosas y residuales, serán canalizadas al drenaje público a cargo del municipio.

Medidas de prevención y mitigación para el no deterioro de la calidad del aire.

- Se laborará en horario de 7:00 a 18:00 horas., a fin de minimizar los ruidos generados por la revolvedora, vibrocompactadora, compresora, martilleo, taladros, etc. En cuanto a los vehículos automotores de carga sólo descargarán lo permitido por el reglamento de Tránsito Municipal, por lo tanto el ruido deberá ubicarse por debajo de los niveles permisibles.
- Estará prohibida la quema de basura y material orgánico resultante de la limpieza o deshierbe. Así como el uso de leña en la preparación de los

alimentos. Cumplimiento de la normatividad respecto a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

- El material pétreo que permanezca en las zonas de maniobra para su acondicionamiento será impregnado con agua y cubierto mientras se utiliza. El material de relleno deberá ser transportado húmedo y en camiones cubiertos con lona, evitando llenar excesivamente los mismos para evitar el desborde por malas condiciones en el camino o maniobras bruscas.
- La maquinaria y equipo deberá estar afinada y en óptimas condiciones para evitar emisiones contaminantes al aire fuera de los niveles permitidos por las normas correspondientes. La maquinaria deberá permanecer apagada durante los lapsos que no se ocupen. Se llevará a cabo el mantenimiento continuo en talleres autorizado del equipo y maquinaria que sea utilizado en la obra, dicha actividad se llevará a cabo únicamente fuera del área del proyecto.
- Las áreas desmontadas deberán ser regadas constantemente para evitar la dispersión de partículas de polvo. Durante la etapa de construcción, los caminos se deberán mantener húmedos para disminuir la suspensión de partículas.
- Se colocaran letreros que indiquen la velocidad máxima para circulación de los vehículos y camiones que ingresen a la zona de desarrollo del proyecto. La velocidad máxima permitida será de 20 km/h.

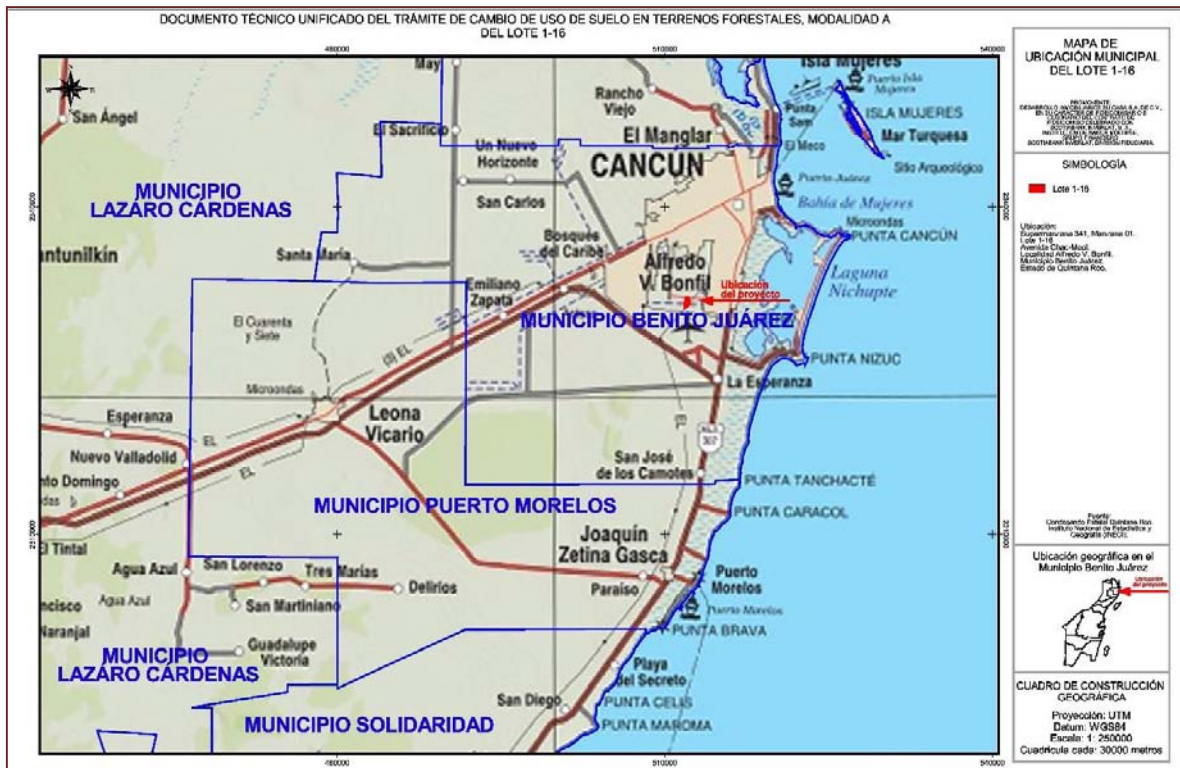
Derivado del análisis anterior, en donde se plantea el escenario del predio sin y con el proyecto así como tomando en cuenta las medidas compensatorias, se determinó que el proyecto no afectará significativamente las condiciones ambientales locales y del sistema ambiental (microcuenca). Lo anterior se determinó ya que el proyecto "DTU-A Lote 16" se encuentra inmerso en la zona urbana de la ciudad de Cancún, Benito Juárez y ha sido altamente impactada por los trabajos de urbanización que rodean al sitio así como por fenómenos naturales. En conjunto, y con base a la evaluación de los impactos realizada en los capítulos anteriores, se prevé que estos serán puntuales, de escasa cobertura y poco significativos debido a las condiciones de deterioro que presenta el sitio del proyecto.

V. ESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PREDIO QUE INCLUYA LOS FINES A QUE ESTÉ DESTINADO, CLIMA, TIPOS DE SUELO, PENDIENTE MEDIA, RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE VEGETACIÓN Y DE FAUNA

V.1. FINES A LOS QUE ESTÁ DESTINADO EL PREDIO

El terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo corresponde al lote 1-16 de la manzana 01 en la Sumerpanzana 314, en la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, (ver imagen siguiente). De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez aplicable al predio del predio, éste encuentra ubicado dentro de la Unidad de Gestión Ambiental 21 denominada “Zona urbana de Cancún”, la cual permite para el caso del predio de interés, los usos compatibles: los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.

Por otra parte, en materia de desarrollo urbano, conforme al Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (2014 – 2030), el predio del proyecto tiene asignado un uso de suelo habitacional con densidad de 60 viviendas por hectárea estableciendo varios usos de suelo para la distribución de éste en predio del proyecto; en particular, permitiendo una subdivisión entre viviendas comercio y de vialidades, entre otros; mismos usos que son acordes al desarrollo habitacional que se pretende a futuro y que en su momento será sometido a evaluación ante las autoridades competentes.



V.2. ELEMENTOS ABIÓTICOS

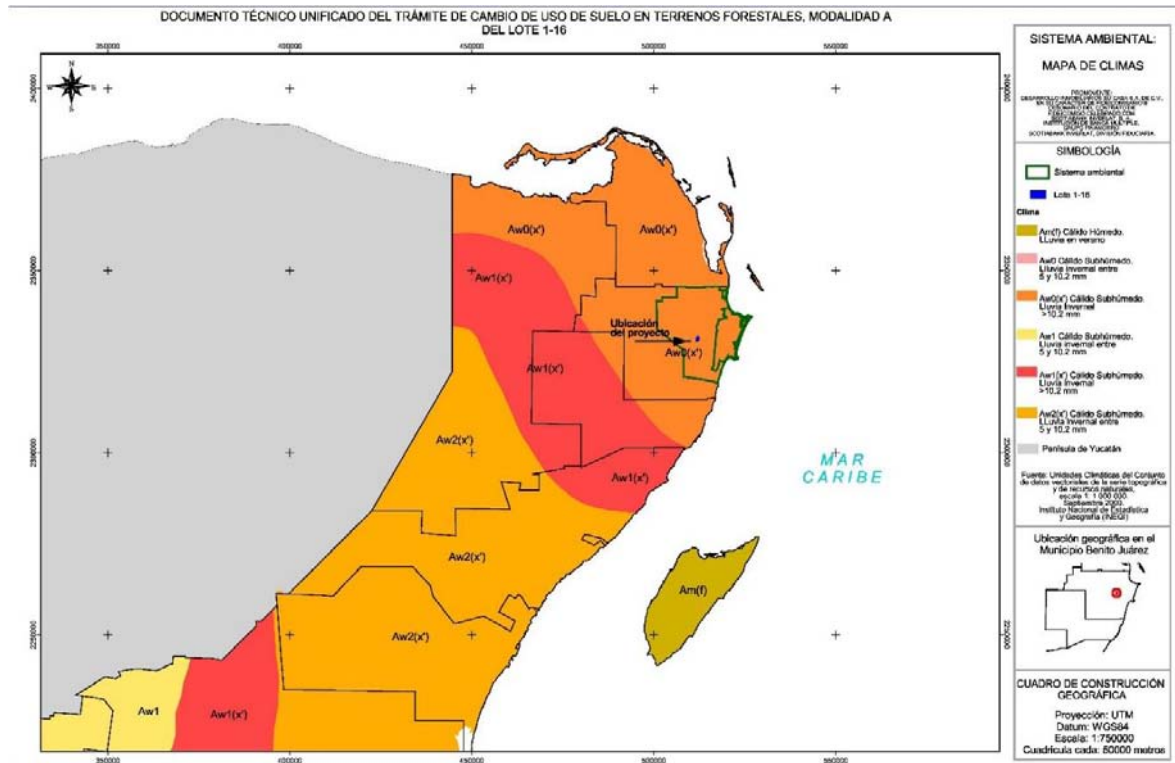
V.2.1. Clima

El Municipio Benito Juárez, donde se localiza el predio del proyecto, está localizado en el Trópico de Cáncer, por debajo de los 23° de Latitud Norte, en la zona térmica denominada Zona Tropical Norte. Debido al mayor calentamiento que ocurre en el Ecuador por la incidencia de los rayos solares, la superficie donde se localiza el Municipio tiene elevada temperatura y baja presión atmosférica.

En cuanto a la altitud, el Municipio se encuentra al nivel del mar, y recibe la influencia de corrientes marinas calientes, principalmente la Corriente del Golfo de México que propicia un clima cálido y lluvioso. Se sitúa dentro de la franja de circulación de los vientos alisios del Norte, los cuales atraviesan el mar y por ello están cargados de humedad.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el predio del proyecto se ubica en una zona que presenta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0(x'), que es el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en

verano y un porcentaje de lluvia invernal menor del 5 % del total anual, tal como se muestra en el plano que a continuación se expone



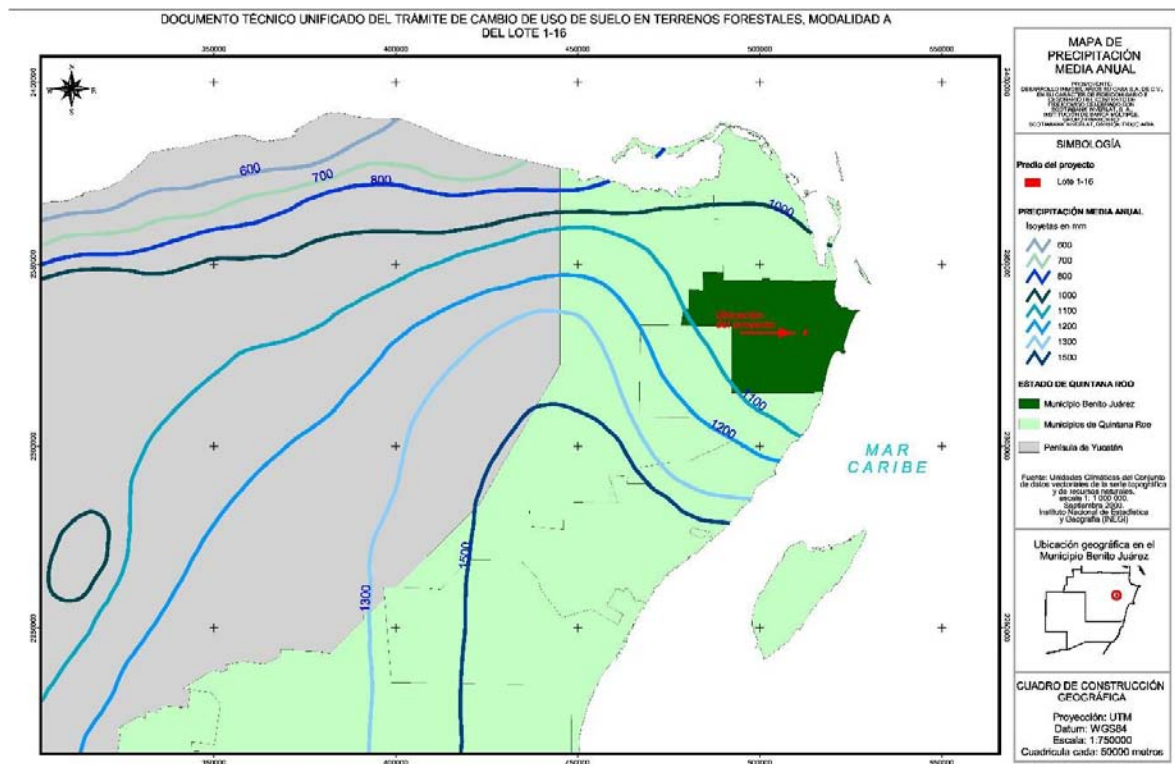
Ubicación del predio dentro de la carta unidades climáticas.

V.2.1.1. Temperaturas y precipitación

De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de Cancún a cargo de la Comisión Nacional del Agua, la temperatura promedio anual en la zona donde se ubica el predio, es de 27.2°C, siendo agosto el mes más caluroso con una temperatura promedio de 29.7°C, con una máxima de 34.9°C. Asimismo, enero es el mes más frío con una temperatura promedio anual de 24.0°C y mínima de 19.7°C.

El régimen de lluvias es afectado por los ciclones que se generan en los puntos de presión del Océano Atlántico y Mar Caribe; motivo por el cual, la zona en la que se ubica el predio, sufre la mayor incidencia ciclónica debido a su ubicación dentro de la trayectoria que sigue la mayoría de las tormentas tropicales y ciclones que se originan en el Atlántico.

Con base en los registros mensuales y anuales promedio obtenidos de la estación meteorológica de Cancún, se tiene que los meses de menor precipitación media anual alcanzan entre 45.7 y 40.6 mm. La precipitación media anual es de 1,309.2 mm y el período de secas se presenta de febrero a abril. La precipitación se puede incrementar por tormentas tropicales, nortes o huracanes. Los meses con mayor precipitación pluvial son junio, septiembre y octubre. De acuerdo con el plano siguiente, el predio del proyecto se encuentra ubicado en una zona bien definida en donde la precipitación promedio a lo largo del año fluctúa entre los 1,100 mm, de acuerdo con los datos aportados en la carta de precipitación media anual del INEGI (escala 1:250000).



Ubicación del predio dentro de la carta de precipitación media anual.

V.2.1.2. Vientos

En la zona donde se ubica el predio, los vientos alisios predominan durante todo el año, debido a la influencia de las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial, manifestando cambios en su dirección y velocidad en el transcurso del año. En los primeros meses del año (enero-mayo), los vientos tienen una dirección Este-Sureste

y mantienen velocidad promedio de 3.2 m/seg. Para el lapso de junio a septiembre, los vientos circulan en dirección Este, incrementando su velocidad promedio hasta 3.5 m/seg. Finalizando el año, en noviembre y diciembre, la dirección del viento cambia hacia el Norte y presenta velocidades de 2 m/seg., lo que coincide con el inicio de la temporada de “Nortes”.

V.2.1.3. Intemperismos severos

Estos fenómenos atmosféricos se generan anualmente, entre los meses de Junio a Noviembre (temporada de huracanes) y arrastran consigo grandes volúmenes de humedad, misma que se precipita por medio de ráfagas y fuertes precipitaciones. La formación de estas perturbaciones atmosféricas sucede en una de las dos matrices registradas en la región. La primera se localiza en el Mar Caribe, frente a las costas de Venezuela y Trinidad, cuyos fenómenos se desplazan hacia el noroeste sobre el Mar Caribe, atravesando América Central y las Antillas Menores, dirigiéndose finalmente hacia el norte hasta las costas de Florida, Estados Unidos de Norteamérica, afectando a su paso las costas del estado de Quintana Roo.

La segunda, comprende desde el frente de las Antillas Menores en el Caribe oriental hasta el océano Atlántico tropical, por el área de Cabo Verde frente a las costas del continente Africano. Los fenómenos originados aquí tienen un rumbo general hacia el oeste, cruzando entre las Islas de la Antillas de sotavento y barlovento, para encausarse hacia la Península de Yucatán, y luego continuar al Golfo de México, afectando los estados de Veracruz y Tamaulipas en México, así como Texas y Florida en los Estados Unidos de Norteamérica.

Estos fenómenos naturales pueden evolucionar hasta tres etapas (depresión tropical, tormenta tropical y huracán) de acuerdo a la velocidad del viento que logren alcanzar.

En la zona norte de Quintana Roo, lugar donde se encuentra el predio de interés, se tienen registros del paso de los ciclones que se expresan en el siguiente cuadro.

| Año | Mes | Nombre | Categoría | Vel prom.(km/h) |
|------|------------|---------|----------------------|-----------------|
| 1988 | Septiembre | Gilbert | Huracán intensidad 5 | 295 |
| 1988 | Noviembre | Keith | Tormenta Tropical | 115 |
| 1990 | Agosto | Diana | Huracán intensidad 2 | 165 |
| 1993 | Septiembre | Gert | Huracán intensidad 2 | 165 |

| Año | Mes | Nombre | Categoría | Vel prom.(km/h) |
|------|------------|-----------|----------------------|-----------------|
| 1995 | Septiembre | Opal | Huracán intensidad 4 | 240 |
| 1995 | Octubre | Roxanne | Huracán intensidad 3 | 185 |
| 1996 | Agosto | Dolly | Tormenta Tropical | 40 |
| 1999 | Julio | DT 2 | Depresión Tropical | 55 |
| 1996 | Agosto | Dolly | Huracán intensidad 1 | 130 |
| 2000 | Septiembre | Gordon | Depresión Tropical | 56 |
| 2002 | Septiembre | Isidore | Huracán intensidad 3 | 201 |
| 2003 | Julio | Claudette | Tormenta Tropical | 80 |
| 2005 | Julio | Cindy | Depresión Tropical | 48 |
| 2005 | Julio | Emily | Huracán intensidad 3 | 177 |
| 2005 | Octubre | Stan | Tormenta Tropical | 64 |
| 2005 | Octubre | Wilma | Huracán intensidad 4 | 201 |
| 2006 | Junio | Alberto | Depresión Tropical | 56 |
| 2007 | Julio | Dean | Huracán intensidad 5 | 265 |
| 2008 | Julio | Dolly | Tormenta Tropical | 50 |

En septiembre de 1988, el huracán Gilberto atravesó la zona sur de la ciudad afectando las condiciones naturales del ecosistema, el ojo del huracán alcanzó 15 km de diámetro y su zona de influencia fue de 1,250 km (mientras embestía a la Península de Yucatán también afectaba a la Isla de Cuba). En 1998, la zona fue afectada por un sin número de precipitaciones pluviales generadas por el huracán Mitch, el cual aunque no pasó por la región, tuvo un diámetro bastante considerable que prácticamente abarcó todo el Estado. El huracán Isidoro, durante el mes de octubre del año 2002, bordeó la ciudad de Cancún en su franja costera, causando numerosas precipitaciones e inundaciones en diferentes puntos de la ciudad. El 17 de julio del 2005, el huracán Emily dejó por la fuerza con la que llegó a tierra, numerosas afectaciones en la zona norte, ocasionando pérdida de la vegetación ó marchitamiento del follaje de la vegetación distribuida en la parte norte del estado y numerosas inundaciones debido a la precipitación recibida. El 21 de octubre de 2005, se presentó el huracán Wilma con categoría 4 en la escala SAFFIR-SIMPSON, ocasionando daños catastróficos en la zona Norte del estado, tales como destrucción de la vegetación, modificación de la línea de costa, inundaciones serias y pérdida de infraestructura urbana y turística, por lo que ahora es considerado el huracán más catastrófico registrado para la zona; afectó gran parte del territorio del estado de Quintana Roo y Yucatán, con mayor intensidad al Municipio de Benito Juárez (entre Cancún y Puerto Morelos), así como Cozumel. Desde el 2005 a la fecha, no se han presentado eventos de consideración. Dentro

del área de estudio, las principales afectaciones se reflejan en árboles dañados reduciendo con ello la calidad ecosistémica

V.2.1.4. Intemperismos no severos

En la zona de interés, con periodicidad anual se registran, durante los meses de noviembre a febrero, frentes fríos de tipo anticiclónico que descienden desde Norteamérica, conocidos comúnmente como Nortes.

Al considerar la magnitud de sus características, en lo que respecta a cambios en la temperatura ambiente, aportes a la precipitación pluvial y dirección de sus vientos, los Nortes no representan un fenómeno natural que produzca alguna alteración significativa del paisaje por su ocurrencia, razón por la cual se les denomina intemperismos no severos.

Su arribo a la zona de interés, se manifiesta por medio de la formación de masas húmedas y frías provenientes de la región polar del continente y el norte del océano Atlántico. Estos fenómenos tienen un desplazamiento hacia el sudeste hasta que son disipados por la predominancia de condiciones cálidas en las cercanías del Ecuador. En la época invernal en que se manifiestan, los días despejados pueden reducirse hasta un 50%, debido a que estos frentes fríos arrastran grandes extensiones de nubosidad e incrementan de manera importante la precipitación pluvial.

V.2.2. Fisiografía

El sitio del proyecto y su área de influencia, se albergan dentro de una gran provincia fisiográfica denominada Península de Yucatán. La mayor parte de esta provincia está constituida por estratos calizos más o menos horizontales que hacen de ella una región relativamente plana, cuyas mayores alturas se acercan a los 300 msnm hacia el centro de la península cerca del límite con Campeche y en la parte suroeste del estado extendiéndose esta zona con dirección aproximada Norte-Sur.

El paso de las partes altas de la región anterior a las bajas situadas en el Este de Quintana Roo, se realiza por una serie de escalones bruscos que corresponden a líneas de fallas, mostrando las características de una meseta baja tectónica (horst), que se extiende hacia el Sur. Esta zona presenta en su porción media y occidental, junto a las elevaciones, frecuentes depresiones y pequeñas cimas interrumpidas

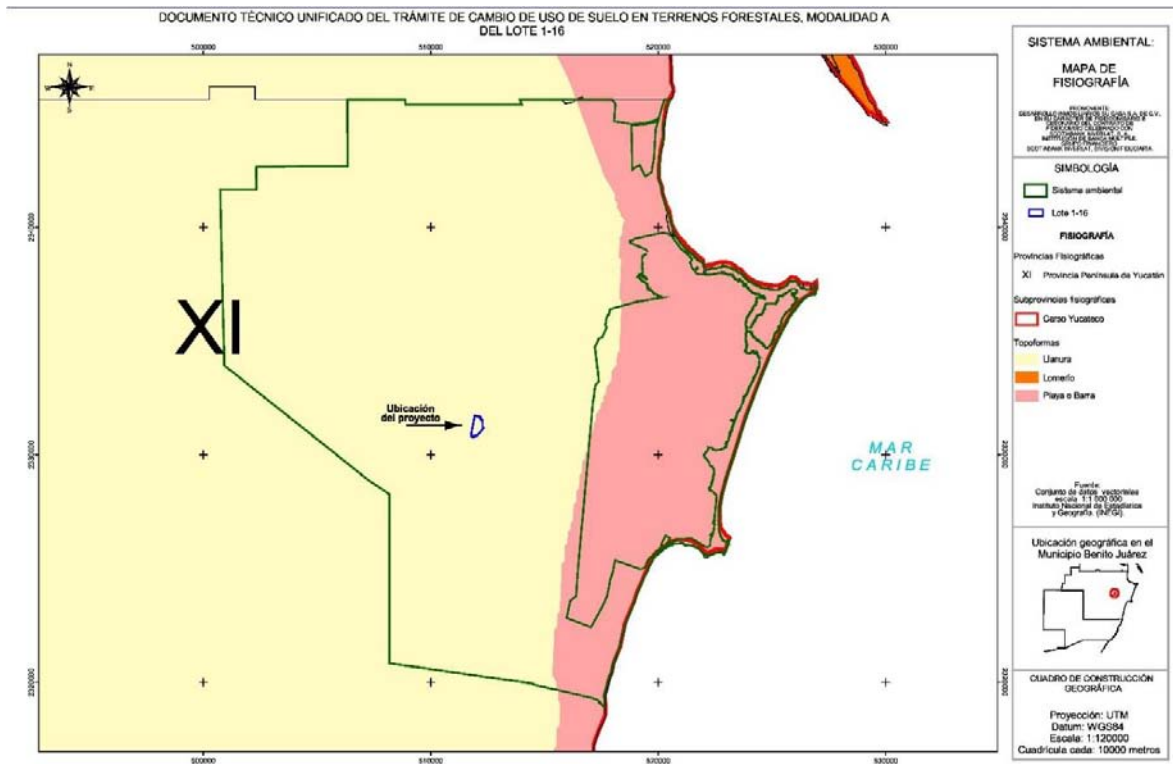
por grandes áreas de menor relieve, casi planas, con altitudes en Quintana Roo de 20 a 40 m.

Otra de sus características, refiere a que a lo largo de la franja costera, con una variación de entre 70 y 200 m de distancia a la línea de mar se genera un desnivel de entre dos y cuatro metros de altura dividiendo una zona baja de playa y el nivel medio de la población, por lo demás no se detectan elevaciones importantes o accidentes salvo los que existen de forma puntual generando cenotes con profundidades que fluctúan entre los 8 y los 30 metros bajo el nivel medio del mar.

En el estado la conformación del territorio puede ser descrita en términos de las subprovincias fisiográficas que se encuentran en él, y que son Carso y Lomeríos de Campeche, Carso Yucateco y Costa Baja de Quintana Roo.

El predio se localiza en la subprovincia denominada Carso Yucateco (ver plano siguiente). Ésta, abarca el 54% de la superficie estatal y se distribuye a lo largo de la costa del Estado, desde Isla Mujeres, Cancún, Playa del Carmen y Tulúm para posteriormente internarse hasta Carrillo Puerto y José María Morelos. Además de ser la más amplia planicie que comprende la parte norte de la península, se eleva sólo unos metros del nivel del mar, caracterizada por ser una losa constituida de calizas granulosas de color blanquecino llamadas Sascab. La naturaleza de su formación no permitió la mineralización, razón por la cual, la geología económica de la zona, se reduce a la explotación de algunos yacimientos de yeso, arcillas y calizas, localmente son aprovechadas para la fabricación de materiales de construcción, como tabiques, industria cementera, piedras y gravas. La composición geológica y su estratificación generalmente horizontal, no permite grandes perturbaciones geológicas.

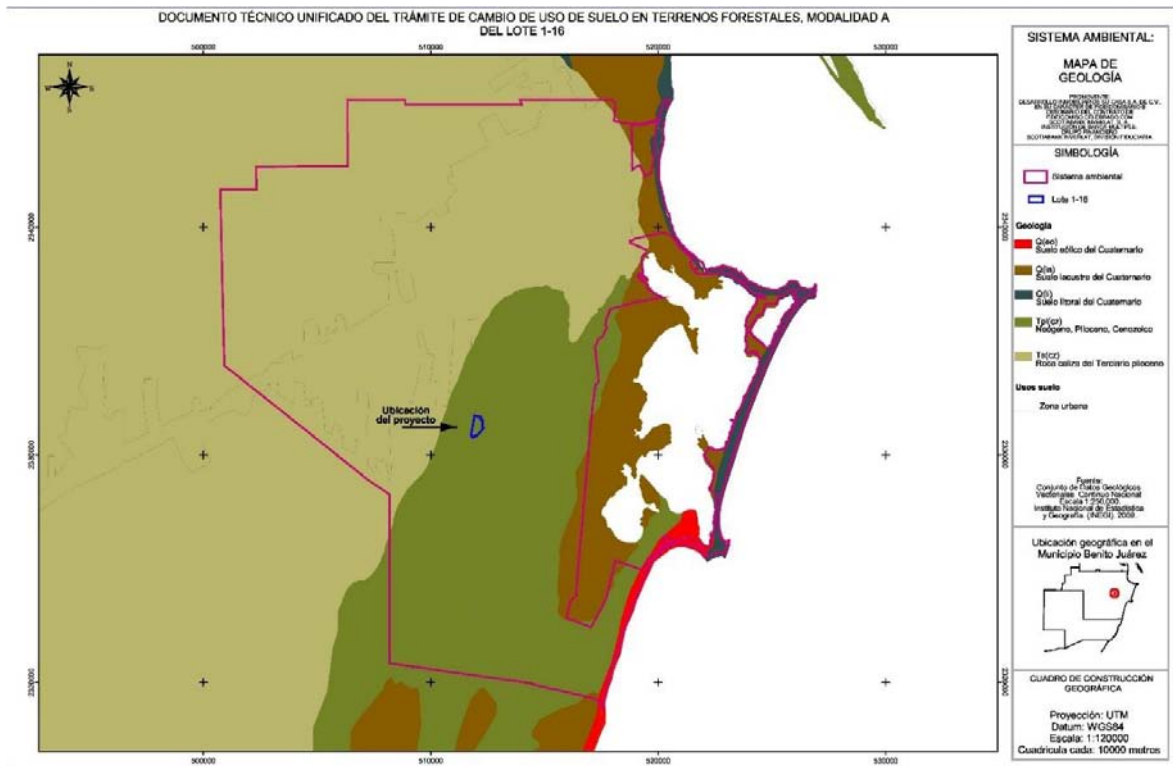
En su porción litoral son frecuentes las salientes rocosas, caletas, pequeños escarpes, cordones y espolones, así como lagunas pantanosas intercomunicadas con el mar por canales o bocas y extensas zonas de inundación con vegetación de manglar.



Ubicación del predio dentro de la carta de fisiográficas.

V.2.3. Geología

El estado de Quintana Roo se compone por unidades litológicas formadas por rocas sedimentarias de origen Terciario (Paleoceno) y Cuaternario; aflorando las más antiguas en el Suroeste, mientras que las formaciones más jóvenes se encuentran conforme se avanza con rumbo al Norte y Este.



Ubicación del predio dentro de la carta geológica.

El subtipos geológicos en el que se inserta el predio del proyecto es el Tpl (cz), el cual se caracteriza porque la parte inferior de lo expuesto está formada por un cuerpo masivo coquinífero, poco compactado, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta buzamientos diferentes con ángulos distintos de inclinación. Estas calizas de texturas ooespatíticas, bioespatíticas y bioesparrudíticas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. Su parte superior está conformada por calizas de textura ooespatita, bioespatita y biomicrita, dispuesta en capas delgadas y medianas de color blanco, con un echado horizontal.

V.2.4. Edafología

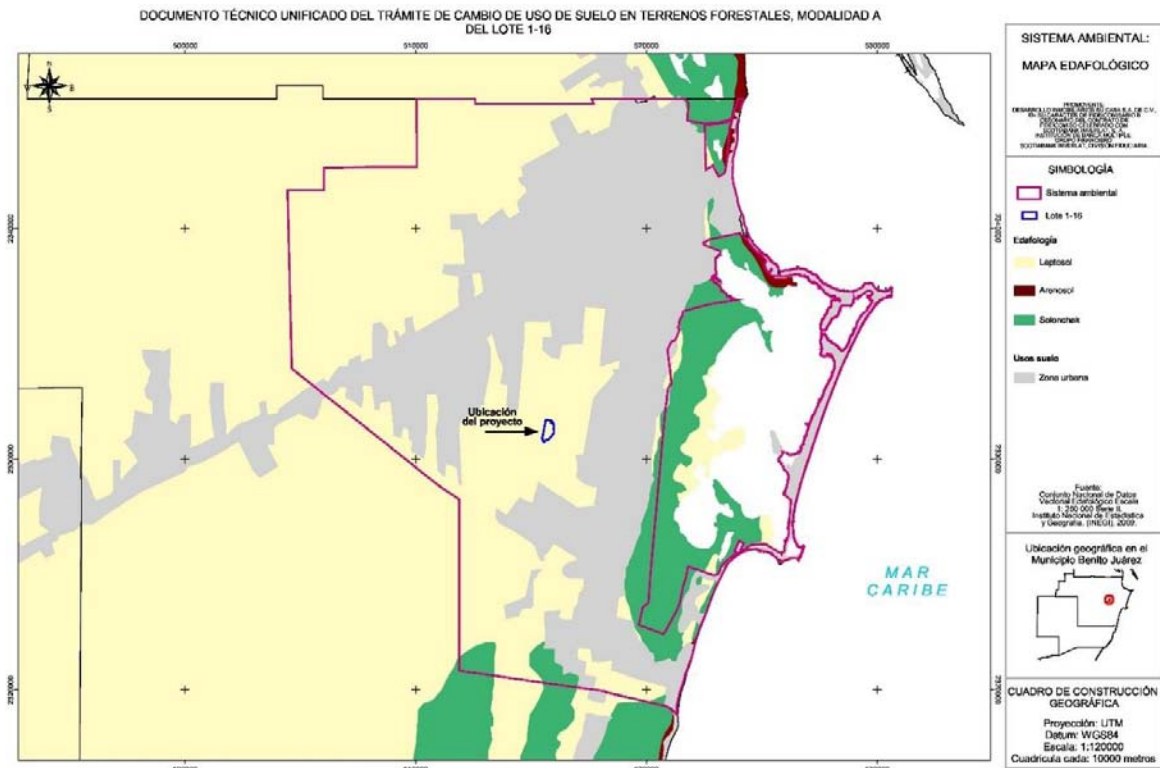
El origen geológico de la Península de Yucatán es reciente y se compone de rocas sedimentarias producto de la acción del clima sobre los estratos geológicos, así las rocas calizas afectadas por las altas temperaturas y la gran cantidad de agua de lluvia, han generado suelos denominados Rendzinas, que son los que cubren la mayor parte del Estado de Quintana Roo.

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos, clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio de estudio se encuentran dentro de la Unidad Edafológica de Leptosol más Rendzina. A continuación se mencionan las características de dichas unidades.

Leptosoles: Del griego leptos, (delgado) se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Otro componente destacado de este grupo son los leptosoles réndzicos, que se desarrollan sobre rocas calizas y son muy ricos en materia orgánica. En algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy poco útiles ya que su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrientes minerales. Los leptosoles son comunes en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, así como en la vasta extensión del Desierto Chihuahuense (Mapa 3.1). En las montañas, también se encuentran los leptosoles, debido a que las pendientes y la consecuente erosión imponen una restricción a la formación del suelo, mientras que en los desiertos, la escasez de agua ocasiona una formación lenta del suelo. Los leptosoles dominan también la península de Yucatán, un territorio que emergió del fondo oceánico en fecha relativamente reciente, por lo que sus suelos no han tenido tiempo suficiente para desarrollarse.

Rendzinas. Del polaco *rzedzic*: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. En el estado de Yucatán se utilizan también para la siembra de henequén con buenos rendimientos y para el maíz con rendimientos bajos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).

De acuerdo con la clasificación maya de los tipos de suelos, el tipo “tsek el’luúm” es una combinación de litosol – rendzina, que presenta un horizonte superficial húmico A0, con materia orgánica en proceso temprano de descomposición de 2 a 6 cm de espesor. Un horizonte único A1, de 10 a 30 cm. De espesor en promedio (aunque en algunos casos este espesor se continúa hasta los 40 cm y más), es de color café oscuro con gran cantidad de materia orgánica.

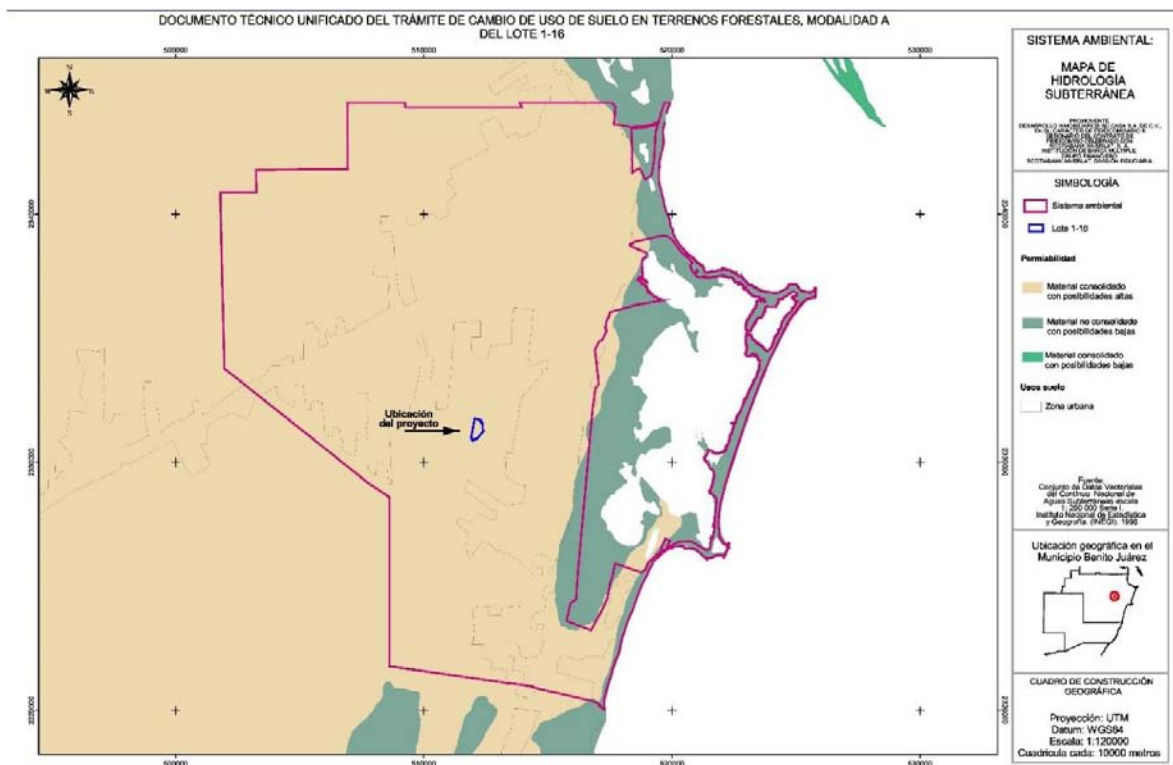


Ubicación del predio dentro de la carta edafológica.

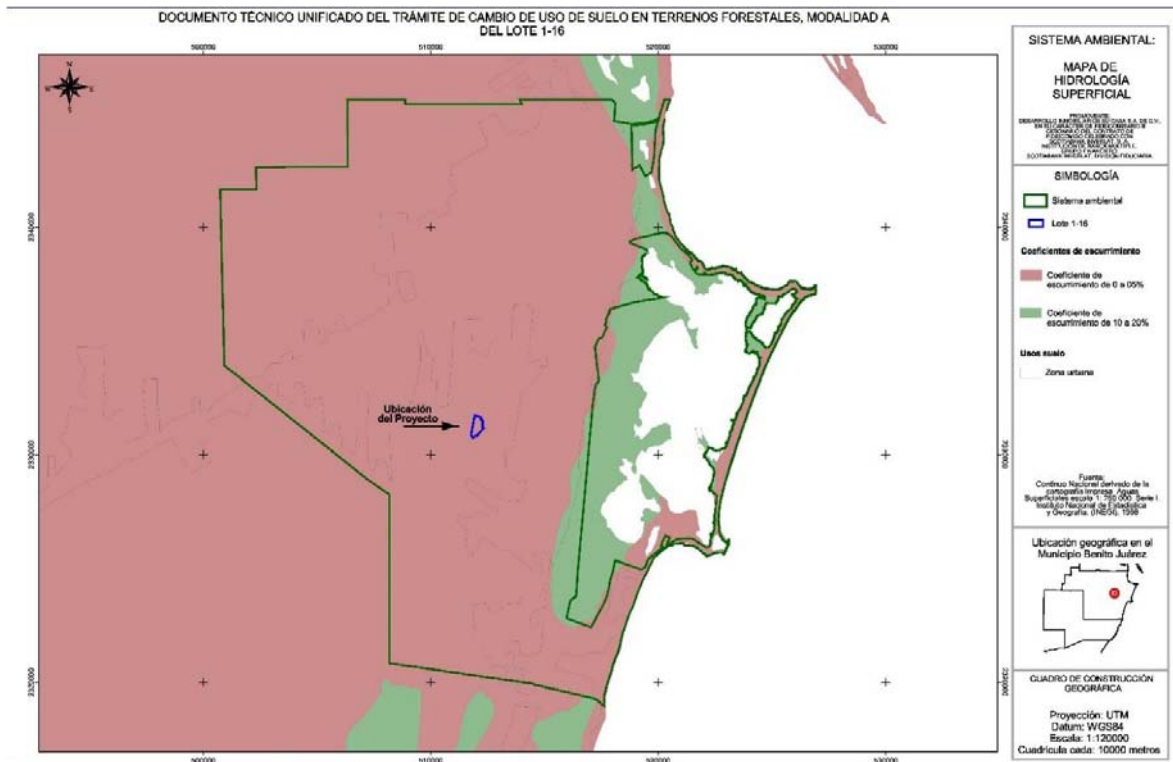
V.2.5. Hidrología superficial y subterránea

El sistema hidrológico influye directamente en la distribución y dinámica de la fauna y flora, pero también en las actividades humanas y en la distribución de los asentamientos, por lo que conocer su comportamiento es de vital importancia para la planeación del desarrollo de la región. La alta permeabilidad del suelo ha favorecido el desarrollo del relieve cárstico. Sin embargo también hay superficies de permeabilidad intermedia y baja, ubicadas en depresiones tectónicas o cársticas donde se han acumulado suelos residuales y materiales transportados por la escasa actividad fluvial.

No obstante lo anterior, en el predio del proyecto no existen cuerpos de agua ni afloraciones del manto freático. En imágenes de las páginas siguientes se presentan los planos de hidrología superficial y subterránea del predio de interés; según los cuales, éste se ubica dentro de una zona con material consolidado y posibilidades altas de funcionar como acuífero (hidrología subterránea); y en una zona con coeficiente de escurrimiento de 0 a 5%, lo cual indica que el relieve es plano (hidrología superficial).



Ubicación del predio del proyecto dentro de la carta de hidrología subterránea.

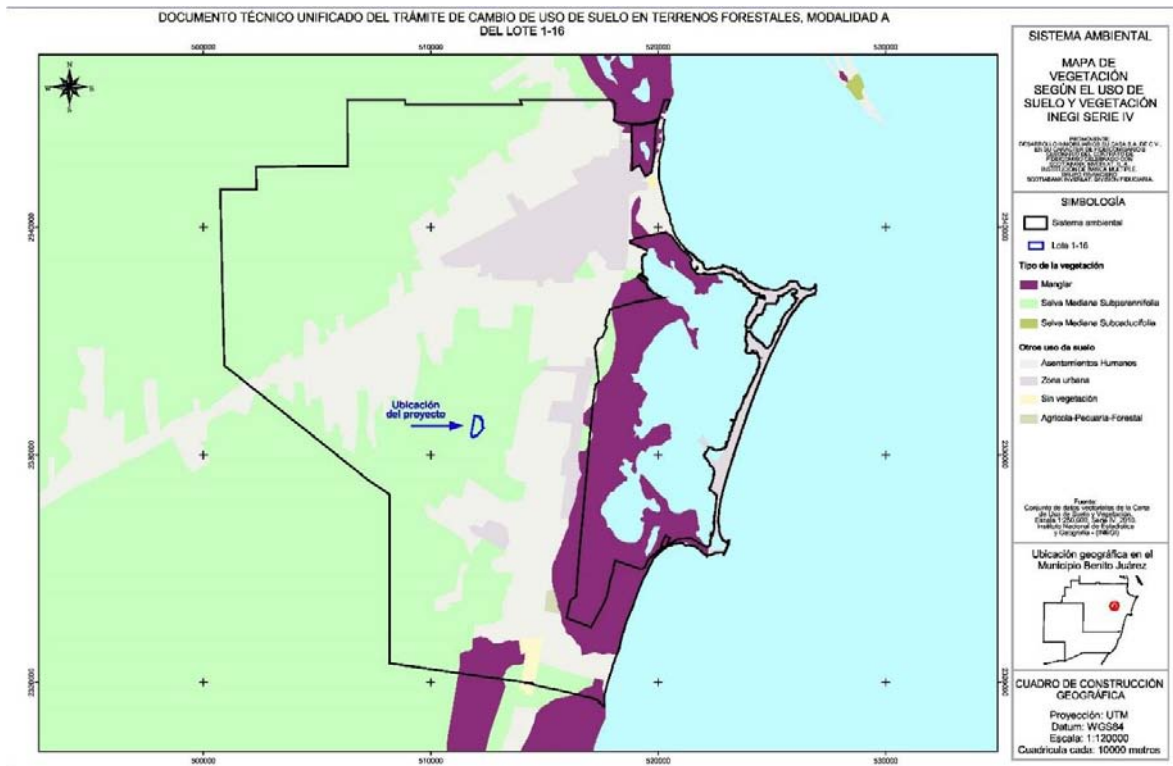


Ubicación del predio dentro de la carta de hidrología superficial.

V.3. ELEMENTOS BIÓTICOS

V.3.1. Vegetación

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (escala 1:250000), Serie IV, el predio se ubica dentro de una zona que presenta vegetación de Selva mediana subperennifolia (SMQ), como se muestra en el siguiente plano.



Ubicación del predio dentro de la carta de uso de suelo y vegetación, serie IV.

Por su parte, se procedió a realizar un estudio sobre la composición y estructura de la vegetación que se desarrolla en el predio del proyecto, corroborando con esto la presencia de vegetación correspondiente a Selva mediana subperennifolia (SMQ) en la totalidad del predio con excepción del área desmontada mencionado anteriormente. Cabe señalar que no se encontraron evidencias de perturbaciones antropogénicas, ni de incendios forestales; únicamente se notó la existencia de árboles muertos en pie o derribados, aunque muy escasos; y otros más caídos vivos, lo cual es señal de perturbaciones ocurridas por fuertes vientos, derivados principalmente por la incidencia de huracanes en la zona.

La comunidad que integra la cobertura vegetal del predio, presenta una composición florística madura, en donde el arbolado adulto es predominante por lo que el dosel es relativamente cerrado, existiendo pocos espacios para la entrada de luz, que es necesaria para el adecuado desarrollo de las plántulas durante el proceso de regeneración natural de la vegetación. A nivel del suelo es evidente la materia orgánica en descomposición, originada por el proceso de regeneración vegetativa (ramas, hojas, etc.) de las distintas especies que se encuentran presentes; así

mismo, se pueden observar bejucos y lianas creciendo en el follaje de la vegetación. Los individuos arbóreos generalmente presentan contrafuertes en la base de los troncos, siendo esta, una característica peculiar de las selvas en la Península de Yucatán, ya que les permite alcanzar grandes alturas en suelos poco profundos.

V.3.1.1. Estratificación de la vegetación

Estrato arbóreo. Los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal al interior del predio; arrojan un diámetro promedio de 14.3 cm para las especies que componen éste estrato, siendo el diámetro mayor registrado de 36.4 cm correspondiente a la especie *Ficus obtusifolia* (Higo copó). La altura promedio del arbolado es de 8.75 metros, siendo 14 m la altura máxima registrada para un individuo de las especies *Vitex gaumeri* (Ya'ax nik) y *Manilkara zapota* (Zapote); mientras que la altura menor registrada fue de 1.5 metros correspondiente a un individuo de la especie *Vitex gaumeri* (Ya'ax nik). Entre las especies más representativas de éste estrato destacan *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam), *Ficus obtusifolia* y *Vitex gaumeri*.

Estrato arbustivo. Éste estrato se encuentra compuesto por individuos jóvenes de las distintas especies que componen la vegetación, arrojan un diámetro promedio de 2.6 cm para las especies que componen éste estrato. La vegetación se trata de individuos jóvenes delgados que se encuentran entremezclados con los individuos arbóreos distribuidos de manera dispersa de tal manera que no conforman masas continuas; por lo que éste estrato no se encuentra bien definido. La altura promedio es de 4.2 metros y entre las especies más representativas se encuentran *Gymnopodium floribundum* (Ts'iits'ilche'), *Croton glabellus* (Pereskutz) y *Hampea trilobata* (Majaua).

Estrato herbáceo. Este estrato representa principalmente el crecimiento de plántulas durante el proceso de regeneración natural. La altura promedio de éste estrato no va más allá de un metro y entre las especies más representativas se encuentran *Gimnanthes lucida* (Yaite), *Nectandra coriácea* (laurelillo) y *Thrinax radiata* (Chit).

V.3.1.2. Composición de la vegetación

En las tablas siguientes se presenta el listado de las especies registradas por estrato para la superficie que se somete a evaluación por el CUSTF.

Estrato arbóreo:

| No | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|----|-----------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | Fabaceae | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | k'anasín |
| 2 | Moraceae | <i>Ficus obtusifolia</i> | Higo copó |
| 3 | Sapotaceae | <i>Manilkara zapota</i> | Zapote |
| 4 | Anacardiaceae | <i>Metopium brownei</i> | Chechen |
| 5 | Fabaceae | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | Tzalam |
| 6 | Polygonaceae | <i>Gymnopodium floribundum</i> | Ts'iits'ilche' |
| 7 | Lamiaceae | <i>Vitex gaumeri</i> | Ya'ax nik |
| 8 | Fabaceae | <i>Lonchocarpus xuul</i> | Xuul |
| 9 | Fabaceae | <i>Gliricidia sepium</i> | Sacyaab |
| 10 | Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | Chaca |
| 11 | Moraceae | <i>Ficus maxima</i> | Alamo maxima |
| 12 | Malpighiaceae | <i>Byrsonima bucidaefolia</i> | Sak paj |
| 13 | Sapindaceae | <i>Thouinia paucidentata</i> | Kanchunup |
| 14 | Polygonaceae | <i>Coccoloba diversifolia</i> | Sac boo |
| 15 | Myrtaceae | <i>Eugenia trikii</i> | Escobeta |
| 16 | Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum confusum</i> | Toshó |
| 17 | Euphorbiaceae | <i>Croton glabellus</i> | Pereskutz |
| 18 | Rubiaceae | <i>Cosmocalyx spectabilis</i> | Chintoc |
| 19 | Fabaceae | <i>Caesalpinia gaumeri</i> | Kitamché |
| 20 | Malvaceae | <i>Ceiba aesculifolia</i> | Piin |
| 21 | Malvaceae | <i>Ceiba aesculifolia</i> | Pim |
| 22 | Euphorbiaceae | <i>Gimnanthes lucida</i> | Yaite |

Estrato arbustivo:

| No | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|----|---------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | Myrtaceae | <i>Calyptanthus pallens</i> | Chacnii |
| 2 | Euphorbiaceae | <i>Croton glabellus</i> | Pereskutz |
| 3 | Fabaceae | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | Tzalam |
| 4 | Myrtaceae | <i>Eugenia trikii</i> | Escobeta |
| 5 | Rubiaceae | <i>Randia longiloba</i> | Cruceta |
| 6 | Polygonaceae | <i>Gymnopodium floribundum</i> | Ts'iits'ilche' |
| 7 | Sapotaceae | <i>Manilkara zapota</i> | Zapote |
| 8 | Polygonaceae | <i>Coccoloba spicata</i> | Boob |
| 9 | Euphorbiaceae | <i>Jatropha gaumeri</i> | Pomolché |
| 10 | Fabaceae | <i>Gliricidia sepium</i> | Cacaoché |
| 11 | Fabaceae | <i>Lonchocarpus xuul</i> | Xuul |
| 12 | Malvaceae | <i>Malvaviscus arboreus</i> | Tulipancillo |
| 13 | Celastraceae | <i>Sebastiania adenophora</i> | Chechen blanco |

| | | | |
|----|-----------------|-------------------------------|----------------|
| 14 | Lauraceae | <i>Nectandra coriacea</i> | Laurelillo |
| 15 | Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | Chaca |
| 16 | Anacardiaceae | <i>Metopium brownei</i> | Chechen |
| 17 | Euphorbiaceae | <i>Gimnanthes lucida</i> | Yaite |
| 18 | Sapindaceae | <i>Thouinia paucidentata</i> | Kanchunup |
| 19 | Fabaceae | <i>Bauhinia unguolata</i> | Pata de venado |
| 20 | Fabaceae | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | k'anasín |
| 21 | Ebenaceae | <i>Diospyros cuneata</i> | Silil |
| 22 | Myrtaceae | <i>Psidium sartorianum</i> | Guallabillo |
| 23 | Polygonaceae | <i>Coccoloba diversifolia</i> | Sac boob |
| 24 | Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum confusum</i> | Toshó |
| 25 | Rubiaceae | <i>Guettarda combsii</i> | Tasta'ab |
| 26 | Moraceae | <i>Ficus obtusifolia</i> | Higo copó |
| 27 | Apocynaceae | <i>Thevetia gaumeri</i> | Akitz |
| 28 | Fabaceae | <i>Bauhinia divaricata</i> | Pata de vaca |
| 29 | Malvaceae | <i>Hampea trilobata</i> | Majahua |
| 30 | Fabaceae | <i>Gliricidia sepium</i> | Sacyaab |

Estrato herbáceo:

| No | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|----|---------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | Palmae | <i>Thrinax radiata</i> | Chit |
| 2 | Anacardiaceae | <i>Metopium brownei</i> | Chechen |
| 3 | Euphorbiaceae | <i>Gimnanthes lucida</i> | Yaite |
| 4 | Myrtaceae | <i>Calyptanthus pallens</i> | Chocni |
| 5 | Euphorbiaceae | <i>Croton glabellus</i> | Pereskutz |
| 6 | Lauraceae | <i>Nectandra coriacea</i> | Laurelillo |
| 7 | Palmae | <i>Coccothrinax readii</i> | Nacax |
| 8 | Ebenaceae | <i>Diospyros cuneata</i> | Silil |
| 9 | Rubiaceae | <i>Randia longiloba</i> | Cruceta |
| 10 | Polygonaceae | <i>Gymnopodium floribundum</i> | Ts'iits'ilche' |
| 11 | Fabaceae | <i>Bauhinia divaricata</i> | Pata de vaca |
| 12 | Fabaceae | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | k'anasín |
| 13 | Fabaceae | <i>Bauhinia unguolata</i> | Pata de venado |

Es importante resaltar que de las especies citadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo; se registraron las especie *Thrinax radiata* (palma chit), la cual se encuentra listada en la categoría de especie amenazada. (Aquellas especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden

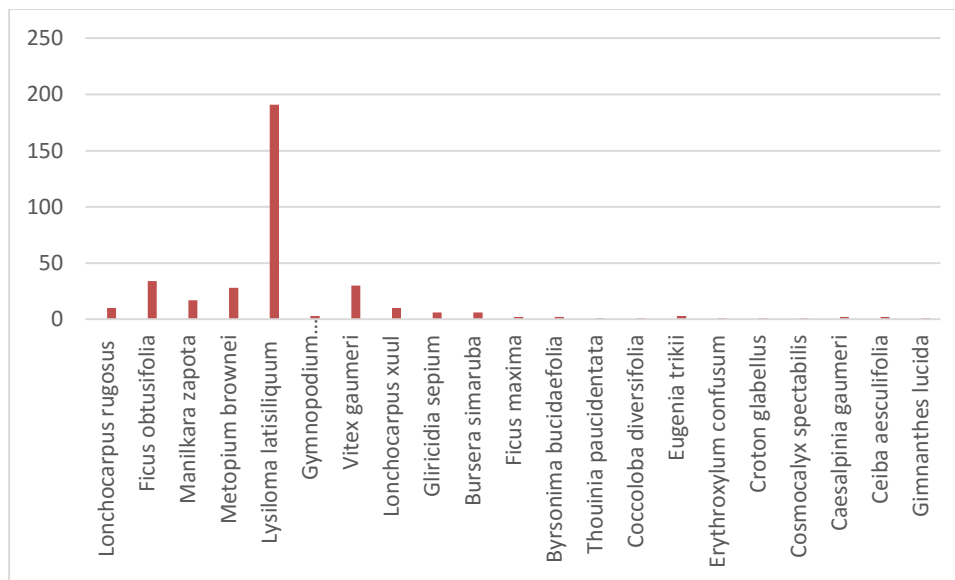
negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones). Así como algunas especies de orquídeas, las cuales serán rescatadas en su totalidad y algunas epifitas.

| ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|-----------|
| REGISTRO | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN | ESTATUS |
| 1 | Arecaceae | <i>Trinax radiata</i> | Chit | Amenazada |

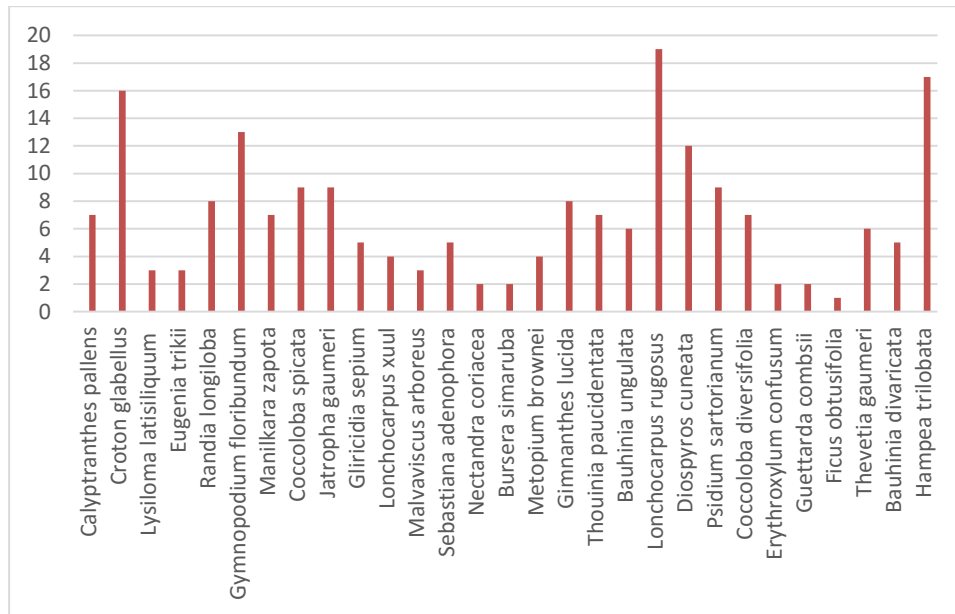
La vegetación del predio se encuentra compuesta por 37 especies distribuidas en 22 familias, de las cuales Fabaceae fue la más abundante, representada por 7 especies; en tanto que el resto de las familias sólo estuvieron representadas por 3 o menos especies.

En las siguientes gráficas se muestra el comportamiento del número de organismos por especies para cada estrato registrado:

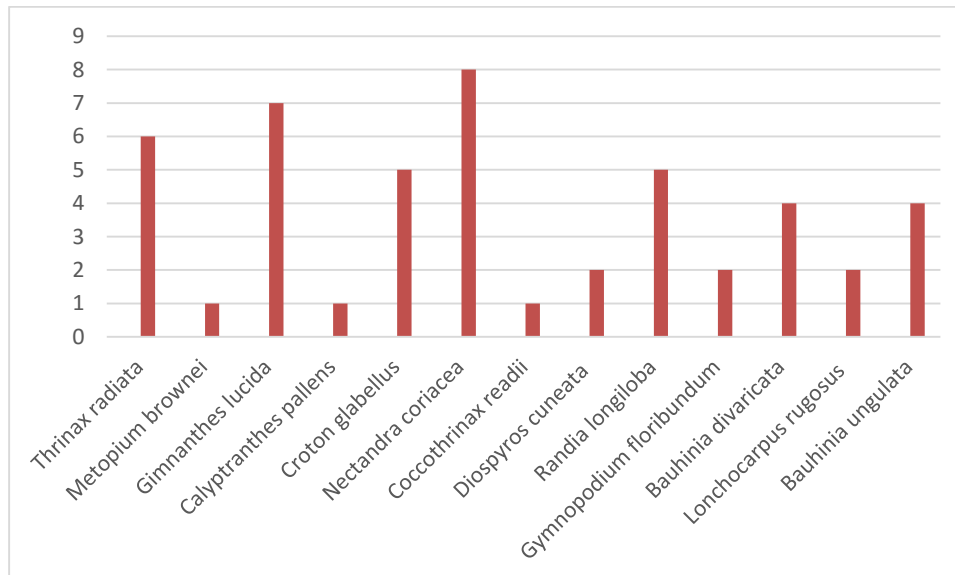
Estrato arbóreo



Estrato arbustivo



Estrato herbáceo



V.3.1.3. Abundancia florística e índice de biodiversidad, por estrato (arbóreo, arbustivo y herbáceo) del tipo de vegetación de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Para la estimación de la riqueza, abundancia florística e índice de biodiversidad de la vegetación que se encuentra presente en el área sujeta al cambio de uso de suelo, se utilizó la misma metodología descrita para la estimación de dichos parámetros dentro de la microcuenca, la cual fue descrita previamente en el capítulo anterior del presente DTU, por lo que a continuación sólo se presentan los resultados obtenidos:

Índice de diversidad de la comunidad estudiada

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en la superficie de CUSTF, conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada estrato de la vegetación, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949).

Este índice considera los individuos que se muestran al azar a partir de una población "indefinidamente grande", esto es, una población efectivamente infinita, considerando que todas las especies están representadas en la muestra.

En un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar, provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S. También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos n_i, es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa.

Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña. En la ecuación original se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind, y se calcula a partir de:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$(\sum i = 1)$ = número total de individuos.

P_i = abundancia relativa de la especie i .

$\ln P_i$ = logaritmo natural (base 2 según la fórmula original) de la abundancia relativa de la especie i .

El valor máximo de este índice suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

A continuación se presentan el cálculo del índice de diversidad de las especies de flora presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949).

| Estrato Arbóreo | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| ESPECIES | # de individuos del inventario | ABUNDANCIA RELATIVA (P_i) | LOG P_i | LOG $P_i * P_i$ |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 10 | 0.028 | -5.14 | -0.146 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 34 | 0.097 | -3.37 | -0.326 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 17 | 0.048 | -4.37 | -0.211 |
| <i>Metopium brownei</i> | 28 | 0.080 | -3.65 | -0.291 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 191 | 0.543 | -0.88 | -0.479 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 3 | 0.009 | -6.87 | -0.059 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 30 | 0.085 | -3.55 | -0.303 |
| <i>Lonchocarpus xuul</i> | 10 | 0.028 | -5.14 | -0.146 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 6 | 0.017 | -5.87 | -0.100 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 6 | 0.017 | -5.87 | -0.100 |
| <i>Ficus maxima</i> | 2 | 0.006 | -7.46 | -0.042 |
| <i>Byrsonima bucidaefolia</i> | 2 | 0.006 | -7.46 | -0.042 |
| <i>Thouinia paucidentata</i> | 1 | 0.003 | -8.46 | -0.024 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 1 | 0.003 | -8.46 | -0.024 |
| <i>Eugenia trikii</i> | 3 | 0.009 | -6.87 | -0.059 |
| <i>Erythroxylum confusum</i> | 1 | 0.003 | -8.46 | -0.024 |
| <i>Croton glabellus</i> | 1 | 0.003 | -8.46 | -0.024 |
| <i>Cosmocalyx spectabilis</i> | 1 | 0.003 | -8.46 | -0.024 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 2 | 0.006 | -7.46 | -0.042 |
| <i>Ceiba aesculifolia</i> | 2 | 0.006 | -7.46 | -0.042 |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 1 | 0.003 | -8.46 | -0.024 |
| $\sum i =$ | 352 | | $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | 2.53 |

| Estrato Arbustivo | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------|
| ESPECIES | # de individuos del inventario | ABUNDANCIA RELATIVA (Pi) | LOG Pi | LOG Pi * Pi |
| <i>Calyptanthes pallens</i> | 7 | 0.035 | -4.84 | -0.169 |
| <i>Croton glabellus</i> | 16 | 0.080 | -3.65 | -0.291 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 3 | 0.015 | -6.07 | -0.091 |
| <i>Eugenia trikii</i> | 3 | 0.015 | -6.07 | -0.091 |
| <i>Randia longiloba</i> | 8 | 0.040 | -4.65 | -0.185 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 13 | 0.065 | -3.95 | -0.256 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 7 | 0.035 | -4.84 | -0.169 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 9 | 0.045 | -4.48 | -0.201 |
| <i>Jatropha gaumeri</i> | 9 | 0.045 | -4.48 | -0.201 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 5 | 0.025 | -5.33 | -0.133 |
| <i>Lonchocarpus xuul</i> | 4 | 0.020 | -5.65 | -0.112 |
| <i>Malvaviscus arboreus</i> | 3 | 0.015 | -6.07 | -0.091 |
| <i>Sebastiania adenophora</i> | 5 | 0.025 | -5.33 | -0.133 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 2 | 0.010 | -6.65 | -0.066 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 2 | 0.010 | -6.65 | -0.066 |
| <i>Metopium brownei</i> | 4 | 0.020 | -5.65 | -0.112 |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 8 | 0.040 | -4.65 | -0.185 |
| <i>Thouinia paucidentata</i> | 7 | 0.035 | -4.84 | -0.169 |
| <i>Bauhinia unguolata</i> | 6 | 0.030 | -5.07 | -0.151 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 19 | 0.095 | -3.40 | -0.322 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 12 | 0.060 | -4.07 | -0.243 |
| <i>Psidium sartorianum</i> | 9 | 0.045 | -4.48 | -0.201 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 7 | 0.035 | -4.84 | -0.169 |
| <i>Erythroxylum confusum</i> | 2 | 0.010 | -6.65 | -0.066 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 2 | 0.010 | -6.65 | -0.066 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 1 | 0.005 | -7.65 | -0.038 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 6 | 0.030 | -5.07 | -0.151 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 5 | 0.025 | -5.33 | -0.133 |
| <i>Hampea trilobata</i> | 17 | 0.085 | -3.56 | -0.301 |
| $\Sigma i =$ | 201 | | $H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ | 4.55 |

| Estrato Herbáceo | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------|-------------|
| ESPECIES | # de individuos del inventario | ABUNDANCIA RELATIVA (Pi) | LOG Pi | LOG Pi * Pi |
| <i>Thrinax radiata</i> | 6 | 0.125 | -3.00 | -0.375 |
| <i>Metopium brownei</i> | 1 | 0.021 | -5.58 | -0.116 |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 7 | 0.146 | -2.78 | -0.405 |
| <i>Calyptanthes pallens</i> | 1 | 0.021 | -5.58 | -0.116 |
| <i>Croton glabellus</i> | 5 | 0.104 | -3.26 | -0.340 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 8 | 0.167 | -2.58 | -0.431 |

| Estrato Herbáceo | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------|
| ESPECIES | # de individuos del inventario | ABUNDANCIA RELATIVA (Pi) | LOG Pi | LOG Pi * Pi |
| <i>Coccothrinax readii</i> | 1 | 0.021 | -5.58 | -0.116 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 2 | 0.042 | -4.58 | -0.191 |
| <i>Randia longiloba</i> | 5 | 0.104 | -3.26 | -0.340 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 2 | 0.042 | -4.58 | -0.191 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 4 | 0.083 | -3.58 | -0.299 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 2 | 0.042 | -4.58 | -0.191 |
| <i>Bauhinia unguolata</i> | 4 | 0.083 | -3.58 | -0.299 |
| $\sum i =$ | 48 | | $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | 3.41 |

Índice de Valor de Importancia (IVI) de la comunidad estudiada

El Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool *et al.* (1977), Cox (1981), Cintrón & SchaefferNovelli (1983) y Corella *et al.* (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados, bajo la premisa de que la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en el estudio de una vegetación.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie, dentro de una comunidad, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IVI = A\% + F\% + D\%$$

Donde:

IVI: índice de valor de importancia

A%: abundancia relativa

F%: frecuencia relativa

D%: dominancia relativa

Abundancia. Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número total de individuos de la comunidad inventariada) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie entre el total de los individuos inventariados) y se calcula mediante la siguiente ecuación.

Abundancia relativa:

$$A\% = Ni/Nt * 100$$

Donde:

Ni = número de individuos de la iésima especie

Nt = Número total de individuos inventariados (Abundancia absoluta)

Frecuencia. Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies y es el resultado de dividir la frecuencia absoluta de un determinado valor entre el número total de datos, por lo que se calcula utilizando la siguiente ecuación.

Frecuencia relativa:

$$F\% = Fi/Ft * 100$$

Donde:

Fi = Número de sitios en los que aparece la iésima especie

Ft = Número total de las frecuencias del muestreo.

Dominancia: Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, la determinación de las proyecciones de las copas de los árboles resulta difícil y a veces imposible de realizar; por esta razón se utiliza las áreas basales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste.

Bajo este esquema, la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de todas las especies expresada en metros cuadrados, y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia de una especie cualquiera y la dominancia absoluta de la comunidad inventariada. Este último parámetro se calcula aplicando la siguiente ecuación.

Dominancia relativa:

$$D\% = Gi/Gt * 100$$

Donde:

Gi = Área basal en m2 para la iésima especie

Gt = Área basal en m2 de todas las especies (dominancia absoluta)

Cabe aclarar que para el estrato herbáceo se consideró la cobertura relativa y no el área basal para el cálculo de la dominancia relativa, de acuerdo con la metodología aplicada.

Visto lo anterior, a continuación se presentan los índices de valor de importancia de los estratos que integran la vegetación que se desarrolla dentro de la superficie de CUSTF.

| Estrato Arbóreo | | | | |
|--|--------------------|-----------------|-------------------|------------|
| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) | | | | |
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | D%= GI / GT * 100 | IVI |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 54.26 | 10.53 | 57.64 | 122.43 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 9.66 | 8.77 | 9.20 | 27.63 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 8.52 | 10.53 | 6.76 | 25.81 |
| <i>Metopium brownei</i> | 7.95 | 10.53 | 6.95 | 25.43 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 4.83 | 8.77 | 7.60 | 21.20 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 2.84 | 7.02 | 2.39 | 12.25 |
| <i>Lonchocarpus xuul</i> | 2.84 | 7.02 | 2.29 | 12.15 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 1.70 | 7.02 | 0.92 | 9.64 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 1.70 | 5.26 | 2.17 | 9.14 |
| <i>Eugenia trikii</i> | 0.85 | 3.51 | 0.54 | 4.90 |
| <i>Byrsonima bucidaefolia</i> | 0.57 | 3.51 | 0.71 | 4.79 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 0.85 | 1.75 | 0.53 | 3.14 |
| <i>Ficus maxima</i> | 0.57 | 1.75 | 0.45 | 2.77 |
| <i>Ceiba aesculifolia</i> | 0.57 | 1.75 | 0.43 | 2.76 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 0.57 | 1.75 | 0.26 | 2.59 |
| <i>Cosmocalyx spectabilis</i> | 0.28 | 1.75 | 0.37 | 2.41 |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 0.28 | 1.75 | 0.18 | 2.22 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 0.28 | 1.75 | 0.16 | 2.20 |
| <i>Erythroxylum confusum</i> | 0.28 | 1.75 | 0.16 | 2.20 |
| <i>Thouinia paucidentata</i> | 0.28 | 1.75 | 0.15 | 2.19 |
| <i>Croton glabellus</i> | 0.28 | 1.75 | 0.13 | 2.17 |
| | 100 | 100 | 100 | 300 |

| Estrato Arbustivo | | | | |
|--|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%+D%) | | | | |
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | D%= GI / GT * 100 | IVI |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 9.45 | 4.23 | 14.90 | 28.58 |
| <i>Croton glabellus</i> | 7.96 | 5.63 | 8.69 | 22.28 |
| <i>Hampea trilobata</i> | 8.46 | 1.41 | 9.28 | 19.15 |
| <i>Psidium sartorianum</i> | 4.48 | 2.82 | 10.32 | 17.62 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 6.47 | 7.04 | 4.04 | 17.55 |
| <i>Calyptanthes pallens</i> | 3.48 | 5.63 | 5.68 | 14.80 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 5.97 | 5.63 | 2.77 | 14.37 |
| <i>Bauhinia unguolata</i> | 2.99 | 5.63 | 4.92 | 13.54 |
| <i>Coccoloba spicata</i> | 4.48 | 4.23 | 3.63 | 12.33 |
| <i>Jatropha gaumeri</i> | 4.48 | 4.23 | 3.04 | 11.75 |
| <i>Randia longiloba</i> | 3.98 | 4.23 | 2.26 | 10.47 |
| <i>Thouinia paucidentata</i> | 3.48 | 2.82 | 3.87 | 10.17 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 3.48 | 4.23 | 2.44 | 10.14 |
| <i>Lonchocarpus xuul</i> | 1.99 | 4.23 | 3.65 | 9.87 |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 3.98 | 4.23 | 1.42 | 9.63 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 3.48 | 2.82 | 3.02 | 9.32 |
| <i>Thevetia gaumeri</i> | 2.99 | 1.41 | 4.04 | 8.44 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 2.49 | 2.82 | 2.00 | 7.30 |
| <i>Eugenia tripii</i> | 1.49 | 4.23 | 0.90 | 6.62 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 1.49 | 4.23 | 0.78 | 6.49 |
| <i>Metopium brownei</i> | 1.99 | 2.82 | 1.36 | 6.17 |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 2.49 | 1.41 | 1.67 | 5.57 |
| <i>Sebastiana adenophora</i> | 2.49 | 1.41 | 1.59 | 5.49 |
| <i>Malvaviscus arboreus</i> | 1.49 | 2.82 | 1.04 | 5.35 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 1.00 | 2.82 | 0.69 | 4.51 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 1.00 | 2.82 | 0.56 | 4.37 |
| <i>Guettarda combsii</i> | 1.00 | 1.41 | 0.75 | 3.15 |
| <i>Erythroxylum confusum</i> | 1.00 | 1.41 | 0.57 | 2.97 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 0.50 | 1.41 | 0.10 | 2.01 |
| | 100 | 100 | 100 | 300 |

| Estrato Herbáceo | | | |
|---|--------------------|-----------------|-------|
| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%) | | | |
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | IVI |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 14.58 | 16.67 | 31.25 |
| <i>Nectandra coriacea</i> | 16.67 | 11.11 | 27.78 |
| <i>Thrinax radiata</i> | 12.50 | 11.11 | 23.61 |
| <i>Croton glabellus</i> | 10.42 | 11.11 | 21.53 |
| <i>Randia longiloba</i> | 10.42 | 5.56 | 15.97 |

| Estrato Herbáceo | | | |
|---|--------------------|-----------------|------------|
| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%) | | | |
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | IVI |
| <i>Bauhinia divaricata</i> | 8.33 | 5.56 | 13.89 |
| <i>Bauhinia unguolata</i> | 8.33 | 5.56 | 13.89 |
| <i>Diospyros cuneata</i> | 4.17 | 5.56 | 9.72 |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 4.17 | 5.56 | 9.72 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 4.17 | 5.56 | 9.72 |
| <i>Coccothrinax readii</i> | 2.08 | 5.56 | 7.64 |
| <i>Metopium brownei</i> | 2.08 | 5.56 | 7.64 |
| <i>Calyptrothrix pallens</i> | 2.08 | 5.56 | 7.64 |
| | 100 | 100 | 200 |

| ESTRATOS | ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA RESUMEN | |
|-----------|--|--------|
| | ESPECIES | IVI |
| ARBÓREO | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 122.43 |
| | <i>Ficus obtusifolia</i> | 27.63 |
| | <i>Vitex gaumeri</i> | 25.81 |
| ARBUSTIVO | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 28.58 |
| | <i>Croton glabellus</i> | 22.28 |
| | <i>Hampea trilobata</i> | 19.15 |
| HERBÁCEO | <i>Gimnanthes lucida</i> | 31.25 |
| | <i>Nectandra coriacea</i> | 27.78 |
| | <i>Thrinax radiata</i> | 23.61 |

V.3.2. Principales causas de deterioro de la vegetación y del suelo

A continuación, se listan las principales causas (ambientales y las antropogénicas) que propician el deterioro de la vegetación del predio de estudio.

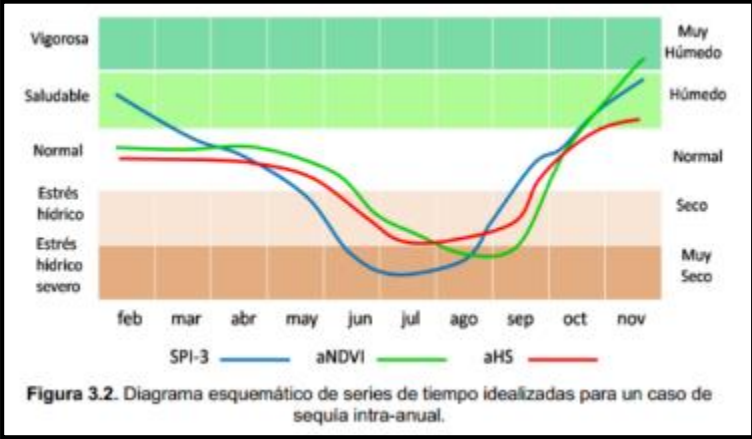
| Causas ambientales | |
|-------------------------------|---|
| Fenómenos hidrometeorológicos | Se refieren principalmente a fenómenos atmosféricos que inciden de forma directa en la zona continental, pero que se originan en mar abierto, hablamos entonces de los huracanes y tormentas, fenómenos hidrometeorológicos que arrastran consigo grandes cantidades de lluvia (agua "dulce") y se acompañan de fuertes vientos, siendo este último factor, la principal causa de deterioro en la vegetación. |

Causas ambientales

Los huracanes son un fenómeno climático típico frecuente en la región del Caribe de Junio a Octubre. Estos pueden causar un severo daño a la infraestructura costera y biodiversidad. El impacto de los huracanes causa defoliación y daño estructural en los árboles, incluyendo árboles desenraizados y descopados. En la vegetación del sureste de México se han observado cambios en la composición de especies y dominancia después del impacto de un huracán, aunque la variación en la diversidad de especies no es considerable. El estado de Quintana Roo en el sureste de México ha sido impactado en el último siglo por al menos 100 huracanes de diferente intensidad. El sur de Quintana Roo no ha sido afectado por huracanes de gran intensidad durante los últimos 30 años. El huracán Dean impactó el 21 de agosto del 2007 el sur de Quintana Roo dañando principalmente a dos tipos de vegetación: el manglar y la selva mediana subperennifolia. El huracán Dean golpeó la costa en categoría 5 de la escala Saffir-Simpson justo al norte del poblado de Majahual con vientos máximos de 280 km por hora (NOAA, 2007). Algunas semanas después del impacto autoridades locales declararon dañadas más de un millón de hectáreas de áreas forestales y enormes pérdidas económicas (Gerald A. Islebe *et al.*, 2009).

Debido a la posición geográfica de Quintana Roo y considerando los posibles escenarios de cambio climático del IPCC, evaluar el impacto de los huracanes es necesario para entender el efecto de un incremento en la frecuencia e intensidad de huracanes y su impacto sobre ecosistemas en el sureste de México. En un estudio realizado por Gerald A. Islebe *et al.* (2009), titulado "Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México", se concluyó que la selva mediana subperennifolia sufrió un daño menor en comparación con la vegetación de manglar. Un mes después del impacto del huracán Dean las especies arbóreas mostraron una foliación superior al 80%. Mientras que el daño estimado para el dosel fue de 40 a 50%; y en promedio un 40% de los árboles fue desenraizado. La mayor parte de los árboles desenraizados correspondieron a las especies *Platymiscium yucatanum*, *Lysiloma latisiliquum*, *Metopium brownei*, *Lonchocarpus rugosus*, *Coccoloba sp.*, *Psidium sartorianum* y *Neea choriophylla*. El 26% de los árboles fue cortado en la parte media del tronco,

| Causas ambientales | |
|--------------------|--|
| | <p>especialmente <i>Metopium brownei</i> y <i>Caesalpinia mollis</i>. Cerca del 80% de las especies fueron cortadas en la parte media del tronco, siendo las especies más dañadas <i>M. brownei</i>, <i>L. rugosus</i>, <i>L. latisiliquum</i>, entre otras.</p> |
| Sequía | <p>Existen diversas definiciones de sequía, dependiendo del sector en el que se experimente el déficit de agua. Adicionalmente, con frecuencia resulta difícil determinar y más aun, proporcionar el inicio y fin de una sequía, lo cual refleja la complejidad de este fenómeno climático. En sí, la sequía corresponde a una disminución natural de la precipitación a diferentes escalas de tiempo (semanas, meses, años o décadas): se presenta en cualquier región climática, con amplias consecuencias encadenadas entre sectores naturales y socioeconómicos. La sequía es una característica temporal del clima en el sentido de que ocurre cuando la lluvia o humedad disponible se desvía apreciablemente por debajo de lo normal.</p> <p>La sequía se puede diferenciar en: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. Para el caso particular de la zona donde se ubica el predio del proyecto, el tipo de sequía que se puede considerar como una causa de deterioro en la vegetación, es la hidrológica, ya que esta se encuentra asociada con los efectos de los períodos de precipitación deficientes que afectan la disponibilidad de agua superficial o del subsuelo. La frecuencia y severidad de este tipo de sequía se definen a menudo a escala de cuenca hidrológica.</p> <p>En el siguiente esquema se presenta una interpretación gráfica de las consecuencias de la sequía en la vegetación.</p> |

| Causas ambientales | |
|---------------------------------|---|
| |  <p>Figura 3.2. Diagrama esquemático de series de tiempo idealizadas para un caso de sequía intra-anual.</p> <p>SPI = sequía; aHS = humedad del suelo; aNDVI = impacto en la vegetación. Tomado de Galván Ortiz L., 2011.</p> |
| Causas antrópicas | |
| Crecimiento de la mancha urbana | <p>Este es quizá una de las causas más importantes que han ocasionado el deterioro de la vegetación en la zona donde se ubica el predio del proyecto, principalmente porque se trata de una zona destinada al desarrollo urbano de la ciudad de Cancún. El establecimiento y crecimiento de centros urbanos tiene consecuencias ambientales profundas, tanto en el sitio en donde se desarrollan como en otros lugares, algunos circundantes y otros más lejanos. Las ciudades tienen una huella ecológica que con frecuencia rebasa sus límites. La concentración de la población ejerce una fuerte presión sobre los bienes y servicios que brindan los ecosistemas de los que depende, pero también puede optimizar su uso cuando la planificación del desarrollo es adecuada. El cambio de uso del suelo que subyace al desarrollo urbano merma muchos servicios ambientales, incluyendo la biodiversidad. Hoy día, mantener la mayor representación de la riqueza biótica y preservar los servicios ambientales que ello implica es un reto fundamental de las ciudades que aspiran a un desarrollo urbano sustentable (Pisanty, I., M. Mazari, E. Ezcurra <i>et al.</i>, 2009).</p> |
| Cambios de uso de suelo | <p>En muchas áreas dentro de la zona de influencia del proyecto, se ha llevado a cabo la remoción total de la vegetación, que va ligado al incremento de la mancha urbana en la zona Sur del centro de población; no obstante lo anterior, cabe destacar que</p> |

| Causas ambientales | |
|---|--|
| | algunos de estos desmontes se encuentran regulados por las autoridades competentes, a través de autorizaciones ambientales que permiten mitigar sus efectos sobre la vegetación y el medio ambiente; sin embargo, en otros casos, los desmontes han sido realizados fuera de la norma, es decir, sin que se hayan aplicado medidas para prevenir o reducir sus efectos sobre el deterioro de la vegetación, lo que trae como consecuencia la pérdida de recursos biológicos forestales, algunos de ellos sin la posibilidad de ser recuperados. |
| Fragmentación ecológica y efecto de borde | La fragmentación se puede definir como el proceso dinámico por el cual un determinado hábitat va quedando reducido a parches o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí en una matriz de hábitat diferentes al original” (Forman <i>et al</i> , 1995), mientras que el “Efecto Borde” puede definirse como el resultado de la interacción de dos ecosistemas adyacentes (Murcia, 1995). La creciente mancha urbana de la zona, ha traído como consecuencia la necesidad de construir redes viales para intercomunicar los complejos urbanos que se van agregando al centro de población, con la consecuente fragmentación del ecosistema, lo que produce un notable deterioro en la vegetación, ya que altera el proceso de regeneración natural, el intercambio de germoplasma y el aislamiento de parches de vegetación. Así mismo, la construcción de las redes vialidades ocasionan el llamado efecto de borde, que trae como consecuencias los siguientes efectos físicos (cambios climáticos en el interior de los parches), biológicos directos (favoreciendo la introducción de nuevas especies colonizadoras) e indirectos (modificando la dinámica de interacción entre especies). |

V.3.3. Fauna

V.3.3.1. Composición faunística

a) Caracterización de la fauna (metodología del inventario)

Para el inventario faunístico del sitio del proyecto, se llevó a cabo un muestreo a través de observaciones directas en campo, para lo cual se aprovecharon las brechas existentes en las zonas aledañas a los polígonos de aprovechamiento; así

como los cuadrantes que se utilizaron para el inventario forestal descritos en el apartado anterior.

De acuerdo con la metodología aplicada se obtuvieron los siguientes resultados, en lo que respecta a la composición de especies de fauna que ocupan la zona de aprovechamiento:

b) Caracterización de la fauna (composición de especies)

Durante los muestreos realizados en el predio del proyecto se logró registrar individuos representativos de tres grupos faunísticos: aves, mamíferos, reptiles; mientras que el grupo de los anfibios no obtuvo registros. En las siguientes tablas se presentan los resultados del inventario faunístico.

| GRUPO | | FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|-----------|-----|-------------|---------------------------------|------------------|
| AVES | 1. | Columbidae | <i>Columbina talpacoti</i> | Tórtola rojiza |
| | 2. | Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Sac pacal |
| | 3. | Cracidae | <i>Ortalis vetula</i> | Chachalaca |
| | 4. | Corvidae | <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | Chara yucateca |
| | 5. | Corvidae | <i>Cyanocorax yncas</i> | Chara verde |
| | 6. | Icteridae | <i>Dives dives</i> | Tordo cantor |
| | 7. | Icteridae | <i>Quiscalus mexicanus</i> | Zanate |
| | 8. | Icteridae | <i>Icterus chrysater</i> | Bolsero |
| | 9. | Icteridae | <i>Icterus gularis</i> | Bolsero |
| | 10. | Mimidae | <i>Mimus gilvus</i> | Cenzontle |
| | 11. | Trochilidae | <i>Amazilia yucatanensis</i> | Colibrí yucateco |
| | 12. | Tyrannidae | <i>Myiozetes similis</i> | Luis gregario |
| | 13. | Vireonidae | <i>Cyclarhis gujanensis</i> | Vireón cejirrufo |
| | 14. | Columbidae | <i>Patagioenas flavirostris</i> | Paloma morada |
| REPTILES | 1. | Iguanidae | <i>Ctenosaura similis</i> | Iguana rayada |
| | 2. | Polychridae | <i>Anolis cristatellus</i> | Lagartija |
| | 3. | Polychridae | <i>Norops sagrei</i> | Lagartija común |
| MAMÍFEROS | 1. | Procyonidae | <i>Nasua narica</i> | Coatí |
| | 2. | Didelphidae | <i>Didelphis virginiana</i> | Tlacuache |

De acuerdo con la tabla anterior, encontramos que para el sitio del proyecto se registraron 19 especies faunísticas de las cuales el grupo mejor representado es el de las aves con 14 especies distribuidas entre 8 familias, siendo la familia Icteridae la mejor representada con 4 especies.

Por lo que toca a la herpetofauna, se registraron 3 especies de reptiles, encontrándose que las lagartijas son los organismos mejor representados de este grupo no se observaron ejemplares de anfibios. En relación a los mamíferos, se registraron 2 especies, los cuales corresponden a organismo de tallas pequeñas y medianas.

Respecto a las especies listadas bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, el estudio arrojó solo una especie (*Ctenosaura similis*) incluida en la misma bajo la categoría de Amenazada; no obstante, es de señalarse que dada la distribución de dicha especie y su capacidad adaptativa, es común encontrarla en sitios perturbados a lo largo de todo el Estado.

V.3.3.2. Abundancia e índice de biodiversidad para la fauna asociada a la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

La abundancia absoluta se calculó como el número total de individuos por unidad de superficie (hectárea) pertenecientes a una determinada especie. La memoria de cálculo de la abundancia absoluta (Aa) para cada grupo faunístico se presenta en las siguientes tablas:

| AVES REGISTRADAS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|---|---|---|---------------------|
| ESPECIE | # DE IND SUP. DE MUESTREO= 9,600 m ² | Aa = # DE IND POR HECTÁREA (10,000 m ²) | ABUNDANCIA RELATIVA |
| <i>Columbina talpacoti</i> | 5 | 5 | 0.114 |
| <i>Zenaida asiatica</i> | 9 | 9 | 0.205 |
| <i>Ortalis vetula</i> | 1 | 1 | 0.023 |
| <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | 3 | 3 | 0.068 |
| <i>Cyanocorax yncas</i> | 3 | 3 | 0.068 |
| <i>Dives dives</i> | 6 | 6 | 0.136 |
| <i>Quiscalus mexicanus</i> | 6 | 6 | 0.136 |
| <i>Icterus chrysater</i> | 1 | 1 | 0.023 |
| <i>Icterus gularis</i> | 1 | 1 | 0.023 |
| <i>Mimus gilvus</i> | 3 | 3 | 0.068 |
| <i>Amazilia yucatanensis</i> | 1 | 1 | 0.023 |
| <i>Myiozetes similis</i> | 2 | 2 | 0.045 |
| <i>Cyclarhis gujanensis</i> | 1 | 1 | 0.023 |
| <i>Patagioenas flavirostris</i> | 2 | 2 | 0.045 |
| TOTAL | 44 | 44 | 1 |

| ANFIBIOS Y REPTILES REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|--|--|--|------------------------|
| ESPECIE | # DE IND SUP. DE MUESTREO = 9,600 m ² | Aa = # DE IND EN SUP DE CUSTF (10,000 m ²) | ABUNDANCIA RELATIVA |
| <i>Ctenosaura similis</i> | 9 | 9 | 0.333 |
| <i>Norops sagrei</i> | 7 | 7 | 0.259 |
| <i>Anolis cristatellus</i> | 11 | 11 | 0.407 |
| TOTAL | 27 | 27 | 1 |

| MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL POLÍGONO DE ESTUDIO (MEMORIA DE CÁLCULO) | | | |
|--|--|--|------------------------|
| ESPECIE | # DE IND SUP. DE MUESTREO = 9,600 m ² | Aa = # DE IND EN SUP DE CUSTF (10,000 m ²) | ABUNDANCIA RELATIVA |
| <i>Nasua narica</i> | 6 | 6 | 0.750 |
| <i>Didelphis virginiana</i> | 2 | 2 | 0.250 |
| TOTAL | 8 | 8 | 1 |

Respecto al cálculo de la biodiversidad, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949) encontrándose los resultados que a continuación se exponen:

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES | | | |
|----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Columbina talpacoti</i> | 0.114 | -3.14 | -0.357 |
| <i>Zenaida asiatica</i> | 0.205 | -2.29 | -0.468 |
| <i>Ortalis vetula</i> | 0.023 | -5.46 | -0.124 |
| <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | 0.068 | -3.87 | -0.264 |
| <i>Cyanocorax yncas</i> | 0.068 | -3.87 | -0.264 |
| <i>Dives dives</i> | 0.136 | -2.87 | -0.392 |
| <i>Quiscalus mexicanus</i> | 0.136 | -2.87 | -0.392 |
| <i>Icterus chrysater</i> | 0.023 | -5.46 | -0.124 |
| <i>Icterus gularis</i> | 0.023 | -5.46 | -0.124 |
| <i>Mimus gilvus</i> | 0.068 | -3.87 | -0.264 |
| <i>Amazilia yucatanensis</i> | 0.023 | -5.46 | -0.124 |
| <i>Myiozetes similis</i> | 0.045 | -4.46 | -0.203 |
| <i>Cyclarhis gujanensis</i> | 0.023 | -5.46 | -0.124 |
| <i>Patagioenas flavirostris</i> | 0.045 | -4.46 | -0.203 |
| $H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ | | | 3.42 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD HERPETOFAUNA | | | |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Ctenosaura similis</i> | 0.333 | -1.58 | -0.528 |
| <i>Norops sagrei</i> | 0.259 | -1.95 | -0.505 |
| <i>Anolis cristatellus</i> | 0.407 | -1.30 | -0.528 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD HERPETOFAUNA | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | | | 1.56 |

| ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| ESPECIE | ABUNDANCIA RELATIVA | LOG ₂ Pi | Pi * LOG ₂ Pi |
| <i>Nasua narica</i> | 0.750 | -0.42 | -0.311 |
| <i>Didelphis virginiana</i> | 0.250 | -2.00 | -0.500 |
| $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ | | | 0.81 |

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la superficie de cambio de uso de suelo, ostenta una buena biodiversidad en cuanto a especies de **aves** se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de **H= 3.42**; y tomando en cuenta que de acuerdo con dicho índice, el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Caso contrario a lo que ocurre con el grupo herpetofaunístico (**H= 1.56**) y mamíferos (**H= 0.81**), en donde el índice alcanzó un valor cercano a 1, lo que indica que su biodiversidad en el ecosistema es baja.

Aun cuando se mencionó con anterioridad, es importante mencionar que la metodología utilizada en el muestreo de fauna dentro de la microcuenca, fue la misma que se aplicó en el predio, y por ende, en la superficie de cambio de uso de suelo. Por lo tanto, la superficie de muestreo, las metodologías y las dimensiones de los sitios o puntos de muestreo tuvieron las mismas dimensiones para ambos casos; por lo que no se presenta la descripción de la metodología de campo, puesto que la misma ya fue descrita en el capítulo previo del presente estudio.

A continuación se presentan los cálculos de densidad absoluta y densidad relativa; así como los datos de frecuencia absoluta y relativa para cada especie identificada por grupo faunístico; de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

Densidad relativa:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de cada especie (\# de individuos muestreados)}}{\text{Número total de individuos muestreados}} \times 100$$

Frecuencia relativa:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \times 100$$

A continuación se presentan los valores de importancia calculados para las especies faunísticas registradas en los diferentes sitios de muestreo.

Índice de diversidad de la comunidad estudiada

Para estimar la biodiversidad de la fauna presente en la superficie de CUSTF, conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada grupo faunístico, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), el cual fue descrito con anterioridad en este capítulo; y en tal sentido, se presentan a continuación los índices calculados por cada grupo faunístico estudiado.

| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%) | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------|
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | IVI |
| <i>Zenaida asiatica</i> | 20.45 | 16.67 | 37.12 |
| <i>Dives dives</i> | 13.64 | 11.11 | 24.75 |
| <i>Quiscalus mexicanus</i> | 13.64 | 11.11 | 24.75 |
| <i>Columbina talpacoti</i> | 11.36 | 11.11 | 22.47 |
| <i>Cyanocorax yncas</i> | 6.82 | 8.33 | 15.15 |
| <i>Cyanocorax yucatanicus</i> | 6.82 | 8.33 | 15.15 |
| <i>Mimus gilvus</i> | 6.82 | 8.33 | 15.15 |
| <i>Myiozetes similis</i> | 4.55 | 5.56 | 10.10 |
| <i>Patagioenas flavirostris</i> | 4.55 | 5.56 | 10.10 |
| <i>Amazilia yucatanensis</i> | 2.27 | 2.78 | 5.05 |
| <i>Cyclarhis gujanensis</i> | 2.27 | 2.78 | 5.05 |
| <i>Icterus chrysater</i> | 2.27 | 2.78 | 5.05 |
| <i>Icterus gularis</i> | 2.27 | 2.78 | 5.05 |
| <i>Ortalis vetula</i> | 2.27 | 2.78 | 5.05 |
| | 100 | 100 | 200 |

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies de aves más importantes que fueron registradas en los sitios de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad y frecuencia son: *Zenaida asiatica* (Paloma alas blancas), *Dives dives* (tordo cantor) y *Quiscalus mexicanus* (zanate), con valores de 37.12, 24.75 y 24.75, respectivamente.

| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%) | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------|
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | IVI |
| <i>Anolis cristatellus</i> | 40.74 | 35.29 | 76.03 |
| <i>Ctenosaura similis</i> | 33.33 | 35.29 | 68.63 |
| <i>Norops sagrei</i> | 25.93 | 29.41 | 55.34 |
| | 100 | 100 | 200 |

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies de reptiles más importantes que fueron registradas en los sitios de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad y frecuencia son: *Anolis cristatellus*, *Ctenosaura similis* y *Norops sagrei*, con valores de 76.03, 68.63 y 55.34 respectivamente.

| ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (A%+F%) | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------|
| ESPECIES | A%= NI/NT * 100 | F%= FI/FT * 100 | IVI |
| <i>Nasua narica</i> | 75.00 | 66.67 | 141.67 |
| <i>Didelphis virginiana</i> | 25.00 | 33.33 | 58.33 |
| | 100 | 100 | 200 |

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, la especie de mamífero más importante que fue registrada en el sitio de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado según su densidad y frecuencia es *Nasua narica* y *Didelphis virginiana*, con valores de 141.67 y 58.33 respectivamente.

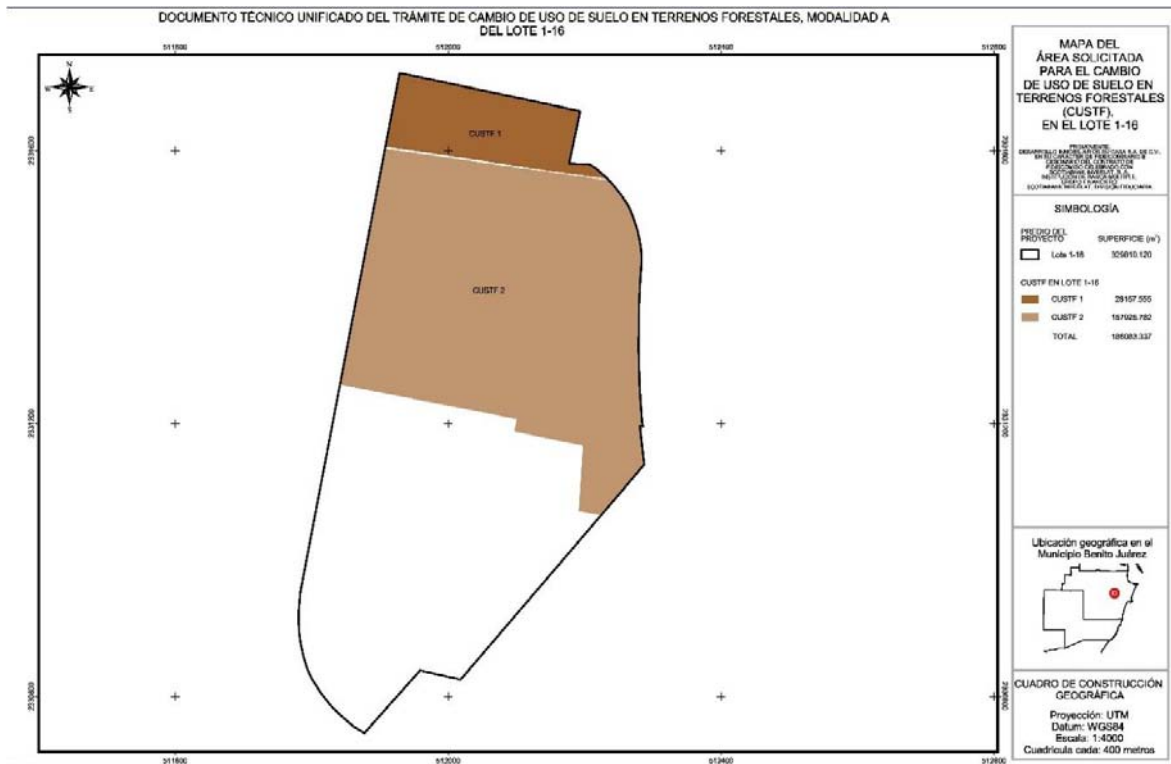
VI. ESTIMACION DEL VOLUMEN POR ESPECIE DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES DERIVADAS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

VI.1.1. Actividades preliminares

Considerando que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales del proyecto “DTU-A LOTE 16” corresponde a 186,083.337 m² (18.60 ha.), y que esta se distribuye en el lote 1-16 de la Manzana 01, dentro de la Supermanzana 314, ubicados en el Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

| LOTES Y SUPERFICIES SOLICITADAS PARA EL CUSTF DEL PROYECTO SM 314 | |
|--|---|
| UBICACIÓN (LOTE) | SUPERFICIE DEL CUSTF (m²) |
| SM 314, MZ 01, LOTE 1-16 | 186,083.337 |
| Total | 186,083.337 |

Así mismo, en el siguiente mapa se presenta la ubicación del lote y la superficie solicitada para el CUSTF, con el fin de identificar las áreas donde se realizará el inventario forestal para poder estimar los volúmenes por especie.



VI.1.2. Diseño del muestreo

Las primeras actividades consistieron en identificar los límites del predio mediante el GPS, una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación (Selva mediana subperennifolia) así como las condiciones en las que ésta se encontraba, la cual fue verificada mediante imágenes satelitales del 2013 con lo que corroboró el tipo de vegetación del sitio.

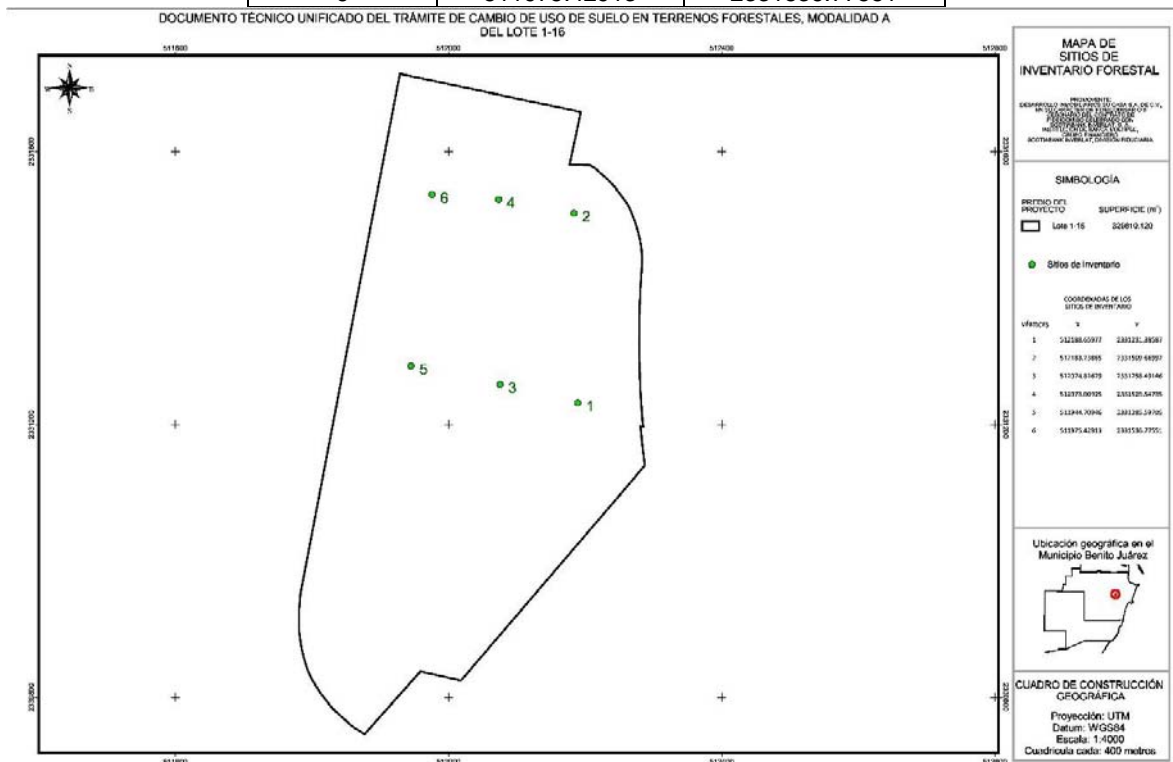
Una vez definida la vegetación y con la finalidad de obtener las características dasonómicas del arbolado existente en el área de estudio, se diseñó un muestreo con 6 sitios de muestreo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

- » **Primer cuadrante:** de 1,600 m² de superficie, para la medición de individuos arbóreos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) igual o mayor a 10 cm.

- » **Segundo cuadrante:** de 25 m² de superficie, para la medición de individuos de porte arbustivo con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) menor a 10 cm.
- » **Tercer cuadrante:** de 1 m² de superficie, para la toma de datos a nivel del estrato herbáceo (regeneración natural del ecosistema).

La distribución de los sitios levantados fue con la intención de obtener una muestra representativa de la vegetación del predio mediante el levantamiento de 9,600 m² (0.96 hectáreas), las cuales considerando que la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales corresponde a 186,083.337 m² ha, representa una intensidad de muestreo del 5.16 %. En la siguiente imagen se presentan las coordenadas (UTM Datum WGS84) de los sitios de muestreo así como la distribución espacial que ocupan en el predio del proyecto.

| VERTICES | X_COORD | Y_COORD |
|----------|--------------|---------------|
| 1 | 512188.65977 | 2331231.38587 |
| 2 | 512183.23865 | 2331509.66992 |
| 3 | 512074.81629 | 2331258.49146 |
| 4 | 512073.00925 | 2331529.54735 |
| 5 | 511944.70946 | 2331285.59705 |
| 6 | 511975.42913 | 2331536.77551 |



VI.1.3.Registro de variable

El levantamiento de los datos incluyó a todos los ejemplares con un diámetro normal a la altura del pecho (DAP) medido a 1.30 metros de altura, mayor o igual a 10 centímetros. Los ejemplares registrados fueron marcados con números consecutivos para su identificación.

Las variables registradas en el inventario forestal fueron las siguientes:

- Número de individuo en el sitio (registro)
- Diámetro normal (DAP) en centímetros
- Altura total en metros.

Así mismo, se llevó a cabo el registro del nombre común y el nombre científico de las especies identificadas, así como su condición (vivo, derribado, muerto, etc.).

1.4. Equipo utilizado

Para la realización de la toma de datos se utilizó el siguiente equipo y materiales:

- *Cinta diamétrica*
- *Cinta métrica*
- *Cámara fotográfica digital*
- *Libreta de campo*
- *Crayones industriales*
- *Pintura en aerosol*
- *Machete*
- *Geoposicionador satelital*

2. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada. En el árbol individual pueden identificarse diferentes categorías de volumen. El árbol completo, esto es considerando todos los componentes, constituye el volumen total; todos aquellos componentes cuyas dimensiones son aceptables para el mercado constituyen el volumen comercial; el volumen de desechos está conformado por secciones maderables del árbol que presentan defectos y dimensiones menores o no comerciales; también existe la denominación

de volumen bruto, cuando se estima el volumen total hasta un diámetro comercial (dlu: diámetro límite de utilización) incluyendo defectos; y si a este último le descontados los defectos, se obtiene el volumen neto. Esos volúmenes pueden expresarse con o sin corteza.

Para la estimación del volumen de las materias primas forestales que derivarán del cabio de uso de suelo, se tomaron en consideración los siguientes criterios:

1. En la zona norte del Estado de Quintana Roo no se cuenta con tablas de volúmenes que permitan calcular de manera precisa el volumen total árbol de las especies nativas existentes en el predio.
2. Los datos de campo, es decir el diámetro a la altura del pecho y la altura del fuste permiten el cálculo del volumen considerando la forma de un cilindro, pero hay que tomar en cuenta que el diámetro del fuste disminuye conforme aumenta la altura de éste. Esto significa que el volumen del fuste siempre es menor al volumen de un cilíndrico. El factor que refleja esta diferencia es el coeficiente mórfico mismo que oscila entre 0.5 y 0.7.
3. Se debe considerar las puntas, ramas, tocones, brazuelos y leña, que representan un volumen considerable del árbol y que tienen diversos usos, destacando la producción de carbón vegetal o artesanías.

Visto lo anterior, se optó por estimar el Volumen Total Árbol (VTA), ya que este incluye la corteza del árbol, fuste, puntas y ramas. La estimación se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$V. T. A. = g * ht * ff$$

Donde

V. T. A.= Volumen total árbol

g= área basal

ht= altura total

ff= factor de forma

Como se mencionó anteriormente, el factor de forma o coeficiente mórfico (ff), oscila entre 0.5 y 0.7, considerando que el fuste de un árbol se asemeja a la forma de un cilindro, pero conforme aumenta la altura de este, se reduce su diámetro asemejando un cono (tipo dendrométrico del fuste), entonces se ha optado por usar

un coeficiente de forma igual a **0.65**, como una media estandarizada, de acuerdo con la siguiente tabla:

FACTOR DE FORMA SEGÚN SU FUSTE

| TIPO DENDROMÉTRICO DEL FUSTE | FACTOR DE FORMA |
|------------------------------|--------------------------|
| Cilíndrico | $ff \geq 0,85$ |
| Paraboloide | $0,85 \geq ff \geq 0,70$ |
| Cono | $0,70 \geq ff \geq 0,50$ |
| Neiloide | $0,50 \geq ff \geq 0,35$ |

Visto lo anterior, a continuación se presentan las estimaciones del volumen total árbol (V. T. A), definido como el volumen que suman todos los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), desde la base hasta la altura total reportada. La información se presenta por hectárea y por superficie de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para cada lote, así como un resumen en las siguientes tablas.

Lote 1-16

| Nombre científico | Estimaciones por Hectárea | | | Estimaciones para el CUSTF (186,083.337 m ²) | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------------|
| | Individuos | AB(m ²) | VOL. T. A. (m ³) | Individuos | AB (m ²) | VOL. T. A. (m ³) |
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> | 10 | 0.15 | 0.78 | 194 | 2.86 | 14.58 |
| <i>Ficus obtusifolia</i> | 35 | 0.59 | 3.13 | 659 | 10.97 | 58.15 |
| <i>Manilkara zapota</i> | 18 | 0.49 | 3.02 | 330 | 9.07 | 56.21 |
| <i>Metopium brownei</i> | 29 | 0.45 | 2.63 | 543 | 8.29 | 48.96 |
| <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 199 | 3.69 | 22.16 | 3702 | 68.75 | 412.42 |
| <i>Gymnopodium floribundum</i> | 3 | 0.03 | 0.18 | 58 | 0.64 | 3.41 |
| <i>Vitex gaumeri</i> | 31 | 0.43 | 2.56 | 582 | 8.07 | 47.58 |
| <i>Lonchocarpus xuul</i> | 10 | 0.15 | 0.97 | 194 | 2.73 | 17.96 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 6 | 0.14 | 1.01 | 116 | 2.59 | 18.74 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 6 | 0.06 | 0.27 | 116 | 1.09 | 5.05 |
| <i>Ficus maxima</i> | 2 | 0.03 | 0.16 | 39 | 0.54 | 2.93 |
| <i>Byrsonima bucidaefolia</i> | 2 | 0.05 | 0.25 | 39 | 0.85 | 4.70 |
| <i>Thouinia paucidentata</i> | 1 | 0.01 | 0.03 | 19 | 0.18 | 0.60 |
| <i>Coccoloba diversifolia</i> | 1 | 0.01 | 0.03 | 19 | 0.19 | 0.63 |
| <i>Eugenia trikii</i> | 3 | 0.03 | 0.15 | 58 | 0.65 | 2.84 |

| | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| <i>Erythroxylum confusum</i> | 1 | 0.01 | 0.05 | 19 | 0.19 | 0.87 |
| <i>Croton glabellus</i> | 1 | 0.01 | 0.02 | 19 | 0.15 | 0.35 |
| <i>Cosmocalyx spectabilis</i> | 1 | 0.02 | 0.17 | 19 | 0.44 | 3.15 |
| <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 2 | 0.02 | 0.11 | 39 | 0.31 | 2.09 |
| <i>Ceiba aesculifolia</i> | 2 | 0.03 | 0.18 | 39 | 0.52 | 3.42 |
| <i>Gimnanthes lucida</i> | 1 | 0.01 | 0.07 | 19 | 0.21 | 1.38 |
| Total general | 367 | 6.41 | 37.94 | 6,823 | 119.27 | 706.01 |

En conclusión y de acuerdo con los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal; se estima un total de 6,823 individuos considerados como materias primas forestales, con un área basal de 119.27 m² y un volumen total árbol de 706.01 m³ que pueden obtenerse en la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Lo anterior se desprende que existe una densidad alta de ejemplares juveniles sin embargo estos no alcanzan diámetros considerables o alturas que se vea reflejado en la estimación del área basal o el volumen total árbol.

VII. PLAZO Y FORMA DE EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

VII.1. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DEL CUSTF

El cambio de uso de suelo forestal se llevará a cabo fundamentalmente como la única etapa del proyecto que se somete a evaluación. Dicha etapa involucra, en orden de ejecución, la delimitación de las áreas de desplante, las actividades de rescate de vegetación y fauna, así como las actividades de desmonte y despalme.

Una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes, el proceso de desarrollo del proyecto pretende realizarse durante un período de 24 meses (2 años), tiempo estimado para el proceso de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.

Así mismo dicha etapa se realizará de acuerdo con lo establecido en la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable que indica:

“La eliminación de la cubierta forestal debe realizarse de manera ordenada con el fin de conservar, proteger y en su caso restaurar la vegetación que no sea requerida para el desarrollo del proyecto.”

Para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales solicitado en una superficie conjunta de 186,083.337 m² (18.60 ha), que corresponden al 56.42% de la superficie total del los predios, se estima un plazo de 2 años (24 meses) como se mencionó anteriormente, mismo que de acuerdo con el cronograma de actividades, implicará la ejecución del cambio de uso de suelo por etapas, con los trabajos que se indican en el siguiente cronograma.

| ACTIVIDADES | CRONOGRAMA (BIMESTRES) | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Aviso de inicio de las actividades | | | | | | | | | | | | | |
| Trazo y delimitación de la superficie de CUSTF | | | | | | | | | | | | | |
| Rescate de vegetación | | | | | | | | | | | | | |
| Rescate de fauna silvestre | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y operación del vivero rústico temporal | | | | | | | | | | | | | |
| Remoción de la vegetación | | | | | | | | | | | | | |
| Despalme y rescate de la tierra vegetal | | | | | | | | | | | | | |
| Trituración del material vegetal | | | | | | | | | | | | | |
| Reforestación | | | | | | | | | | | | | |
| Informes de avances y Finiquito | | | | | | | | | | | | | |

De acuerdo con el programa de trabajo presentado, se tiene que el proyecto, en lo que se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo, se realizará en 2 años, divididos en 12 bimestres.

VII.2. FORMA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

Las actividades requeridas durante el cambio de uso de suelo, consistirán básicamente en el rescate de flora y fauna silvestre de lento desplazamiento; trazo y delimitación de las áreas de aprovechamiento; acondicionamiento del vivero; seguido del desmonte total y posterior despalme e informe de finiquito, entre otras. A continuación se describen las actividades más importantes que se llevarán a cabo.

VII.2.1. Aviso de inicio de actividades

La ejecución del cambio de uso de suelo inicia con el aviso de inicio de actividades por parte de los promoventes a las autoridades correspondientes, se dará aviso a las autoridades ambientales del inicio de las actividades del área sujeta al cambio de uso de suelo contemplado para el desarrollo del proyecto.

VII.2.2. Trazo y delimitación de las áreas de aprovechamiento

A través de un levantamiento topográfico se realizarán los trazos para la delimitación y marcaje de las áreas destinadas a desmontar, este procedimiento comprende una serie de medidas efectuadas en campo utilizando instrumentos de medición y equipo para georreferenciar, como teodolitos y GPS, cuyo propósito final es determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre. Esta actividad implica la medición con apoyo en satélites, mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y procedimientos tradicionales tales como: poligonación, triangulación, trilateración, radiación o la combinación de éstos con equipos de medición de alta precisión. El levantamiento topográfico se sujetará a las normas técnicas emitidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática para levantamientos geodésicos.

El método a aplicar para esta actividad consiste en “Topografía plana”, ya que esta se utiliza para abarcar superficies reducidas y se realizan despreciando la curvatura de la tierra.

VII.2.3. Rescate de flora silvestre

Esta actividad se basa en el Programa de Rescate de Flora Silvestre propuesto para el proyecto, el cual se anexa al presente estudio, y en donde se describe cada una de las actividades implicadas en el rescate.

VII.2.4. Rescate de fauna silvestre

Esta actividad se basa en el Programa de Rescate de Fauna Silvestre propuesto para el proyecto, el cual se anexa al presente estudio, y en donde se describe cada una de las actividades implicadas en el rescate.

VII.2.5. Vivero rústico provisional

Para acopiar y resguardar las plantas provenientes de las áreas que se pretenden desmontar, se establecerá un vivero rústico provisional. En este sitio se realizará también el acopio de suelo y material triturado que se obtenga de las áreas de desmonte para ser reutilizados en las áreas ajardinadas y en la zona que se pretende restaurar. Para la operación y mantenimiento del vivero, se estima el

empleo de seis personas que laboraran en el mismo de manera permanente hasta concluir las actividades de cambio de uso de suelo.

En las imágenes siguientes se muestran actividades de mantenimiento de plantas rescatadas en vivero, de acuerdo con experiencias previas en campo.

VII.2.6. Desmante del sitio

El desmante de la vegetación se realizará una vez que sean liberadas las áreas por el personal encargado de realizar el rescate de flora y fauna silvestre. Hay que considerar que el desmante se realizará en forma gradual y por etapas, lo que permitirá ajustar el desplante para evitar afectaciones directas a la flora y fauna silvestre. Previo al desmante, se identificarán los árboles que serán respetados y que no interfieran con el proyecto, tomando las provisiones necesarias para no dañarlos.

El desmante se realizará con la ayuda de herramientas mecánicas y manuales como motosierra, hacha y machete, así como el empleo de maquinaria (tipo bulldozer y retroexcavadoras), y vehículos de 3 toneladas de carga. Esta actividad implica el siguiente proceso:

Corte o talado de individuos de porte arbustivo y altura considerable (árboles), por una sección próxima al suelo (entre 10 y 20 cm). Esta operación se ejecuta por medio de motosierra.

Separación del fuste y el follaje. Se ejecuta por medio de motosierras.

Acopio de los fustes con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.

Desbroce a través de la separación de los brazos del follaje y se ejecuta por medio de motosierras.

Retiro de tocones y raíces con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.

VII.2.7. Despalme

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de edificios. El

espesor de la capa a despallar por lo general será de 20 cm o el que especifique el proyecto para cada caso. El despalle se ejecutará en terrenos que contengan material tipo I o II.

Material tipo I. Son los materiales fácilmente excavables con pala de mano y sin necesidad de emplear zapapico, aunque esto se use para aumentar los rendimientos. También los que son fácilmente excavables con equipo mecánico ligero, como draga de arrastre, cargador frontal o retroexcavadora montados en tractores de orugas con cuchillas angulables o arado desgarrador para aflojar el material.

Material tipo II. Son los materiales de dureza y contextura tal que no pueden ser económicamente atacados con solo el empleo de pala de mano, pero sí lo son con ayuda de zapapico; con equipo mecánico sin el uso previo de explosivos.

El despalle desalojará vegetación herbácea, la tierra y piedras del sustrato en las áreas de aprovechamiento. La maquinaria utilizada en esta fase de los trabajos será del tipo tractor de orugas y/o trascabo. Se despallará el sitio hasta una profundidad de aproximadamente 30 cm, desalojando la capa superficial del terreno natural, de esta manera se elimina el material que se considere inadecuado.

El retiro de la tierra vegetal consistirá en extraer toda la capa de la misma que contenga material orgánico. El suelo resultante del despalle será rescatado y resguardado dentro de las áreas de aprovechamiento para su uso posterior.

VII.2.8. Informe de avances y de finiquito

Concluida las actividades implicadas en el desarrollo del proyecto, se dará aviso a las autoridades ambientales con el informe final y conclusión del cambio de uso de suelo; y también se realizarán reportes semestrales sobre los avances en las obras de cambio de uso de suelo en el predio, de ser necesario.

VIII. VEGETACIÓN QUE DEBA RESPETARSE O ESTABLECERSE PARA PROTEGER LAS TIERRAS FRÁGILES

VIII.1. TIERRAS FRÁGILES

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, **Tierras frágiles** son *“aquéllas ubicadas en terrenos forestales o preferentemente forestales que son propensas a la degradación y pérdida de su capacidad productiva natural como consecuencia de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal natural”* (Artículo 2, Fracción XXXV).

Así mismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales señala que el concepto de **tierra** incluye a muchos otros componentes, además del suelo. Se define como *“el área específica de la corteza terrestre con características particulares de atmósfera, suelo, geología, hidrología y biología, así como los resultados de la actividad humana pasada y presente en esa área y las interacciones entre todos estos elementos”*(en: www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/.../pdf/cap_3_suelos.pdf).

Por su parte, en un artículo publicado por la FAO, se menciona que **la degradación de las tierras productivas, aunque frágiles**, ocurre en aquellas que reciben de 100 a 1 000 milímetros anuales de lluvia (en: www.fao.org/noticias/2002/020205-s.htm).

Por otra parte, es importante mencionar que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la Agenda 21, adoptada en la Cumbre de la Tierra de 1992, reconoce dos ecosistemas como sumamente frágiles. Se trata de las **zonas secas y las de montaña**, referidas en los capítulos 12 y 13 de dicho documento, respectivamente, y su fragilidad se expresa en varias dimensiones como la social o la biológica, pero es en los suelos donde de manera particular muestra sus manifestaciones más dramáticas. También reconoce como tierras secas las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, las cuales se caracterizan por condiciones climáticas particulares, como son la precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas (en el caso de los desiertos fríos) y elevada evapotranspiración potencial. Técnicamente, las zonas áridas se definen como zonas que tienen un índice de aridez (obtenido a partir del cociente entre la precipitación anual media y la evapotranspiración potencial media) comprendido entre 0.5 y 0.65.

No obstante lo anterior, a continuación se realiza un análisis del grado de erosión que presenta el predio de estudio sin la implementación del proyecto y con el desarrollo de este, a fin de demostrar que las tierras que se encuentran presentes, no pueden ser consideradas como frágiles.

VIII.2. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA ACTUAL DE SUELO A NIVEL DEL PEDIO

VIII.2.1. Descripción del método utilizado

Para evaluar la pérdida actual del suelo que ocurre a nivel del predio, se utilizó el método de “clavos y rondanas”, dado que se trata de un método sencillo, práctico y de bajos costos. El método consiste en utilizar clavos con rondanas, colocados a lo largo de un transecto a intervalos regulares (Fig. 1). La rondana se coloca de manera que descansa sobre la superficie del suelo, tocando ligeramente la cabeza del clavo. El propósito de la rondana es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdido (Fig. 2).

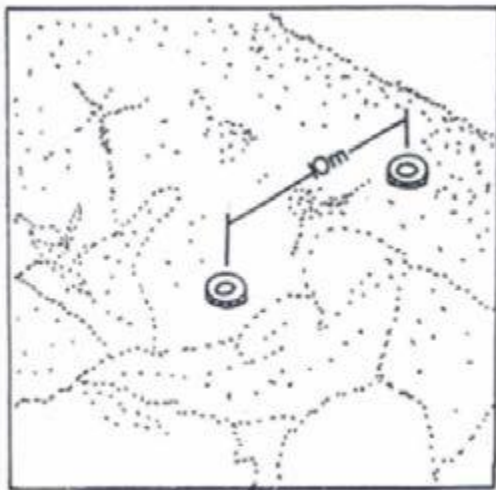


Figura 1.- Colocación de las rondanas

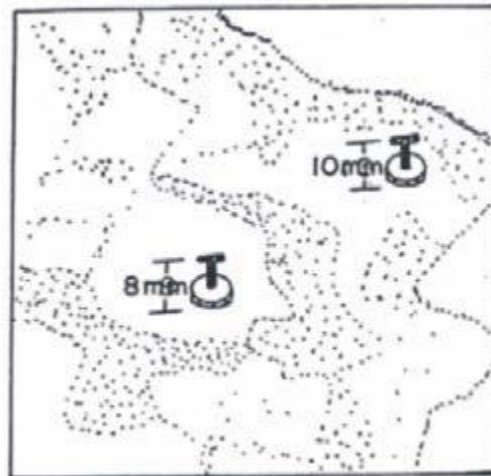


Figura 2.- Medición de lámina pérdida

VIII.2.2. Materiales y equipo utilizado en el muestreo

Para poder "leer" los cambios en el nivel de la superficie del suelo con mayor precisión, se utilizaron clavos estándar de 5 pulgadas, y rondanas planas de acero inoxidable de 2 pulgadas (figuras 1 y 2).



Fig. 1.- Clavos



Fig. 2.- Rondanas

Para ubicar los puntos de muestreo se utilizó un GPS de la marca Garmin calibrado en coordenadas UTM, referidas al Datum WGS84 y a la Zona 16Q Norte. Por otro lado, se utilizó cinta métrica graduada en milímetros para medir los cortes en el terreno; y una cámara fotográfica para el registro de las actividades en campo.

Así mismo, se utilizó un tubo de PVC de 4 cm de altura y 5.08 cm o 2 pulgadas de diámetro, que permitió recolectar un volumen de 81 cm³ ($V=\pi*r^2*h$), por cada muestra tomada del suelo utilizada para el cálculo de la densidad aparente (figuras 3).



Fig. 3.- Tubo de PVC

VIII.2.2.1. Diseño del muestreo

Para la aplicación del método propuesto se llevó a cabo un muestreo por parcelas, utilizando los sitios de muestreo del inventario forestal utilizado para el estudio del

estrato arbustivo, muestreando una parcela por sitio del inventario, lo que nos dio un total de 6 parcelas de muestreo para el suelo en estudio.

Es importante mencionar que en cada punto de muestreo se llevó a cabo una limpieza a matarrasa, en un radio de 1 metro alrededor del clavo, dejando expuesto el suelo a las condiciones climáticas, con el fin de que la materia orgánica en descomposición no afecte o altere las mediciones en campo. Los sitios permanecieron expuestos a las condiciones del medio, en un período de 5 días y al sexto día, se llevó a cabo la toma de datos en campo.

VIII.2.2.2. Registro de datos en campo

Durante los días de muestreo, se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo mediante la cinta milimétrica, asimismo, con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo (81 cm³ por cada muestra), el cual se enterró en la capa superficial del suelo con la ayuda de un mazo pequeño, eliminando únicamente la hojarasca que había en el sitio de la muestra. Posteriormente con ayuda de una pala se sacó el cilindro enterrado y con la ayuda de una navaja se enrasaba el suelo sobresaliente del cilindro para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras obtenidas del suelo fueron secadas a 105 °C hasta obtener un peso constante. Para cada sitio o punto de muestreo, se tomaron cinco repeticiones; una en el centro de cada sitio (cerca del clavo) y una muestra a diez metros del centro, en cada uno de los puntos cardinales, para finalmente obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

Cabe aclarar que el presente método debe ser considerado como una práctica experimental de corto plazo, con la única finalidad de tratar de obtener una estimación cercana a la realidad, pero sin que la misma sea determinante para los análisis presentados en el capítulo XII del DTU-A, ya que como es sabido este tipo de estudios se realizan con periodos de tiempo prolongados obteniéndose una variedad de valores que ayudan a indicar los factores de erosión y acumulación del suelo, además de que dichos estudios contemplan las diferentes estaciones del año o temporadas (nortes, secas y lluvias) como es el caso para el estado de Quintan Roo, no obstante, en el presente capítulo y en posteriores dentro del DTU-A, se presenta la estimación de la erosión a través de la aplicación de la fórmula general de pérdida de suelos, por lo tanto, la siguiente información deberá ser tomada en cuenta más que como complemento a las estimaciones de dicha fórmula general de erosión.

VIII.2.2.3. Pérdida y deposición de suelo

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada sitio de muestreo, considerando el período de 5 días en el que permanecieron “in situ”.

| REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO | | | | | | | Σ Promedio |
|---|-----------------------------|----|----|----|----|---|---------------|
| PARÁMETRO | SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Pérdida (mm) | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | -0.3 mm |
| Deposición (mm) | 0 | +1 | +1 | 0 | +4 | 0 | +0.4 mm |

VIII.2.2.4. Densidad aparente

Para la estimación de la densidad aparente del suelo, se utilizó el método denominado “determinación gravimétrica de la densidad aparente en muestra no alterada”, para lo cual fueron útiles los cilindros o tubos de PVC.

Extraída la muestra de suelo con los cilindros extractores y cubiertos con las tapas para evitar pérdidas de material, se colocó en una estufa con horno a 105-110 °C hasta peso constante (aproximadamente 24 hs). La densidad aparente (kg/m³) se determinó con base en la siguiente fórmula:

$$DA \text{ (kg/m}^3\text{)} = (A-B) / V$$

Donde:

A= peso seco del suelo

B= tara del cilindro (10 gr)

V= volumen de la muestra

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la densidad aparente, para cada muestra obtenida en los sitios de muestreo.

| REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE | | | |
|-------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
| SITIO/MUESTRA | PESO SECO (gr) | TARA DEL CILINDRO (gr) | VOL. DE SUELO (cm ³) |
| 1 | 512 | 10 | 405 |
| 2 | 689 | 10 | 405 |

| REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE | | | |
|---|----------------|------------------------|----------------------------------|
| SITIO/MUESTRA | PESO SECO (gr) | TARA DEL CILINDRO (gr) | VOL. DE SUELO (cm ³) |
| 3 | 498 | 10 | 405 |
| 4 | 590 | 10 | 405 |
| 5 | 580 | 10 | 405 |
| 6 | 699 | 10 | 405 |
| Acumulación (Σ) | 3,568 gr | 60 gr | 2,430 cm ³ |
| Acumulación (Σ) | 3.56 kg | 0.06 kg | 2.43 m ³ |
| DENSIDAD APARENTE = (3.56 kg - 0.06 kg) / 2.43 m ³ | | | |
| DENSIDAD APARENTE = 1.44 kg/m ³ | | | |

Los resultados obtenidos expresados en gramos por centímetro cúbico, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m³), lo que nos arroja un resultado de 0.00144 Ton/m³ para la unidad edáfica.

VIII.2.2.5. Cuantificación de pérdidas

a) **Tasa media de erosión.** Para la cuantificación de la tasa de erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la siguiente fórmula (Pizarro y Cuitiño, 2002):

$$X = Y * Da * 10$$

Donde:

X= pérdida de suelo o suelo erosionado

Y= altura media de suelo erosionado (mm)

Da= densidad aparente (Ton/m³)

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.30 * 0.00144 * 10$$

$$P = 0.00432 \text{ Ton/ha/año}$$

b) **Tasa media de deposición.** Para la cuantificación de la tasa de erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la misma fórmula citada anteriormente (Pizarro y Cuitiño, 2002), pero considerando los valores de deposición obtenidos en campo, de tal manera que la variable “Y” ahora corresponde al valor de deposición promedio del suelo, quedando de la siguiente manera:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.40 * 0.00144 * 10$$

$$P = 0.00576 \text{ Ton/ha/año}$$

c) Erosión neta. Se denomina como erosión neta (En) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea (Cuitiño, 1999). Se expresa como:

$$En = E - S$$

Donde:

En = Erosión neta (ton/ha).

E = Erosión media del estrato (ton/ha).

S = Sedimentación media del estrato (ton/ha).

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$En = 0.00432 \text{ Ton/ha/año} - 0.00576 \text{ Ton/ha/año}$$

$$En = -0.00144 \text{ Ton/ha/año}$$

De acuerdo con el resultado anterior, tenemos una erosión neta para el predio del proyecto de **-0.00144 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo y a favor de la deposición de suelo) una lámina de suelo de 0.000144 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005); y en ese sentido podemos concluir que en la superficie de CUSTF no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión.

Considerando lo señalado en el párrafo que antecede, podemos concluir categóricamente que dadas las condiciones en las que se encuentra actualmente el predio del proyecto, no existen tierras frágiles, pues no presentan evidencias de degradación o pérdida de su capacidad productiva natural, al contrario, existe una deposición anual de 0.000144 mm de suelo.

VIII.3. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DEL SUELO CON EL CUSTF

Para la estimación de la pérdida de suelo que ocurriría en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta con el desarrollo del proyecto, y considerando que se

trata de un caso hipotético con fines de predicción (erosión potencial), se optó por utilizar la siguiente ecuación (Martínez, M., 2005):

$$E_p = R * K * LS$$

Donde:

Ep = Erosión potencial del suelo (t/ha/año).

R = Erosividad de la lluvia (Mj/ha mm/hr).

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

La metodología simplificada y adecuada para utilizarse dicha ecuación en nuestro país, también se puede encontrar en Martínez, M. (2005), como se describe a continuación:

a) La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones (Figura 1). La región bajo estudio se asocia a un número de la región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el **valor de R** (Cuadro 1).



Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país .

| Región | Ecuación | R ² |
|--------|------------------------------|----------------|
| I | $R = 1.2078P + 0.002276P^2$ | 0.92 |
| II | $R = 3.4555P + 0.006470P^2$ | 0.93 |
| III | $R = 3.6752P - 0.001720P^2$ | 0.94 |
| IV | $R = 2.8559P + 0.002983P^2$ | 0.92 |
| V | $R = 3.4880P - 0.00088P^2$ | 0.94 |
| VI | $R = 6.6847P + 0.001680P^2$ | 0.90 |
| VII | $R = -0.0334P + 0.006661P^2$ | 0.98 |
| VIII | $R = 1.9967P + 0.003270P^2$ | 0.98 |
| IX | $R = 7.0458P - 0.002096P^2$ | 0.97 |
| X | $R = 6.8938P + 0.000442P^2$ | 0.95 |
| XI | $R = 3.7745P + 0.004540P^2$ | 0.98 |
| XII | $R = 2.4619P + 0.006067P^2$ | 0.96 |
| XIII | $R = 10.7427P - 0.00108P^2$ | 0.97 |
| XIV | $R = 1.5005P + 0.002640P^2$ | 0.95 |

De acuerdo con los datos de la figura 1 y el cuadro 1, se tiene que el predio del proyecto se ubica dentro de la Región XI y por lo tanto, le aplica la ecuación: $R = 3.7745P + 0.004540P^2$. Así mismo, considerando que la precipitación media anual de la zona en la que se ubica el predio, y por ende la superficie de cambio de uso de suelo es de 1,100 mm, sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos los siguientes resultados:

$$R = 3.7745P + 0.004540P^2$$
$$R = 3.7745 (1,100) + 0.004540 (1,100)^2$$
$$R = 4,151.95 + 0.004540 (1'210,000)$$
$$R = 4,151.95 + 5,493.40$$
$$R = 9,645.35 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

b) Erosionabilidad (K). La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

Tamaño de las partículas del suelo
Contenido de materia orgánica.
Estructura del suelo.
Permeabilidad.

Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica

| Textura | % de materia orgánica | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | 0.0 – 0.5 | 0.5 - 2.0 | 2.0 – 4.0 |
| Arena | 0.005 | 0.003 | 0.002 |
| Arena fina | 0.016 | 0.014 | 0.010 |
| Arena muy fina | 0.042 | 0.036 | 0.028 |
| Arena migajosa | 0.012 | 0.010 | 0.008 |
| Arena fina migajosa | 0.024 | 0.020 | 0.016 |
| Arena muy fina migajosa | 0.044 | 0.038 | 0.030 |
| Migajón arenosa | 0.027 | 0.024 | 0.019 |
| Migajón arenosa fina | 0.035 | 0.030 | 0.024 |
| Migajón arenosa muy fina | 0.047 | 0.041 | 0.033 |
| Migajón | 0.038 | 0.034 | 0.029 |
| Migajón limoso | 0.048 | 0.042 | 0.033 |
| Limo | 0.060 | 0.052 | 0.042 |
| Migajón arcillo arenosa | 0.027 | 0.025 | 0.021 |
| Migajón arcillosa | 0.028 | 0.025 | 0.021 |
| Migajón arcillo limosa | 0.037 | 0.032 | 0.026 |
| Arcillo arenosa | 0.014 | 0.013 | 0.012 |
| Arcillo limosa | 0.025 | 0.023 | 0.019 |
| Arcilla | 0.013 - .029 | | |

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 del INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio se encuentran dentro de la siguiente unidad edafológica (ver capítulo 5):

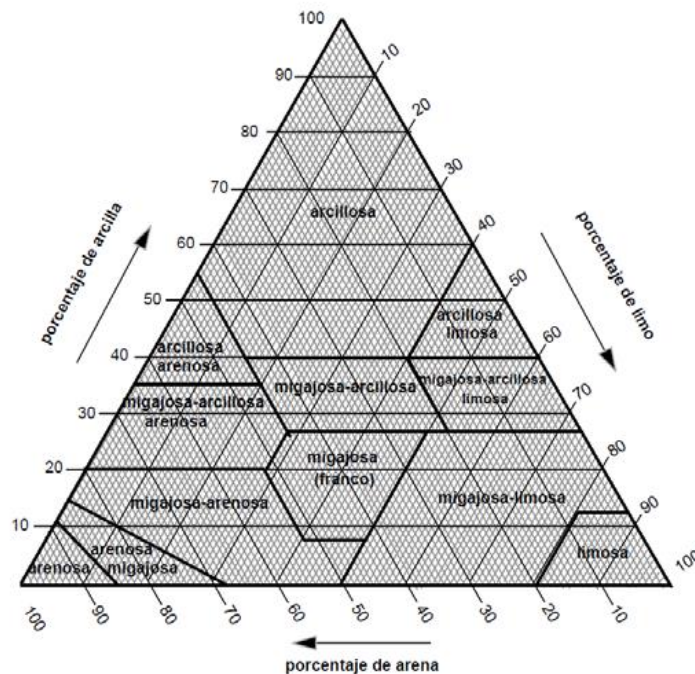
E+I/2/L. Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.

El tipo de suelo citado anteriormente, presenta una clase textural media y distinto contenido de materia orgánica. De acuerdo con el INEGI (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), las clases texturales del suelo indican cuál de las partículas de suelo (arena, limo o arcilla) domina en los 30 cm superficiales del suelo, a saber:

- Textura gruesa. Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
- Textura media. Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.

- Textura fina. Más del 35% de arcilla.

Tomando en cuenta que el tipo de suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo presenta una clase textural media, es decir, menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena, entonces tenemos que se trata de suelo con textura migajosa arcillosa, de acuerdo con el “Diagrama de texturas según el Departamento de Agricultura de los EUA”, utilizado en el Laboratorio de Análisis de Materiales del INEGI con adecuación de términos (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), el cual se muestra en la siguiente imagen.



En cuanto a la materia orgánica en los suelos predominantes, tenemos que la **Rendzina** es predominante por ser la unidad edáfica primaria, y son ricos en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%); mientras que el **Litosol** se presenta como suelo secundario, pero también es rico en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%).

Entonces tenemos que el suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo es de textura migajón arcilloso y el contenido de materia orgánica de más del 2.0%, por lo tanto el valor de K sería 0.021 de acuerdo con los datos del cuadro 2 presentado anteriormente.

c) Longitud y Grado de pendiente (LS)

La pendiente se estima como:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Ha = Altura de la parte alta del terreno (m).

Hb = Altura de la parte baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

De acuerdo con el levantamiento topográfico realizado en la superficie de cambio de uso de suelo:

La altura de la parte alta del terreno es de 8 msnm;

La altura de la parte baja del terreno es de 6; y

La longitud del terreno analizada de 495 m (equivalente al largo aproximado del predio).

Entonces la pendiente seria de:

$$S = 8 - 6 / 495$$

$$S = 2 / 495$$

$$S = 0.0040 (100)$$

$$S = 0.40 \%$$

Al conocer la pendiente y la longitud de la pendiente, entonces el factor **LS** se calcula como:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5.

De acuerdo con los resultados obtenidos, y sustituyendo los valores en la fórmula tenemos:

Longitud de la pendiente de 495 m
Pendiente media del terreno 0.40%
Valor constante de “m” = 0.5

LS se calcula como:

$$LS = (495)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.40) + 0.00138 (0.40)^2]$$

$$LS = (22.24) (0.0138 + 0.00386 + 0.0002208)$$

$$LS = (22.24) (0.0178808)$$

$$LS = 0.39$$

d) Finalmente calculamos la **Erosión Potencial** como:

$$Ep = R * K * LS$$

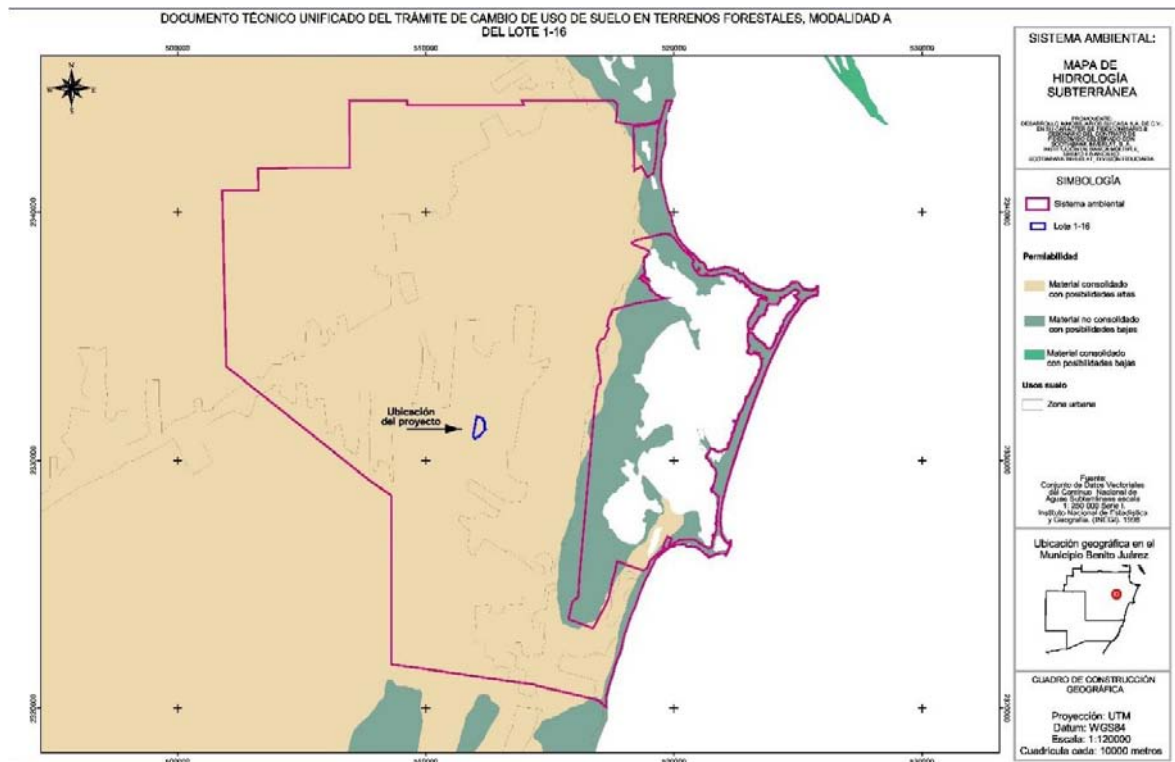
$$E = (9,645.35) (0.021) (0.39)$$

$$E = 78.99 \text{ t/ha/año}$$

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 78.99 t/ha/año en la superficie de cambio de uso de suelo con la eliminación de la vegetación, pero sin medidas preventivas, de mitigación o de conservación de suelos; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 7.89 mm (0.78 cm), si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

Entonces tenemos que si la capa de suelo que se estima existe en la superficie de CUSTF, es de 10.6 cm, podemos afirmar que el suelo se perdería por procesos erosivos en su totalidad, en un plazo de 8.26 años, si consideramos que se estima una pérdida de 0.78 cm anuales (según los resultados obtenidos del cálculo de erosión potencial), lo cual se considera un plazo bastante extenso y que nos indica que la superficie de CUSTF no posee tierras frágiles; sumado a que la regeneración natural del ecosistema a nivel del sotobosque ocurriría en un plazo estimado de 1 a 2 años, por lo tanto, se considera corto el tiempo que transcurriría para que se restablezca nuevamente el factor de protección del suelo que ha sido eliminado hipotéticamente, es decir, la cobertura vegetal.

En conclusión, podemos determinar que las tierras donde se realizará el proyecto no están catalogadas como zonas frágiles, aun cuando se pretende eliminar la vegetación, pues no existe degradación hídrica o eólica y no presenta pendientes, ni condiciones climáticas extremas (precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas), y sus suelos son altamente permeables, pues se ubican en una zona con posibilidades altas de funcionar como acuíferos, tal como puede observarse en el plano de la página siguiente, basado en la carta de hidrología subterránea del INEGI (escala 1:250000).



IX. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación del impacto ambiental está dirigida a efectuar análisis detallados de diversos proyectos de desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos ambientales que puede ocasionar su ejecución. De esta manera es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto (análisis costo-beneficio ambiental) y, en su caso, determinar las condiciones para su ejecución y las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales que será necesario tomar para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

El impacto ambiental se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Artículo 3o, Fracción XIX, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente); en este sentido, cualquier cambio que el proyecto ocasione sobre el ambiente, será considerado como un impacto ambiental.

Por otro lado, la evaluación del impacto ambiental es un proceso de análisis que sirve para prever los futuros cambios en el ambiente, sean de tipo antropogénico o generados por el mismo ambiente; asimismo, permite elegir aquella alternativa de proyecto cuyo desarrollo maximice los beneficios hacia el ambiente y disminuya los impactos no deseados; por lo tanto, el término impacto no implica en sí mismo negatividad, ya que estos también pueden ser positivos.

En los capítulos anteriores se describieron las características generales del proyecto así como la situación ambiental y socioeconómica en la que se enmarca. En el presente capítulo se realiza el análisis de los impactos ambientales. En este análisis no sólo se tomarán en cuenta las afectaciones en el sitio del proyecto, sino también en el área de influencia definida en el marco ambiental correspondiente al sistema ambiental, con el fin de no limitar los alcances del mismo.

IX.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación del impacto ambiental se ha seleccionado el método de Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto. Se trata de una metodología que permite identificar los impactos ambientales a través de la interacción de cada una de las actividades del

proyecto con los distintos factores del medio ambiente. Consiste en una matriz de doble entrada, en cuyas filas se desglosan los elementos del medio que pudieran ser afectados (físico abiótico, físico biótico y socioeconómico), y estos a su vez se dividen por factores ambientales (aire, agua, suelo, geomorfología, paisaje, flora, fauna, demografía, sector primario y sector secundario); en tanto que las columnas contienen las actividades del proyecto causales del impacto.

IX.2. JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA

Este método fue seleccionado debido a que está confeccionado con el fin de poder adaptarse a todo tipo de proyectos por su carácter generalista y dado que permite la integración de conocimientos sectoriales, pudiendo actuar como hilo conductor para el trabajo de un equipo interdisciplinario; esto lo hace especialmente útil y práctico como herramienta para estudios de impacto ambiental; aunado a que el modelo es bastante completo y permite, partiendo de un diagrama arborescente del sistema ambiental, hacer una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto ambiental, logrando esto último mediante el empleo de funciones de transformación. Además, posibilita comparar los impactos del proyecto en los escenarios del medio, sin implementar medidas protectoras y con la aplicación de ellas.

Entre las ventajas del método seleccionado se pueden citar las siguientes: 1) permite la obtención de un índice global de impactos; 2) se adapta a diferentes tipos de proyectos; 3) pondera los efectos mediante la asignación de pesos; y 4) realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa del impacto.

IX.3. INDICADORES DE IMPACTO

De manera previa a la construcción de la Matriz de Causa-Efecto, se realizó una selección de indicadores de impacto, los cuales servirán para obtener una aproximación cercana a la realidad respecto de las interacciones que se establecerán en la matriz.

Una definición genéricamente utilizada del concepto de Indicador establece que éste constituye *“un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio”* (SEMARNAT, 2002).

Por indicadores de impacto ambiental se entiende la expresión medible de un impacto ambiental, aquella variable simple o expresión más o menos compleja que mejor

representa la alteración. De esta manera, un indicador debe ser capaz de representar numéricamente aquello que se pretende valorar (Gómez-Orea, 2003).

Se buscaron indicadores de impacto que fueran:

- **Representativos:** Se refiere al grado de información que posee el indicador respecto al impacto global de la obra.
- **Relevantes:** Se refiere a que la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- **Excluyentes:** Se refiere a que no exista superposición con otros distintos indicadores.
- **Cuantificables:** Se refiere a que sea posible medirlo en términos cuantitativos para estimar la magnitud del impacto.
- **De fácil identificación:** Se refiere a que su definición sea clara y concisa.

IX.4. LISTADO DE LOS INDICADORES DE IMPACTO

En la siguiente tabla se presenta la lista de los indicadores de impacto seleccionados para el proyecto de acuerdo con sus características de representatividad, relevancia y por ser excluyentes, cuantificables y de fácil identificación.

| COMPONENTE DEL MEDIO | INDICADORES DE IMPACTO |
|------------------------|--|
| Atmosfera | Número de fuentes móviles |
| | Tiempo de operación de las fuentes móviles |
| | Volumen de partículas suspendidas |
| Suelo | Volumen del recurso removido |
| | Superficie de aprovechamiento |
| | Superficie de despalme |
| | Volumen de residuos sólidos y líquidos generados |
| Hidrología subterránea | Volumen de aguas residuales generadas |
| Paisaje | Superficie modificada |
| Flora | Superficie de desmonte |
| | Superficie de áreas verdes |
| Fauna | Superficie de desmonte |
| | Superficie de áreas verdes |
| | Tiempo de vida útil del proyecto |
| Socioeconómico | Número de empleos temporales o permanentes |
| | Maquinaria y equipo requerido |
| | Inversión del proyecto |
| | Tiempo de vida útil del proyecto |
| | Tiempo de duración del cambio de uso de suelo |

IX.5. VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A NIVEL CUALITATIVO

Una vez definidos los indicadores de impacto, a continuación se presenta la Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto propuesta para la evaluación de los impactos ambientales. En dicha matriz se establecerán las interacciones acción-factor ambiental, en donde las acciones se incluirán en las columnas, en tanto que los factores ambientales se desglosarán por filas; en este sentido, cuando una acción afecte uno o varios factores ambientales, se marcará la celda común a ambas. Cabe mencionar que en esta etapa de la evaluación de los impactos, la valoración de los mismos es de tipo cualitativa, y servirá de base para establecer la valoración a nivel cuantitativo que se presenta en apartados posteriores.

| MATRIZ DE CRIBADO MATRIZ DE CAUSA-EFECTO En las columnas se colocaron todas aquellas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo y en las filas se incluyeron todos y cada uno de los componentes del ambiente que se verán afectados por dichas actividades. La celda que indicaba una posible interacción entre ambos componentes de la matriz, fue marcada con una "x". | | CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES ACTIVIDADES | | | | | | | |
|---|------------------------|--|--------------------------------|----------------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------------|------------------------------------|
| | | Contratación de personal | Compra y renta de materiales y | Trazo y delimitación | Rescate de flora y fauna | Desmante | Despalme | Triturado del material vegetal | Mantenimiento de plantas en vivero |
| COMPONENTES DEL MEDIO | | | | | | | | | |
| Abiótico | Aire | - | - | - | - | - | x | x | - |
| | Edafología (suelo) | - | - | - | - | x | x | - | - |
| | Hidrología subterránea | - | - | - | - | x | - | - | - |
| Biótico | Flora | - | - | - | x | x | - | - | x |
| | Fauna | - | - | x | x | x | x | x | - |
| Perceptual | Paisaje | - | - | - | - | x | - | - | - |
| Socioeconómico | Sector social | x | - | - | - | - | - | - | - |
| | Sector económico | - | x | - | - | - | - | - | - |

En la matriz de causa-efecto, el signo negativo (-) indica que no se identificaron interacciones entre la actividad del proyecto y el componente del medio en cuestión. Así mismo, a partir de dicha matriz se identificaron 16 posibles interacciones entre los diferentes componentes del medio y las obras y actividades implicadas durante el cambio de uso del suelo. De los componentes del medio la flora y la fauna serán los elementos que tendrá mayor interacción con el proyecto, por lo que se prevé que serán los recursos naturales que recibirán el mayor número de impactos ambientales que se generen.

IX.6. VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A NIVEL CUANTITATIVO

Una vez definidas las interacciones entre los componentes del medio y las actividades del proyecto, se procede a valorarlos cuantitativamente a través de criterios de valoración (descritos más adelante). A cada criterio se le asignará un valor numérico y consecuentemente se realizará la sumatoria de los valores asignados aplicando el algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), modificado, el cual se indica como sigue:

Valor de importancia (VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc).

El resultado obtenido en la aplicación del algoritmo, permitirá determinar más adelante el valor de importancia de cada impacto identificado. Como paso final, el resultado será ponderado con una escala de referencia (definida más adelante), a fin de establecer aquellos impactos relevantes o significativos que generará el proyecto.

IX.6.1. Criterios seleccionados para la valoración de los impactos y asignación de rangos para los criterios de evaluación

En el siguiente cuadro se presentan los criterios de valoración con sus correspondientes atributos, que permitirán valorar cuantitativamente cada impacto ambiental identificado.

Como puede verse en el siguiente cuadro, para la evaluación cuantitativa del impacto, se utilizarán 9 criterios y 25 atributos.

Así mismo de manera previa a la valoración cuantitativa de los impactos ambientales a través del algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), a continuación se

procede a la asignación de rangos para los criterios de valoración por cada uno de sus atributos, según corresponda, a fin de poder obtener un valor de ponderación para los impactos asociados al cambio de uso de suelo (ver tabla siguiente).

| CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS | | | |
|---|---|--|-------|
| CRITERIO | DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO | ATRIBUTOS | VALOR |
| Carácter | Cuando hablamos del carácter del impacto, simplemente aludimos a si es beneficioso o dañino, lo cual suele indicarse con un signo <i>positivo (+)</i> o <i>negativo (-)</i> . | Positivo.- Las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico) se benefician y mejoran. | + |
| | | Negativo.- Las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico) de dañan o deterioran. | - |
| Intensidad (In) | Si por definición la intensidad es el grado de fuerza, cuando hablamos de la intensidad del impacto nos referimos a su nivel de destrucción si se trata de un impacto negativo, o de beneficio, si es positivo. Con un propósito práctico el grado de destrucción o beneficio se define como alto, medio o bajo, para identificar diferentes niveles de daño o mejora en las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico). | <u>Intensidad baja</u> : cuando el impacto ocasione una destrucción o produzca un beneficio menor al 50 % sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto. | 1 |
| | | <u>Intensidad media</u> : cuando el impacto ocasione sobre el recurso una destrucción o un beneficio mayor al 50 % con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto, pero no su destrucción total o un beneficio máximo. | 2 |
| | | <u>Intensidad alta</u> : cuando el impacto ocasione una destrucción total o produzca un beneficio máximo sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto. | 3 |
| Extensión (Ex) | La extensión permite considerar algo tan importante como las características espaciales del impacto, es decir, hasta dónde llega su efecto. Bajo este criterio los impactos se dividen en puntual, cuando afecta un espacio muy localizado; extenso si afecta un espacio muy amplio, o parcial si afecta un espacio intermedio, al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores. Para este criterio es necesario establecer una escala espacial relativa, referida al factor que se analiza, que a su vez ayudará a precisar las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto. | <u>Puntual</u> : cuando el impacto sólo afecte la superficie donde se esté realizando la obra o actividad de que se trate. | 1 |
| | | <u>Parcial</u> : cuando el impacto afecte una superficie mayor al sitio donde se esté realizando la actividad de que se trate, pero dentro de los límites del sistema ambiental. | 2 |
| | | <u>Extenso</u> : cuando el efecto del impacto se produzca más allá de los límites del sistema ambiental. | 3 |

| CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS | | | |
|---|---|--|-------|
| CRITERIO | DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO | ATRIBUTOS | VALOR |
| Relación- causa efecto (Ce) | Hace alusión a la inmediatez del impacto y su posición en la cadena de efectos. Los impactos directos son también llamados primarios, son los más obvios pues ocurren casi al mismo tiempo que la acción que los causa, mientras que los indirectos son llamados secundarios, terciarios, etc. | Indirecto.- Si el efecto tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor entonces se dice que es indirecto. | 1 |
| | | Directo.-Si el impacto tiene un efecto inmediato sobre algún factor del medio se habla de impacto directo. | 2 |
| Momento (Mo) | Alude al momento en que ocurre el impacto, es decir, el tiempo transcurrido desde que la acción se ejecuta y el impacto se manifiesta. Este tipo de impacto puede ocurrir a corto plazo, si se manifiesta inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción; a largo plazo si se expresa mucho tiempo después de ocurrida la acción; o a mediano plazo si se manifiesta en un momento después de ocurrida la acción que resulta intermedio al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores. | <u>Corto plazo</u> : si el impacto ocurre un mes después de que se produzca el factor que lo genera. | 1 |
| | | <u>Mediano plazo</u> : cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a un mes, pero menor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera. | 2 |
| | | <u>Largo plazo</u> : cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera. | 3 |
| Persistencia (Pe) | Se refiere al tiempo que permanece actuando el impacto, es decir, la duración que teóricamente tendrá la alteración del factor que se está valorando. Así, se considera permanente aquel impacto que provoca una alteración indefinida en el tiempo; temporal aquel que causa una alteración transitoria; y fugaz aquel que causa una alteración breve. Para este tipo de criterio es necesario establecer una escala temporal relativa, referida al factor que se analiza y para ello se tomará como base el cronograma del proyecto, el cual permitirá establecer un tiempo concreto de duración ajustado a la realidad del proyecto. | <u>Fugaz</u> : si el impacto deja de manifestarse en un período que abarca de un día a un mes después de haber desaparecido el factor que lo genera. | 1 |
| | | <u>Temporal</u> : si el impacto se manifiesta en un período de tiempo mayor a un mes pero sólo durante el cambio de uso de suelo, que se estima, durará 24 meses. | 2 |
| | | <u>Permanente</u> : si el impacto se manifiesta en forma posterior a la finalización del cambio de uso de suelo, es decir, durante toda la vida útil del proyecto. | 3 |
| Periodicidad (Pr) | Alude a la regularidad o grado de permanencia del impacto en un período de tiempo. | Irregular.- Se manifiesta de forma discontinua e impredecible en el tiempo. | 1 |
| | | Periódico.- Se expresa de forma regular pero intermitente en el tiempo. | 2 |
| | | Continuo.- Si el cambio se manifiesta constante o permanentemente en el tiempo Este último, en su aplicación tiende a confundirse con el impacto permanente, sin embargo, el | 3 |

| CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS | | | |
|---|---|--|-------|
| CRITERIO | DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO | ATRIBUTOS | VALOR |
| | | impacto permanente concierne a su comportamiento en el tiempo y el continuo al tiempo de actuación. | |
| Reversibilidad (Rv) | En ocasiones, el medio alterado por alguna acción puede retornar de forma natural a su situación inicial. Este criterio no se considera para evaluar los impactos al medio socioeconómico, puesto que los elementos que lo integran no son de tipo natural. | Reversible.- Cuando la acción cesa | 1 |
| | | Irreversible.- Al desaparecer dicha acción, no es posible el retorno al estado original de manera natural | 2 |
| Recuperabilidad (Rc) | No siempre es posible que el medio alterado por alguna acción pueda regresar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa. En tales casos debemos tomar medidas para que esto ocurra. | Preventivo.- cuando se aplican medidas que impiden la manifestación del impacto.* | 0 |
| | | Recuperable.- cuando éste desaparece al cesar la acción que lo causa. | 1 |
| | | Mitigable.- aquel donde la aplicación de medidas correctoras sólo reducen el efecto de la acción impactante, sin llegar a la situación inicial.* | 2 |
| | | Irrecuperable.- cuando al desaparecer la acción que lo causa no es posible el retorno a la situación inicial, ni siquiera a través de medidas de protección ambiental, por lo que además de medidas mitigadoras para reducirlo, debemos aplicar las llamadas medidas compensatorias para remediarlo.** | 3 |

*En los casos, preventivo y mitigable, aplican las llamadas medidas preventivas o de mitigación, a las cuales nos referiremos en el próximo capítulo.

**La categoría de recuperabilidad no aplica a los impactos positivos, pues su definición abarca el concepto de medidas mitigadoras o compensatorias que solo se aplican a los impactos negativos. Para los impactos positivos se manejan las llamadas medidas optimizadoras encaminadas a perfeccionar, ampliar y expandir el beneficio del impacto positivo; sin embargo, para el presente estudio estas medidas no fueron consideradas, ya que no afectan ni deterioran a los elementos del medio.

IX.7. CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

A continuación se presentan los cálculos realizados para la valoración de los impactos ambientales identificados (nivel cuantitativo), utilizando el algoritmo seleccionado (modificado de Gómez Orea, 1988), el cual se describe como sigue:

$$VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$$

Donde:

VIM = Valor de importancia del impacto

(+/-) = positivo o negativo

In = Intensidad

Ex = Extensión

Ce = Causa-efecto

Mo = Momento

Pe = Persistencia

Pr = Periodicidad

Rv = Reversibilidad

Rc = Recuperabilidad

A continuación, se presenta la valoración cuantitativa de los impactos ambientales identificados, tomando como base las interacciones establecidas en la matriz de causa-efecto, descrita anteriormente.

| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
|---|--|--------------------------------|----------|
| Impacto ambiental identificado: | | Generación de empleos | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Socioeconómico (sector social) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| De acuerdo a lo obtenido de la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el cambio de uso del suelo, será la contratación de personal especializado para realizar los trabajos involucrados. La acción de contratar personal, influye de forma directa en el sector social al ofrecer fuentes de empleo, de carácter temporal y permanente. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al constituirse como una fuente de empleos directos e indirectos. | Positivo | + |
| Intensidad (In) | La cantidad de personal requerido para el desarrollo del cambio de uso de suelo es baja, ya que sólo se requieren 50 trabajadores para llevarlo a término, incluyendo al responsable de supervisar la ejecución del CUSTF. | Baja | 1 |

| | | | |
|---|--|--------------------|------------|
| Extensión (Ex) | El personal que será contratado, será aquel que radique en la Localidad de Cancún; por lo que se considera que el beneficio por la generación de empleos, rebasará los límites de la superficie de CUSTF, pero no del sistema ambiental. | Parcial | 2 |
| Causa-efecto (Ce) | Sin la contratación de personal, resulta imposible la ejecución del proyecto en sus distintas etapas. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | La contratación del personal será inmediata, ya que sin ello no se podrá dar inicio al cambio de uso del suelo. | Corto plazo | 1 |
| Persistencia (Pe) | Al finalizar el cambio de uso del suelo, también cesará el contrato de los trabajadores involucrados en el proyecto. | Temporal | 2 |
| Periodicidad (Pr) | Los trabajadores se mantendrán empleados mientras tanto no finalice el cambio de uso del suelo, por lo que su empleo será constante a lo largo del proceso; sin embargo, al finalizar el cambio de uso del suelo, también cesará el contrato de los trabajadores involucrados en el proyecto, por lo que no será continuo. | Periódico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | Consultar apartado 9.6.1. | No aplica | 0 |
| Recuperabilidad (Rc) | Consultar apartado 9.6.1. | No aplica | 0 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| $VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$ $VIM = + (3(1) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 0 + 0)$ $VIM = +14$ | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | +14 |

| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
|---|---|---------------------------------|--------------|
| Impacto ambiental identificado: | | Activación de la economía local | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Socioeconómico (sector social) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| De acuerdo con la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el cambio de uso del suelo, será la compra de material y equipo, así como la renta de maquinaria, necesarios para el desarrollo del proyecto. Esta actividad influye de forma directa en el sector económico al activar la economía de la localidad donde serán adquiridos. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al activar la economía y producir fuentes de ingresos mercantiles. | Positivo | + |
| Intensidad (In) | La inversión que se tiene estimada para la ejecución del cambio de uso de suelo, es mayor que el valor económico de los recursos biológicos forestales del predio, por lo que se considera un impacto alto. | Alta | 3 |
| Extensión (Ex) | El material, equipo y maquinaria que se requiere para el cambio de uso del suelo, podrá ser adquirido en los comercios locales, que sin embargo, se encuentran fuera | Parcial | 2 |

| | | | |
|---|---|--------------------|------------|
| | de los límites de la superficie de CUSTF pero dentro del sistema ambiental. | | |
| Causa-efecto (Ce) | Sin la compra de material y equipo, y la renta de maquinaria para llevar a cabo el cambio de uso del suelo, resulta imposible la ejecución del proyecto en sus etapas iniciales. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | La inversión total del proyecto se verá reflejada hasta finalizar el cambio de uso de suelo, que se estima, será en 2 años. | Largo plazo | 3 |
| Persistencia (Pe) | La inversión del proyecto se verá reflejada a lo largo de los 2 años que se requieren para su ejecución, pero cesará al término del cambio de uso de suelo. | Temporal | 2 |
| Periodicidad (Pr) | Los beneficios económicos que generará el proyecto, se mantendrán a lo largo del tiempo, pues permearán a distintos sectores de la sociedad y seguirán generando activos de manera indirecta. | Permanente | 3 |
| Reversibilidad (Rv) | Consultar apartado 9.6.1. | No aplica | 0 |
| Recuperabilidad (Rc) | Consultar apartado 9.6.1. | No aplica | 0 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = + (3(3) + 2(2) + 2 + 3 + 2 + 3 + 0 + 0) | | | |
| VIM= +23 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | +23 |

| | | | |
|---|---|--------------------------|--------------|
| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
| Impacto ambiental identificado: | | Perturbación del hábitat | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Biótico (fauna) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| De acuerdo con la matriz de causa y efecto, todos los trabajos que se realizarán en las zonas de aprovechamiento, tendrán una interacción directa con la fauna del sitio. Al realizarse dichos trabajos, se estarán produciendo factores de perturbación del hábitat, además que se prevé que en esta fase del proyecto se realizará el rescate selectivo de fauna silvestre. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | Los trabajos a realizar en las áreas de aprovechamiento, y las actividades de rescate de fauna, al ser actividades de tipo antrópica, producirá un elemento de alteración (perturbación) en el hábitat de la fauna en sentido negativo. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración estimado de 2 años, sin embargo, se realizarán en forma gradual, aunado a que la mayor parte de las especies de fauna que fueron identificadas en el predio, se caracterizan por estar adaptas a los ambientes perturbados, por lo que se anticipa que el impacto no podrá adquirir mayor intensidad en sus efectos sobre el medio. | Baja | 1 |

| | | | |
|---|---|---------------------|------------|
| Extensión (Ex) | Las actividades referidas se llevarán a cabo en forma puntual, por lo que se prevé que el efecto del impacto se limitará a la superficie de cambio de uso del suelo. | Puntual | 1 |
| Causa-efecto (Ce) | Las actividades a realizar en las áreas de aprovechamiento causantes de perturbación, forman parte directa del cambio de uso del suelo. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | La perturbación del hábitat ocurrirá en forma inmediata cuando se den inicio los trabajos, puesto que involucran la presencia humana en el medio desde su comienzo. | Corto plazo | 1 |
| Persistencia (Pe) | Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración equivalente a 2 años, por lo que a su término, también cesará el impacto. | Temporal | 2 |
| Periodicidad (Pr) | La perturbación del hábitat ocurrirá en forma continua pero intermitente, considerando que el cambio de uso del suelo se realizarán en forma gradual a los largo de los 2 años. | Periódico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | Al cesar el cambio de uso del suelo en las áreas de aprovechamiento, las condiciones de estabilidad en el hábitat para la fauna no se podrán restablecer en forma natural, ya que requiere medidas de restauración. | Irreversible | 2 |
| Recuperabilidad (Rc) | Se mantendrán áreas verdes que albergarán especies nativas producto del rescate de vegetación, y que en su caso, servirán como zona de refugio o hábitat para las especies de fauna que serán desplazadas; sin embargo, esta medida sólo reduce el efecto del impacto, en magnitud. | Mitigable | 2 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| $VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$ $VIM = - (3(1) + 2(1) + 2 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2)$ $VIM = -16$ | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -16 |

| | | | |
|--|---|-----------------------------------|--------------|
| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
| Impacto ambiental identificado: | | Reducción de la cobertura vegetal | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Biótico (flora y fauna) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante el cambio de uso de suelo, ya que dicha actividad implica la remoción de vegetación natural dentro en las zonas de aprovechamiento propuestas para el proyecto, lo que también trae como consecuencia el desplazamiento de la fauna, la pérdida de la cobertura vegetal y por lo tanto de las poblaciones de flora silvestre existentes. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | El impacto ocasiona la pérdida del recurso. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | Se aprovechará el 100 % de los predios. | Alta | 3 |
| Extensión (Ex) | Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto. | Puntual | 1 |
| Causa-efecto (Ce) | El proyecto implica el cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal. | Directo | 2 |

| | | | |
|---|---|---------------------|------------|
| Momento (Mo) | El desmonte se llevará a cabo en forma gradual; por lo tanto, el efecto del impacto en toda su magnitud o intensidad, se verá reflejado hasta el último año. | Largo plazo | 3 |
| Persistencia (Pe) | La pérdida de la cobertura vegetal del predio será permanente durante toda la vida útil del proyecto. | Permanente | 3 |
| Periodicidad (Pr) | Se considera periódico, ya que el desmonte se realizará de manera paulatina durante el plazo establecido en el calendario de actividades. | Periódico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | En caso de cesar la actividad, la vegetación removida no puede recuperar su estado original por medios propios, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración. | Irreversible | 2 |
| Recuperabilidad (Rc) | Se llevará a cabo un rescate de vegetación y fauna, así como la conformación de áreas verdes, dirigido a recuperar un porcentaje de la población de aquellas especies que serán afectadas; contribuyendo con ello a salvaguardar el germoplasma de las especies seleccionadas, en especial de aquellas listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. | Mitigable | 2 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = - (3(3) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2) | | | |
| VIM= -25 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -25 |

| | | | |
|---|--|---------------------------------|--------------|
| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
| Impacto ambiental identificado: | | Reducción y pérdida del hábitat | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Biótico (flora y fauna) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante el cambio de uso de suelo, ya que dicha actividad implica remover la vegetación natural dentro de las zonas propuestas para el aprovechamiento y desarrollo del proyecto (pérdida del hábitat); superficies que actualmente funcionan como hábitat para la flora y la fauna asociada, el cual se verá reducido en superficie. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | El impacto ocasiona la pérdida del recurso. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | Se perderá el hábitat en el 100 % de la superficie de los predios. | Alta | 3 |
| Extensión (Ex) | Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto. | Puntual | 1 |
| Causa-efecto (Ce) | El cambio de uso de suelo que implica el proyecto a través de la remoción de la vegetación, se relaciona en forma directa con la pérdida del hábitat. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | El desmonte corresponde a la etapa del proyecto donde se perderá el hábitat. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al término de dicha actividad, es decir, hasta el último año, considerando que el desmonte se realizará en forma gradual. | Largo plazo | 3 |

| | | | |
|---|--|---------------------|------------|
| Persistencia (Pe) | La pérdida del hábitat será permanente durante toda la vida útil del proyecto. | Permanente | 3 |
| Periodicidad (Pr) | Se considera periódico, ya que el desmonte, y por ende la pérdida del hábitat, ocurrirá de manera paulatina, durante el plazo establecido en el calendario de actividades. | Periódico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | El hábitat para la flora y la fauna no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración. | Irreversible | 2 |
| Recuperabilidad (Rc) | Se mantendrán áreas verdes que albergarán vegetación nativa, la cual podrá fungir como hábitat para la flora y la fauna. | Mitigable | 2 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = - (3(3) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2) | | | |
| VIM= -25 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -25 |

| | | | |
|--|--|---------------------|--------------|
| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
| Impacto ambiental identificado: | | Pérdida del suelo | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Abiótico (suelo) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| Éste impacto será producido durante los trabajos de preparación del sitio, cuando se realicen las actividades de despalme, ya que ello implica la remoción del suelo dentro de la zona de aprovechamiento. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | El impacto ocasiona la pérdida del recurso. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | La pérdida del suelo ocurrirá en el 100 % de la superficie total del predio. | Alta | 3 |
| Extensión (Ex) | Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto. | Puntual | 1 |
| Causa-efecto (Ce) | La pérdida del suelo ocurrirá durante el despalme, por lo que se relaciona en forma directa con el proyecto por tratarse de una actividad propia del cambio de uso del suelo. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | El despalme corresponde a la etapa del proyecto donde se removerá el suelo. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al término de dicha actividad, es decir, hasta los 2 años de iniciado el proyecto, considerando que se realizará en forma gradual y a la par del desmonte. | Largo plazo | 3 |
| Persistencia (Pe) | El suelo que será removido de su sitio natural en forma permanente. | Permanente | 3 |
| Periodicidad (Pr) | Se considera periódico, ya que el despalme, y por ende la pérdida del suelo, ocurrirá de manera paulatina, durante el plazo establecido en el calendario de actividades. | Periódico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | El suelo no podrá restablecerse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración. | Irreversible | 2 |

| | | | |
|---|--|------------------|------------|
| Recuperabilidad (Rc) | La tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) será rescatada y reincorporada al predio en las áreas verdes del proyecto, y una mínima fracción se utilizará para el rescate de las plantas y su mantenimiento en vivero. La capa de suelo sin materia orgánica, será utilizada en trabajos futuros para la nivelación del terreno, por lo que será aprovechado en el mismo sitio, aunque cabe aclarar que esta última actividad no forma parte de la etapa que se somete a evaluación. | Mitigable | 2 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| $VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)$ $VIM = - (3(3) + 2(1) + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2)$ VIM= -25 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -25 |

| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
|---|--|--------------------------|--------------|
| Impacto ambiental identificado: | | Suspensión de sedimentos | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Abiótico (Aire) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| Durante el desmonte, despalme y triturado del material vegetal, se prevé la generación de sedimentos y partículas que podrían quedar suspendidas en el aire debido a la acción del viento, lo que en su caso, podría ocasionar afectaciones al medio circundante. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | Se considera un impacto negativo, debido a la afectación que podría ocasionar la suspensión de sedimentos y partículas sobre el medio circundante. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | El volumen de sedimentos que podrían generarse es considerable, tomando en cuenta que la remoción total de la vegetación, se llevará a cabo en el 100 % de la superficie del predio. | Media | 2 |
| Extensión (Ex) | La acción del viento podría aislar las partículas y sedimentos suspendidos y trasportarlas a zonas lejanas al predio del proyecto, considerando que en las inmediaciones la cobertura vegetal es escasa y aislada; sin embargo las partículas suspendidas pueden ser retenidas por los elementos antrópicos que predominan en el medio, evitando que se extiendan más allá de los límites del sistema ambiental, por lo tanto, el efecto del impacto podrá ocurrir fuera del predio del proyecto pero dentro de la zona de influencia. | Parcial | 2 |
| Causa-efecto (Ce) | El desmonte, despalme y triturado del material vegetal, forman parte de las fases de desarrollo del proyecto. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | El desmonte, despalme y triturado del material vegetal, ocurrirán en forma inmediata cuando se inicié con el cambio de uso de suelo. | Corto plazo | 1 |
| Persistencia (Pe) | Los trabajos de desmonte, despalme y triturado, tendrán un tiempo de duración equivalente al tiempo que dure el cambio de uso de suelo, puesto que se llevarán a cabo en | Temporal | 2 |

| | | | |
|---|---|-------------------|------------|
| | forma paralela; sin embargo, al término de estas actividades, también cesará el impacto. | | |
| Periodicidad (Pr) | El desmonte, despalme y excavaciones, se llevarán a cabo en forma gradual, por lo tanto, la suspensión de sedimentos también ocurrirá en forma gradual, es decir, el impacto se manifestará en forma periódica. | Periódico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | Las partículas suspendidas en el aire, debido a su peso molecular, podrán precipitarse al suelo, cuando cese la acción del viento, o en su caso pueden llegar a precipitarse por la acción de la lluvia, o ser retenidos en el follaje de la vegetación circundante, por lo que éste impacto puede ser revertido. | Reversible | 1 |
| Recuperabilidad (Rc) | Se aplicarán acciones específicas encaminadas a suprimir el efecto del impacto, con la finalidad de evitar la alteración del medio por suspensión de sedimentos. | Preventivo | 0 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = - (3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 0) | | | |
| VIM= -18 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -18 |

| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
|---|--|--|--------------|
| Impacto ambiental identificado: | | Reducción de la calidad visual del paisaje | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Perceptual (Paisaje) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| Durante los distintos trabajos involucrados en el desarrollo del proyecto, y principalmente durante la remoción de la vegetación, así como la presencia de trabajadores en el predio del proyecto y su área de influencia, se agregarán elementos de perturbación en el paisaje, lo que reducirá su calidad visual. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | Se considera un impacto negativo, debido a que produce una alteración del medio (perturbación), que reduce la calidad visual del paisaje. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | La remoción de vegetación total se llevará a cabo en el 100% de la superficie total del predio; y el número de trabajadores que serán empleados, es bajo; no obstante, la intensidad del impacto se considera media. | Media | 2 |
| Extensión (Ex) | La alteración de la calidad visual del paisaje se extenderá hasta los límites del área de influencia del proyecto, pero dentro del sistema ambiental. | Parcial | 2 |
| Causa-efecto (Ce) | El impacto está directamente relacionado con la percepción que tenga el observador en relación a las unidades que integran el paisaje, que en su caso, se podría ver afectada por la presencia de los trabajadores y la eliminación de la vegetación, por lo que se trata de un impacto ambiental que se generará por el proyecto mismo. | Directo | 2 |
| Momento (Mo) | La contaminación visual ocurrirá desde el inicio de los trabajos implicados en el cambio de uso del suelo. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al | Largo Plazo | 3 |

| | | | |
|---|--|--------------------|------------|
| | término de dicha actividad, es decir, hasta los 2 años de iniciado el proyecto, considerando que la remoción de la vegetación (principal factor que da origen al impacto), se llevará a cabo en forma gradual. | | |
| Persistencia (Pe) | Al término del cambio de uso del suelo, los efectos sobre el paisaje derivados del desmonte, permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, y en consecuencia, el impacto seguirá manifestándose. | Permanente | 3 |
| Periodicidad (Pr) | Al término del cambio de uso del suelo, los efectos sobre el paisaje derivados del desmonte, permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, y en consecuencia, el impacto seguirá manifestándose. | Continuo | 3 |
| Reversibilidad (Rv) | Al cesar el cambio de uso del suelo, el paisaje podrá absorber el proyecto, considerando que los elementos entrópicos forman parte del entorno en forma predominante, por lo que dichos elementos pasarán de ser factores de perturbación, a formar parte del paisaje que prevalece en el sistema ambiental. | Reversible | 1 |
| Recuperabilidad (Rc) | Al cesar el cambio de uso del suelo, el paisaje podrá absorber el proyecto, considerando que los elementos entrópicos forman parte del entorno en forma predominante, por lo que dichos elementos pasarán de ser factores de perturbación, a formar parte del paisaje que prevalece en el sistema ambiental. | Recuperable | 1 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = - (3(2) + 2(2) + 2 + 3 + 3 + 3 + 1 + 1) | | | |
| VIM= -23 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -22 |

| | | | |
|---|---|---|--------------|
| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
| Impacto ambiental identificado: | | Contaminación del medio | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Abiótico (suelo e hidrología subterránea) | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| Un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante el cambio de uso del suelo, podría traducirse en la contaminación del suelo y del acuífero subterráneo, principalmente por la generación de aguas residuales que podrían filtrarse al subsuelo y contaminar el agua subterránea. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | Ocasiona la contaminación del recurso. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos. | Baja | 1 |
| Extensión (Ex) | La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor a la que será intervenida durante el cambio de uso de suelo, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido al flujo hidrológico subterráneo. | Extenso | 3 |
| Causa-efecto (Ce) | Los trabajos de preparación del sitio no serán los factores causantes de la contaminación del recurso, más bien se | Indirecto | 1 |

| | | | |
|---|--|----------------------|------------|
| | relaciona con un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen. | | |
| Momento (Mo) | Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a tres meses, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo. | Mediano Plazo | 2 |
| Persistencia (Pe) | Un foco de contaminación originado por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos (aguas residuales), podría permanecer en el medio por períodos prolongados de tiempo, pero al cesar la fuente contaminante, podrían ser suprimidos del medio por elementos biológicos como las bacterias y plantas. | Temporal | 2 |
| Periodicidad (Pr) | Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo. | Irregular | 1 |
| Reversibilidad (Rv) | Los agentes contaminantes podrían llegar a ser biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio. | Reversible | 1 |
| Recuperabilidad (Rc) | Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto de manifieste (ver capítulo 10). | Preventivo | 0 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = - (3(1) + 2(3) + 1 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0) | | | |
| VIM= -16 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -16 |

| | | | |
|---|---|--|--------------|
| Cálculo del valor de importancia de los impactos ambientales | | | |
| Impacto ambiental identificado: | | Reducción de los servicios ambientales | |
| Elementos del medio que serán impactados: | | Abiótico (regulación climática, captura de carbono, protección del suelo, generación de oxígeno); Biótico (protección de la biodiversidad). | |
| Descripción del impacto ambiental: | | | |
| La eliminación de la cobertura vegetal del predio en el 100 % de su superficie, ocasionará una reducción considerable de los servicios ambientales que presta actualmente el ecosistema que se verá afectado. | | | |
| Análisis del impacto ambiental: | | | |
| Criterio | Análisis | Atributo | Valor |
| Carácter (+/-) | Ocasiona la pérdida del recurso. | Negativo | - |
| Intensidad (In) | La reducción de los servicios ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio, ocurrirá en el 100% de la superficie. | Alta | 3 |
| Extensión (Ex) | La reducción de los servicios ambientales se verá reflejada más allá del predio, pues se trata de recursos cuya influencia no es de carácter puntual; sin embargo, considerando que la zona de influencia del proyecto, se trata de una zona totalmente urbanizada, se puede afirmar que los servicios ambientales ya fueron seriamente afectados dentro del sistema ambiental. | Parcial | 2 |
| Causa-efecto (Ce) | La reducción de los servicios ambientales está directamente relacionada con las actividades que se llevarán a cabo durante la ejecución del cambio de uso de suelo, principalmente por el desmonte. | Indirecto | 1 |

| | | | |
|---|--|----------------------|------------|
| Momento (Mo) | La magnitud total en la reducción de los servicios ambientales se manifestará al término del desmonte, es decir, hasta los 2 años de iniciado el proyecto, considerando que dicha actividad se realizará en forma gradual. | Mediano Plazo | 2 |
| Persistencia (Pe) | La reducción de los servicios ambientales será permanente durante toda la vida útil del proyecto. | Temporal | 2 |
| Periodicidad (Pr) | Se considera periódico, ya que la reducción de los servicios ambientales ocurrirá de manera paulatina, durante el plazo establecido en el calendario de actividades para el desmonte. | Periodico | 2 |
| Reversibilidad (Rv) | Los servicios ambientales no podrán recuperarse por medios propios en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración. | Irreversible | 2 |
| Recuperabilidad (Rc) | La tierra vegetal (sustrato con materia orgánica) será rescatada y reincorporada al sitio del proyecto en las áreas verdes, y una mínima fracción se utilizará para el rescate de las plantas y su mantenimiento en vivero. La capa de suelo sin materia orgánica, será utilizada en trabajos futuros para la nivelación del terreno. Se llevará a cabo el rescate de la flora y la fauna. | Mitigable | 2 |
| Cálculo del valor de importancia: | | | |
| VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc) | | | |
| VIM = - (3(3) + 2(2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2) | | | |
| VIM= -24 | | | |
| Valor de importancia del impacto = | | | -24 |

IX.8. JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Una vez hecha la identificación y descripción de los impactos ambientales para la etapa de cambio de uso del suelo que se somete a evaluación, así como la valoración tanto cualitativa como cuantitativa de los mismos; como paso final en la evaluación de los impactos ambientales, se procede a realizar la jerarquización de todos y cada uno de ellos.

La jerarquización se realizará con base en los resultados obtenidos de la aplicación del algoritmo propuesto por Gómez Orea durante la valoración cuantitativa de cada impacto ambiental identificado. Con base en dichos resultados, cada impacto ambiental será jerarquizado o ponderado con base en tres categorías: 1) **significativo o relevante**, 2) **moderado** y 3) **bajo o nulo**, las cuales se describen a continuación.

Impacto significativo o relevante.- Es importante precisar que el rango más alto en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto significativo o relevante, será para los impactos ambientales cuya intensidad se

traduzca en una destrucción casi total del factor ambiental (intensidad alta) en el caso de aquellos negativos, o en un beneficio máximo cuando sean de carácter positivo; y que además tengan un efecto inmediato sobre el medio ambiente (directo); afectando un espacio muy amplio (extenso), mucho tiempo después de ocurrida la acción (largo plazo); provocando una alteración indefinida (permanente) y continua en el tiempo. Asimismo, al desaparecer la acción que provoca dicho impacto, no será posible el retorno del componente ambiental a su estado original de manera natural, ni por medios o acciones correctoras por parte del ser humano (irreversible e irrecuperable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (3) + 2 (3) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 3)$$

$$Vim = +/- 31$$

Con base en lo anterior, se tiene que un impacto significativo o relevante será aquel que obtenga un valor de importancia igual a +/-31.

Impacto moderado.- Como un rango intermedio entre el impacto significativo o relevante y el impacto bajo o nulo, se ubica la categoría de impacto moderado, es decir, aquellos impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación media (intensidad media) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto), afectando un espacio intermedio (parcial), al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (puntual y extenso); su efecto ocurrirá después de sucedida la acción en un nivel intermedio (mediano plazo) al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (corto y largo plazo), con una duración transitoria (temporal) y en forma regular pero intermitente en el tiempo (periódico). Asimismo, cuando al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano (reversible y recuperable o mitigable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia:

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (2) + 2 (2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 2)$$

$$Vim = +/- 20$$

Con base en lo anterior, un impacto moderado será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 20, pero menor que +/- 31.

Impacto bajo o nulo.- Por otra parte, el rango mínimo considerado en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto bajo o nulo, será para los impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación mínima (intensidad baja) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto); afectando un espacio muy localizado (puntual), inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción (corto plazo), cuya duración es muy breve (fugaz) y en forma discontinua e impredecible en el tiempo (irregular). Asimismo, al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano, que en todo caso impiden la manifestación del impacto (reversible y preventivo). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (1) + 2 (1) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)$$

$$Vim = +/- 10$$

Con base en lo anterior, un impacto bajo o nulo será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 10, pero menor que +/- 20.

Expuesto lo anterior y para fines del presente estudio, se consideró un valor de importancia igual a +/- 31 para los impactos significativos o relevantes; un valor de +/- 20 a +/- 30 para los impactos moderados; y un valor de +/- 10 a +/- 19 para los impactos bajos o nulos. En la siguiente tabla se presenta los valores asignados por cada categoría del impacto.

| TABLA DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | |
|---|------------|
| CATEGORÍA | VALOR |
| Bajo o nulo | de 10 a 19 |
| Moderado | de 20 a 30 |
| Significativo o relevante | = ó > 31 |

Cada categoría utilizada en la jerarquización de los impactos ambientales, se describe como sigue:

Significativo o relevante.- Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Moderado.- Es aquel impacto negativo que ocasiona un daño sobre algún elemento del ambiente, pero sin producir un desequilibrio ecológico o un daño grave al ecosistema, o bien, aquel impacto de carácter positivo que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, propiciando la preservación del equilibrio ecológico, la protección del ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. En ambos casos, los impactos modifican la condición original del componente ambiental de que se trate.

Bajo o nulo.- Es aquel impacto negativo que ocasiona una variación sobre algún elemento del ambiente; o bien, aquel impacto de carácter positivo apenas perceptible, que representa un beneficio para algún elemento del ambiente. En ambos casos, los impactos ocurren modificando la condición original del componente ambiental de que se trate en forma casi imperceptible.

Una vez definidas las categorías jerárquicas, en las siguientes tablas se presenta la clasificación de cada impacto ambiental identificado de acuerdo con dichas categorías, por componente ambiental.

| JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | | | | |
|--|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------|
| No. | IMPACTO AMBIENTAL | ELEMENTO DEL MEDIO | VALOR DE IMPORTANCIA | CATEGORÍA |
| S1 | Generación de empleos | Socioeconómico | +14 | Bajo |

| JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | | | | |
|--|--|--------------------|----------------------|-----------|
| No. | IMPACTO AMBIENTAL | ELEMENTO DEL MEDIO | VALOR DE IMPORTANCIA | CATEGORÍA |
| S1 | Activación de la economía local | Socioeconómico | +23 | Moderado |
| B1 | Perturbación del hábitat | Biótico | -16 | Bajo |
| B2 | Reducción de la cobertura vegetal | Biótico | -25 | Moderado |
| B3 | Reducción y pérdida del hábitat | Biótico | -25 | Moderado |
| A1 | Pérdida del suelo | Abiótico | -25 | Moderado |
| A2 | Suspensión de sedimentos | Abiótico | -18 | Bajo |
| P1 | Reducción de la calidad visual del paisaje | Perceptual | -22 | Moderado |
| A3 | Contaminación del medio | Abiótico | -16 | Bajo |
| AB1 | Reducción de los servicios ambientales | Abiótico y biótico | -24 | Moderado |

IX.9. CONCLUSIONES

A partir de la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto sobre los componentes del medio que integran el sistema ambiental, se concluye que en total se generarán 10 impactos ambientales, de los cuales 8 serán negativos: 5 con categoría media o moderados y 3 de categoría baja; así mismo, se prevé la generación de 2 impactos positivos: uno con categoría de bajo o nulo y otro con categoría de impacto moderado.

De este modo, y en términos ambientales, el proyecto se puede considerar como viable de acuerdo con lo siguiente:

- A partir de la evaluación realizada para los impactos ambientales que serán generados por el desarrollo del proyecto, se puede concluir categóricamente que el cambio de uso del suelo no producirá impactos ambientales significativos o relevantes, es decir, no provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, ni obstaculizará la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.
- No implica aislar un ecosistema, puesto que este ya se encuentra aislado en la actualidad, por el desarrollo urbano de la zona.
- Asimismo, se advierte que no se afectan ni se interfiere en procesos biológicos de especies de difícil regeneración, es decir aquellas que son vulnerables a la

extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

- No se determinó la posibilidad de que ocurra inminente daño ambiental a consecuencia del presente proyecto; y no se esperan daños graves al ecosistema, esto en virtud de que la zona ya se encuentra perturbada por diferentes proyectos actualmente en operación y dado que el entorno se encuentra completamente modificado.
- Aunado a lo anterior, es importante mencionar que el proyecto no se considera causal de desequilibrio ecológico, ya que no se prevé que genere alguna alteración significativa de las condiciones ambientales, que deriven en impactos acumulativos, sinérgicos o residuales, que en su caso ocasionen la destrucción o aislamiento de los ecosistemas.
- Finalmente, por la dimensión de la obra y por los alcances asociados, no se anticipa la pérdida del valor ambiental para la zona, y no obstaculizará la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, ni de la continuidad de los procesos naturales.

X. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES, APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

X.1. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 9 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre la biodiversidad son los siguientes:

- B1.-** Perturbación del hábitat
- B2.-** Reducción de la cobertura vegetal
- B3.-** Reducción y pérdida del hábitat

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida de la biodiversidad, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos ambientales sobre dicho componente a fin de no ponerlo en riesgo.

| Rescate de fauna silvestre | |
|-----------------------------------|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar la pérdida de las micropoblaciones de los diferentes grupos faunísticos asociados al ecosistema que subsiste en el predio del proyecto. Con esta acción se suprime la reducción y pérdida del hábitat, pues los ejemplares rescatados serán reubicados a un sitio que posee las mismas características que el ecosistema que será afectado con el CUSTF. |
| Etapas de aplicación: | De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Consiste en la ejecución de un programa de rescate enfocado a la protección de la fauna silvestre, por lo tanto, en él se contemplarán acciones que favorezcan el libre desplazamiento de las especies encontradas en cada uno de los procesos que implica el cambio de uso de suelo; además, también contempla el uso de técnicas de ahuyentamiento, así como técnicas de captura y traslado de individuos que así lo requieran. Su ejecución consiste en la aplicación de diferentes técnicas y métodos de rescate, aplicados a un grupo faunístico en particular, para evitar que el cambio de uso de suelo afecte en forma directa a la fauna asociada al predio. En todas las etapas del proyecto se prohibirá cualquier tipo de aprovechamiento o afectación a la fauna silvestre y se evitará el sacrificio de la fauna que quede expuesta durante los trabajos de construcción y/u operación. El programa se encuentra anexo al presente estudio. |
| Acción de la medida: | Se rescatarán todos y cada uno de los ejemplares de fauna silvestre que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento y cuya integridad se encuentre en riesgo durante el cambio de uso de suelo, poniendo particular énfasis en las especies de lento desplazamiento. Posteriormente, las especies rescatadas serán reubicadas de acuerdo con lo propuesto en el programa anexo correspondiente. |
| Eficacia de la medida: | El rescate de fauna es una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la fauna durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida. |

| Rescate de flora silvestre | |
|-----------------------------------|---|
| Tipo de medida: | Mitigación |
| Objetivo de la medida: | Reducir la pérdida de las micropoblaciones de flora silvestre nativa que subsiste en el predio del proyecto. Con esta acción se reduce el impacto por la reducción de la cobertura vegetal, pues los ejemplares rescatados serán reubicados a un sitio que posee las mismas características que el ecosistema que será afectado con el CUSTF. |
| Etapas de aplicación: | De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Consiste en la extracción, previo al inicio del desmonte, de especies vegetales susceptibles de ser rescatadas, seleccionadas por sus |

| | |
|-------------------------------|--|
| | características y valores de importancia de acuerdo con distintos criterio como son: capacidad de ornato, alimento potencial para la fauna, talla y estado de madurez, etc.; aplicando diferentes técnicas y métodos de rescate, para evitar que el proceso de cambio de uso de suelo, afecte en forma directa a la flora asociada al predio. El programa se encuentra anexo al presente estudio. |
| Acción de la medida: | Se rescatarán los ejemplares de flora susceptibles de sobrevivir al trasplante y reubicación, y que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento, poniendo particular énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. |
| Eficacia de la medida: | El rescate de flora en una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la vegetación durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida. |

| Instalación de letreros | |
|----------------------------------|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre fuera de las áreas de aprovechamiento proyectadas. |
| Etapas de aplicación: | De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo, constituyéndose como un medio de difusión de las acciones de conservación de la flora y la fauna que propone el proyecto. Con esta medida se suprime el impacto por la perturbación del hábitat. |
| Descripción de la medida: | Esta medida de carácter preventivo, consiste en la instalación de letreros alusivos a la protección de la flora y la fauna silvestre, dirigidos al personal involucrado en el desarrollo del cambio de uso de suelo, a fin de evitar que sean un factor de perturbación o afectación a dichos recursos. |
| Acción de la medida: | Se instalarán letreros alusivos a la protección de la flora y fauna. Los letreros se colocarán estratégicamente para que puedan ser visualizados por cualquier persona y estarán dirigidos al personal responsable de llevar a cabo los trabajos implicados en el cambio de uso de suelo. Entre las leyendas principales que serán rotuladas en los letreros se citan las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Prohibido el paso. • No alimentar, cazar o capturar fauna silvestre. • No extraer flora silvestre. • Respetar las áreas con vegetación natural. • Respetar la flora y la fauna. |
| Eficacia de la medida: | La sola instalación de letreros no resulta eficaz al 100%, ya que sólo implica la difusión de algún tipo de información, dirigida a un sector o público en específico, por lo que requiere ser reforzada con las pláticas ambientales para advertir su cumplimiento; y con los trabajos de supervisión por parte del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso del suelo. |

| Colocación de cinta precautoria | |
|--|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Delimitar las áreas que no serán aprovechadas con el cambio de uso de suelo, a fin de evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre dentro de las mismas. Con esta medida se suprime el impacto por la perturbación del hábitat. |
| Etapa de aplicación: | De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo, constituyéndose como un medio para suprimir el impacto por la perturbación del hábitat. |
| Descripción de la medida: | Se colocará cinta precautoria con la leyenda “Prohibido el paso” en el perímetro de las zonas que no estarán sujetas al cambio de uso de suelo, con la finalidad de que sean respetadas en todo momento. |
| Acción de la medida: | Promover y hacer obligatorio el respeto, protección y conservación de la flora y la fauna dentro de las áreas que no serán aprovechadas; y establecer los límites de las áreas de aprovechamiento para que el desmonte no afecte superficies adicionales a las que en su momento autorice la SEMARNAT. |
| Eficacia de la medida: | La eficacia de la medida depende del grado de disciplina y conciencia ambiental que tenga el personal al momento de llevar a cabo sus actividades; por lo que esta medida será reforzada con pláticas ambientales dirigidos al todo el personal que labore dentro del proyecto y con la permanencia de la cinta hasta finalizar el cambio de uso de suelo. |

| Colocación de cinta precautoria | |
|--|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Delimitar las áreas que no serán aprovechadas con el cambio de uso de suelo, a fin de evitar la afectación de la flora y la fauna que se encuentre dentro de las mismas. Con esta medida se suprime el impacto por la perturbación del hábitat. |
| Etapa de aplicación: | De manera previa al inicio de cualquier trabajo o actividad relacionada con el cambio de uso de suelo, constituyéndose como un medio para suprimir el impacto por la perturbación del hábitat. |
| Descripción de la medida: | Se colocará cinta precautoria con la leyenda “Prohibido el paso” en el perímetro de las zonas que no estarán sujetas al cambio de uso de suelo, con la finalidad de que sean respetadas en todo momento. |
| Acción de la medida: | Promover y hacer obligatorio el respeto, protección y conservación de la flora y la fauna dentro de las áreas que no serán aprovechadas; y establecer los límites de las áreas de aprovechamiento para que el desmonte no afecte superficies adicionales a las que en su momento autorice la SEMARNAT. |
| Eficacia de la medida: | La eficacia de la medida depende del grado de disciplina y conciencia ambiental que tenga el personal al momento de llevar a cabo sus actividades; por lo que esta medida será reforzada con pláticas ambientales dirigidos al todo el personal que labore dentro del proyecto y con la permanencia de la cinta hasta finalizar el cambio de uso de suelo. |

X.2. MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 9 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre la protección de los suelos son los siguientes:

B2.- Reducción de la cobertura vegetal.

A1.- Pérdida del suelo.

A2.- Suspensión de sedimentos.

A3.- Contaminación del medio.

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida del recurso, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos ambientales sobre dicho componente a fin de no ponerlo en riesgo.

| Humedecimiento de las áreas de aprovechamiento | |
|--|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar que las partículas de polvo o aquellas que resulten del desmonte, sean dispersadas por el viento y afecten superficies adicionales a las que están siendo aprovechadas en su momento. Con esta medida se suprime el impacto por la suspensión de sedimentos. |
| Etapa de aplicación: | Durante el desmonte y despálme. |
| Descripción de la medida: | Consiste en el humedecimiento de las zonas que serán desmontadas y despalmadas, con la finalidad de evitar la suspensión de sedimentos o partículas, y en su caso, la erosión del suelo por acción eólica. |
| Acción de la medida: | Evitará que la acción del viento suspenda sedimentos y partículas del suelo durante las distintas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo. |
| Eficacia de la medida: | El humedecimiento de las zonas de trabajo, son prácticas comunes dentro de la industria de la construcción, ya que se ha probado su máxima efectividad para evitar la suspensión de sedimentos, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta. |

| Rescate de la capa fértil del suelo | |
|-------------------------------------|---|
| Tipo de medida: | Mitigación |
| Objetivo de la medida: | Evitar que el proyecto ocasione la pérdida de la capa fértil del suelo (sustrato con materia orgánica). Con esta medida se reduce el efecto del impacto por la pérdida del suelo. |
| Etapa de aplicación: | Durante el despálme. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Descripción de la medida: | Esta medida consiste en el retiro de la capa de suelo fértil (sustrato con materia orgánica) durante el despalme; y su posterior resguardo dentro del vivero provisional. |
| Acción de la medida: | La capa de suelo fértil (tierra vegetal), proporcionará un sustrato rico en nutrientes que beneficiará a la vegetación que se establecerá en las áreas verdes y de aquella que será rescatada, favoreciendo también el proceso de regeneración natural del ecosistema. |
| Eficacia de la medida: | La cantidad de materia orgánica en una comunidad vegetal, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actúa en beneficio de la flora y la fauna que alberga; por lo tanto, al reincorporar dicho material dentro del mismo sitio, se estará promoviendo su conservación en beneficio del medio ambiente, al enriquecer las áreas que se mantendrán con vegetación nativa, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida. |

Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria

| | |
|----------------------------------|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos provenientes de la maquinaria que será utilizada durante la ejecución del cambio de uso de suelo, suprimiendo de esta manera, el impacto al suelo por contaminación del medio. |
| Etapas de aplicación: | Durante el desmonte y despalme. |
| Descripción de la medida: | Consiste en utilizar maquinaria que cuente con los mantenimientos preventivos adecuados para su óptimo funcionamiento, en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales. |
| Acción de la medida: | Se verificará que la maquinaria que entre en funcionamiento durante el cambio de uso de suelo, cuente con los mantenimientos preventivos adecuados, lo cual se registrará en bitácora; así mismo, se revisará que cada operador de maquinaria, cuente con el equipo preventivo para la contención de derrames accidentales. |
| Eficacia de la medida: | Esta medida es una práctica probada con gran eficacia durante el desarrollo de un proyecto, de tal manera que si se cuenta con la correcta aplicación de la misma, se puede alcanzar el 100% de efectividad. |

Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos

| | |
|----------------------------------|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar la contaminación del suelo durante la ejecución del CUSTF, suprimiendo de esta manera, el impacto a dicho recurso por contaminación del medio. |
| Etapas de aplicación: | Durante todas las etapas que implica el cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Esta medida consiste en la aplicación de un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, el cual se anexa al final del presente capítulo. |
| Acción de la medida: | Consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para alcanzar una recolección, manejo, separación, |

| | |
|-------------------------------|--|
| | reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo. |
| Eficacia de la medida: | El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos sólidos y líquidos que se generen, acorde al programa propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende del grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado. |

| Aprovechamiento del material triturado | |
|---|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Establecer una capa protectora compuesta por material vegetal producto del triturado, a fin de evitar que la acción del viento provoque la erosión del suelo durante el establecimiento de la vegetación en las áreas verdes del proyecto. Con esta medida se suprime el impacto por suspensión de sedimentos. |
| Etapa de aplicación: | Durante la conformación de las áreas verdes del proyecto. |
| Descripción de la medida: | Esta medida consiste en el uso del material vegetal triturado producto del desmonte, para ser utilizado en las áreas verdes del proyecto, a manera de una capa protectora para evitar la erosión del suelo por acción eólica. |
| Acción de la medida: | La capa de material vegetal que se formará con el material triturado, será suficiente para evitar que el suelo quede expuesto a la influencia de la lluvia o del viento. |
| Eficacia de la medida: | La cantidad de materia orgánica en una selva, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actúa en beneficio de la flora y la fauna que alberga; por lo tanto, al reincorporar dicho material se estará promoviendo su conservación en beneficio del medio ambiente, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida. |

X.3. MEDIDAS EN BENEFICIO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA EN CANTIDAD Y CALIDAD

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 9 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre la captación del agua en calidad y cantidad, son los siguientes:

B2.- Reducción de la cobertura vegetal

A3.- Contaminación del medio

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la afectación a la captación de agua en calidad, y en su caso, medidas de mitigación para minimizar la reducción en la captación del agua en cantidad.

| Instalación de sanitarios móviles | |
|--|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar el impacto originado por la contaminación del medio, para no comprometer la calidad del agua captada en el sistema. |
| Etapas de aplicación: | Durante todas las etapas del cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Previo a cualquier actividad implicada en el cambio de uso de suelo, se instalarán sanitarios portátiles (tipo Sanirent) a razón de 1 por cada 10 trabajadores. |
| Acción de la medida: | Evitará la micción y defecación al aire libre, así como la descarga directa de aguas residuales al medio. Con la medida se evitará que dichos residuos penetren al subsuelo y alcancen el acuífero; por lo que se evitará el deterioro de la calidad del agua pluvial que será captada. |
| Eficacia de la medida: | El uso de sanitarios móviles dentro de las obras, es una práctica común en el desarrollo de cualquier proyecto, y el uso adecuado de los mismos permite alcanzar el 100% de efectividad de la medida; sin embargo, ello depende del grado de disciplina y conciencia ambiental del personal de la obra, por lo que será reforzada con capacitación a través de pláticas ambientales y reglamentos que indiquen la restricción y sanciones de quienes incumplan con la medida aquí citada. |

| Instalación de contenedores para residuos | |
|--|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar el impacto originado por la contaminación del medio, para no comprometer la calidad del agua captada en el sistema. |
| Etapas de aplicación: | Durante todas las etapas del cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Se instalarán contenedores debidamente rotulados para el acopio de basura para cada tipo de residuo que se genere (residuos orgánicos, inorgánicos, etc.), los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura de acuerdo con su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables. |
| Acción de la medida: | Los contenedores servirán de reservorios temporales para la basura (residuos sólidos) que se genere durante las distintas etapas del proyecto, y dado el grado de hermeticidad que tendrán, impedirán que dichos residuos sean dispersados por el viento y otros factores, evitando también que sean arrojados directamente al medio, impidiendo que se conviertan en residuos potencialmente contaminantes para el acuífero subterráneo. |
| Eficacia de la medida: | El grado de eficacia de la medida depende de la cultura ambiental que tengan los trabajadores que serán contratados; ya que será necesario que los obreros hagan un uso adecuado de los contenedores, para que estos puedan cumplir su función como reservorios temporales de |

| | |
|--|---|
| | residuos; por lo que esta medida requiere de otras adicionales como la capacitación constante en materia de manejo de residuos, así como el establecimiento de un reglamento de obra que incluya puntos específicos sobre el manejo de residuos generados, sin dejar de fuera las sanciones a que se harán acreedores los que lo incumplan; lo anterior a efecto de poder alcanzar el 100% de éxito en su aplicación. |
|--|---|

| Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos | |
|---|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar la contaminación del medio durante la ejecución del CUSTF, suprimiendo de esta manera, el impacto a dicho recurso por contaminación. |
| Etapas de aplicación: | Durante todas las etapas que implica el cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Esta medida consiste en la aplicación de un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos, el cual se anexa al final del presente capítulo. |
| Acción de la medida: | Consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para alcanzar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo, con la finalidad de evitar que se conviertan en sustancias potencialmente contaminantes para el acuífero subterráneo. |
| Eficacia de la medida: | El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos sólidos y líquidos que se generen, acorde al programa propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende del grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado. |

| Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria | |
|--|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos provenientes de la maquinaria que será utilizada durante la ejecución del cambio de uso de suelo, suprimiendo de esta manera, el impacto por contaminación del medio para no comprometer la calidad del agua que es captada en el sistema. |
| Etapas de aplicación: | Durante el desmonte y despalme. |
| Descripción de la medida: | Consiste en utilizar maquinaria que cuente con los mantenimientos preventivos adecuados para su óptimo funcionamiento, en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita coleccionar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales. |

| | |
|-------------------------------|---|
| Acción de la medida: | Se verificará que la maquinaria que entre en funcionamiento durante el cambio de uso de suelo, cuente con los mantenimientos preventivos adecuados, lo cual se registrará en bitácora; así mismo, se revisará que cada operador de maquinaria, cuente con el equipo preventivo para la contención de derrames accidentales. |
| Eficacia de la medida: | Esta medida es una práctica probada con gran eficacia durante el desarrollo de un proyecto, de tal manera que si se cuenta con la correcta aplicación de la misma, se puede alcanzar el 100% de efectividad. |

X.4. MEDIDAS PARA NO PONER EN RIESGO LOS SERVICIOS AMBIENTALES

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales, presentada en el capítulo 9 del presente estudio, se concluye que los impactos que incidirán sobre los servicios ambientales que presta el ecosistema, son los siguientes:

- B2.-** Reducción de la cobertura vegetal
- B3.-** Reducción y pérdida del hábitat
- A1.-** Pérdida del suelo
- P1.-** Reducción de la calidad visual del paisaje
- A3.-** Contaminación del medio
- AB1.-** Reducción de los servicios ambientales

Por lo tanto, el proyecto propone las siguientes medidas preventivas para evitar la pérdida de los servicios ambientales, y en su caso, medidas de mitigación para reducir el efecto de los impactos sobre dichos recursos a fin de no ponerlos en riesgo.

| Desmante gradual | |
|----------------------------------|--|
| Tipo de medida: | Mitigación |
| Objetivo de la medida: | Reducir la magnitud de los impactos sobre la protección de los suelos y la protección de la biodiversidad. |
| Etapa de aplicación: | Durante el desmante. |
| Descripción de la medida: | Esta medida es de carácter mitigante, y consiste en realizar el desmante de manera paulatina para evitar que la acción del viento o de la lluvia afecte las zonas de aprovechamiento y en su caso, origine la erosión del suelo; así como evitar la pérdida de especies de flora y fauna debido a un avance descontrolado del desmante. |
| Acción de la medida: | Consiste en la remoción de la vegetación de tal manera que se brinde el tiempo necesario para que la acción del viento y de la lluvia no afecte las zonas de aprovechamiento, mientras se aplican las medidas de conservación de suelos; así como el tiempo necesario para llevar a cabo las acciones de recate de flora y fauna que se proponen en el presente estudio. |

| | |
|-------------------------------|---|
| Eficacia de la medida: | El desmante gradual de la vegetación permite que no queden expuestas a las condiciones del medio (viento o lluvia), grandes extensiones de terreno, lo que en su caso podría ocasionar la erosión del suelo. Así mismo, permite llevar a cabo todas las acciones en los tiempos previsto, incluyendo el rescate de la flora y la fauna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida. |
|-------------------------------|---|

| Pláticas ambientales | |
|----------------------------------|--|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar que el desarrollo del proyecto ocasione impactos que pongan en riesgo la protección de los suelos y de la biodiversidad. |
| Etapas de aplicación: | Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Esta medida consiste en la impartición de pláticas ambientales dirigidas a todas y cada una de las personas que estén directamente relacionadas con el proyecto en sus diferentes etapas. Serán impartidas por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal, hacer del conocimiento al personal involucrado en el cambio de uso de suelo, los términos y condiciones bajo los cuales se autorice el proyecto, así como el grado de responsabilidad que compete a cada sector para su debido cumplimiento. De igual forma las pláticas ambientales serán indispensables en la aplicación del programa integral de manejo de residuos. |
| Acción de la medida: | La ejecución de las pláticas ambientales se llevará a cabo en una sola fase que consistirá en una plática ambiental dirigida al personal involucrado en el cambio de uso de suelo; cuya finalidad será promover el desarrollo del proyecto en apego a las medidas preventivas y de mitigación que se proponen en el presente capítulo, así como en los diferentes programas que lo complementan. |
| Eficacia de la medida: | El grado de eficacia de la medida depende de la calidad de las pláticas ambientales, el grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales para alcanzar el 100% del éxito esperado. Esta medida refuerza la colocación y uso de letreros, contenedores de residuos, sanitarios móviles y programas diversos. |

| Supervisión del cambio de uso de suelo | |
|---|---|
| Tipo de medida: | Preventiva |
| Objetivo de la medida: | Evitar que el desarrollo del proyecto ocasione impactos que pongan en riesgo la protección de los suelos y de la biodiversidad, así como aquellos que comprometan la captación de agua en calidad y cantidad. |
| Etapas de aplicación: | Durante todas las etapas implicadas en el cambio de uso de suelo. |
| Descripción de la medida: | Se contratarán los servicios de un Ingeniero Forestal que cuente con Registro Forestal Nacional, para que lleve a cabo labores de vigilancia y supervisión durante todas las etapas de desarrollo del cambio de uso de suelo, con la finalidad de prevenir o advertir sobre alguna eventualidad que ponga en riesgo los recursos forestales del sitio; y en su caso, proponer medidas adicionales a las ya descritas para subsanar las irregularidades que se presenten. Así mismo, tendrá la |

| | |
|-------------------------------|--|
| | función de supervisar el cumplimiento de cada una de las medidas propuestas en el presente capítulo, así como de aquellas que sean establecidas por esta H. Secretaría, en caso de considerar viable la realización del presente proyecto. |
| Acción de la medida: | El Ingeniero Forestal realizará recorridos en el sitio del proyecto y vigilará que el proceso de cambio de uso del suelo, se realice en apego a lo previsto en este estudio; y en su caso, indicará aquellas actividades que se encuentren fuera de la Norma para que sean subsanadas en forma inmediata. Así mismo, se encargará de elaborar informes sobre el cumplimiento de los términos y condicionantes bajo los cuales se haya autorizado el proyecto, de ser el caso. Estas acciones se fundamentan en un programa de vigilancia y seguimiento ambiental, el cual se anexa al final del presente capítulo. |
| Eficacia de la medida: | La supervisión es una de las medidas más adoptadas en todo proyecto que implique el cambio de uso de suelo, ya que permite prever alguna eventualidad que ponga en riesgo su desarrollo y propone medidas adicionales para subsanar afectaciones no previstas. Así mismo, asegura la correcta aplicación de las medidas propuestas en éste capítulo, y que las mismas se lleven a cabo sin omisión alguna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de la medida. |

XI. SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO PROPUESTO

Los servicios ambientales son los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros;

Este apartado tiene el propósito de realizar una descripción y análisis de los impactos que ocasionará el cambio de uso de suelo propuesto en correlación con cada uno de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema donde se ubicada el área sujeta a cambio de uso de suelo.

En principio se presenta una descripción detallada de los servicios ambientales y luego un análisis de su importancia en el contexto del sistema ambiental o área de influencia del proyecto. Posteriormente se analizará, explicará y justificará porque se considera que no se pone en riesgo cada uno de los servicios ambientales, y se indicarán las medidas de prevención y mitigación que según sea el caso

corresponda; y finalmente se definirá si el grado de afectación es a nivel del área de influencia del proyecto o del sistema ambiental.

El ciclo de carbono en la vegetación comienza con la fijación del CO₂ por medio de los procesos de fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, catalizado por la energía solar, el CO₂ y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el CO₂ liberado como producto de este proceso lo hace a través de las hojas, ramas, fuste o raíces. Otra parte de los carbohidratos son consumidos por los animales, que también respiran y liberan CO₂. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por macro y microorganismos, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO₂ y regrese a la atmósfera (Schimel 1995 y Smith et al.1993). La fijación de carbono por bacterias y animales contribuye también a disminuir la cantidad de bióxido de carbono, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono en las plantas.

Para estimar la cantidad de Carbono almacenado en la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, se utilizó la expresión matemática propuesta por Ricardo O, Russo (2009)¹, según la cual a partir del volumen se determina el contenido de carbono, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

Para el cálculo, primero se determinó el área basal de cada uno de los árboles y arbustos que fueron registrados durante el inventario forestal, considerando que el área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles y arbustos existentes en una hectárea (y se expresa en m²/ha).

Luego se determina su altura total. El producto del AB multiplicado por la altura y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol) es el volumen maderable o volumen de los fustes (para el estudio de utilizó un coeficiente de 0.65, ver capítulo 6). En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación del área basal y del volumen de las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo a nivel del estrato arbóreo y arbustivo, que cuentan con DAP a 1.3 m de altura, por hectárea.

| ESTRATOS | ESTIMACIONES POR HECTÁREA (10,000 m ²) | | |
|----------------|--|----------------------|-------------------------|
| | # DE IND | AB (m ²) | V.T.A (m ³) |
| Arbóreo | 367 | 6.41 | 37.94 |
| Arbustivo | 13400 | 8.76 | 27.84 |
| TOTALES | 13767 | 15.17 | 65.78 |

Luego, a partir del volumen se determina el contenido de carbono, que es el producto del volumen multiplicado por el contenido de materia seca (%MS, para este estudio se consideró 50%) y por el contenido de Carbono (C) en la MS (%C= 50% aceptado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés), A esta cantidad de C se le aplica el Factor de Extensión de la Biomasa (FEB) igual a 1.6 considerando un 60% adicional contenido en ramas y follaje (en la literatura este factor se menciona con rango entre el 60% y el 90%); al final el resultado obtenido se multiplica por la superficie de cambio de uso de suelo.

El Factor de Expansión de la Biomasa (FEB) es un coeficiente que permite añadir a la biomasa de los fustes, obtenida a partir del volumen inventariado en campo, la biomasa correspondiente a las ramas, hojas y raíces. Es decir, los FEB expanden el peso seco del volumen calculado de existencias para incluir los componentes no maderables del árbol o el bosque. Antes de aplicar dichos FEB, el volumen maderable (m³) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

En sentido de lo anterior tenemos lo siguiente:

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (65.78 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton/m}^3) (0.5 \text{ ton/m}^3)$$

$$C = 16.44 \text{ ton/ha}$$

$$C = (16.44/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton/ha})$$

$$C = 26.30 \text{ ton/ha}$$

$$C = (26.30 \text{ ton/ha}) (\text{Superficie de CUSTF} = 18.60 \text{ ha})$$

$$C = 489.18 \text{ ton/ha}$$

Por otra parte, si consideramos que el Sistema Ambiental posee una superficie de 2,647.59 hectáreas con cobertura vegetal se selva mediana, entonces podemos inferir que en dicha superficie la captura de carbono es de 57,582.90 ton/ha al año,

de acuerdo con la aplicación de la fórmula antes descrita, como se indica a continuación:

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (65.78 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 16.44 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (16.44/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 26.30 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (26.30 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie del SA con cobertura vegetal} = 2,647.59 \text{ ha})$$

$$C = 69,631.61 \text{ ton}/\text{ha}$$

Entonces si comparamos la captura de carbono que provee la superficie de cambio de uso de suelo, con la cantidad de carbono que captura el sistema ambiental, obtenemos que la pérdida anual de captura de carbono al eliminar la vegetación por la implementación del proyecto, sólo representa el 0.70% ($489.18 * 100 / 69,631.61$), de la captura total estimada para el sistema ambiental; por lo tanto, se puede asumir categóricamente que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo el servicio ambiental a nivel del sistema ambiental; de igual forma, podemos concluir que la cobertura vegetal que subsiste en el sistema ambiental, es más importante que aquella que se desarrolla en el predio del proyecto, en lo que a captura de carbono se refiere.

XI.1. PROVISIÓN DE AGUA EN CANTIDAD

Para poder determinar que no se pone en riesgo el servicio ambiental hidrológico relacionado con la provisión de agua en cantidad, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la cantidad de agua que es captada en la superficie de cambio de uso de suelo, y aquella que puede ser captada en el predio testigo del sistema ambiental.

XI.1.1. Cantidad de agua captada en la superficie de cambio de uso de suelo

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros.

Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15; \text{ y}$$
$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 que se presenta en la página siguiente.

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

| COBERTURA DEL BOSQUE | TIPO DE SUELO | | |
|----------------------|---------------|------|------|
| | A | B | C |
| Más del 75% | 0.07 | 0.16 | 0.24 |
| Entre 50-75% | 0.12 | 0.22 | 0.26 |
| Entre 25-50% | 0.17 | 0.26 | 0.28 |
| Menos del 25% | 0.22 | 0.28 | 0.30 |

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de **P** (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,100 mm y el valor de **K** es de 0.28, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 65.78 m³ (cobertura con entre el 25-50%).

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

| COBERTURA DEL BOSQUE | TIPO DE SUELO | | |
|----------------------|---------------|------|------|
| | A | B | C |
| Más del 75% | 0.07 | 0.16 | 0.24 |
| Entre 50-75% | 0.12 | 0.22 | 0.26 |
| Entre 25-50% | 0.17 | 0.26 | 0.28 |
| Menos del 25% | 0.22 | 0.28 | 0.30 |

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.28) (1,100 - 250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.28) (850 / 2000) + (0.13 / 1.5)$$

$$C_e = (0.28) (0.425 + 0.08)$$

$$C_e = (0.28) (0.505)$$

$$C_e = 0.14$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C_e**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal entre el 25-50%, es decir, sin el proyecto, es de 0.14.

Luego entonces, para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

Donde:

V_e = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,100 litros equivalen a 1.1 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.1 \text{ m}^3 * 186,083.337 \text{ m}^2 * 0.14$$

$$V_e = 28,656.83 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - Ve$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m3)

P: Precipitación media anual en el área de interés (m3) * superficie de cambio de uso de suelo (m2)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m3/m2)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.1 \text{ m3}) (186,083.337 \text{ m2}) - 28,656.83 \text{ m3/m2}$$

$$I = 204,691.67 \text{ m3/m2} - 28,656.83 \text{ m3/m2}$$

$$I = 176,034.84 \text{ m3/m2}$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 28,656.83 m3/m2 anuales, y se pierden 176,034.84 m3/m2 anuales por escurrimiento.

XI.1.2. Conclusiones

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (28,656.83 m3/m2 anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (27'035,085 m3/m2), podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que sólo se estaría perdiendo el 0.1% de la captación total que ocurre en el sistema ambiental. Y si a esto le sumamos que el predio conservará el 43.31 % de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el SA, no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto; de igual forma, podemos concluir que la captación de agua en cantidad,

es más importante a nivel del sistema ambiental, que aquella que ocurre a nivel del predio, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.

XI.2. PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se comprometa la captación de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

Medida 1. En ninguna etapa del proyecto se promoverá el uso de pozos domésticos para la extracción de agua subterránea, lo cual evitará que se descompense la recarga del acuífero por la extracción de agua “dulce”.

Medida 2. Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

Medida 3. Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retiradas del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.

Medida 4. Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.

Con las medidas antes descritas, sumadas a las descritas en el capítulo se prevé que del presente estudio, se puede concluir que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes para el acuífero, y no ocasionará la intrusión de la cuña salina; por lo que se puede concluir que el cambio

de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

XI.3. GENERACIÓN DE OXÍGENO

La fotosíntesis en las plantas, a partir del dióxido de carbono y el agua, y usando energía, produce sustancia orgánica y oxígeno, dióxido de carbono + agua + energía = sustancia orgánica y oxígeno Inversamente, la respiración en las plantas usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía. Sustancia orgánica + oxígeno = dióxido de carbono + agua + energía

Durante el día, la fotosíntesis es más intensa que la respiración. Por eso, las plantas producen más oxígeno que el que consumen y toman del aire más dióxido de carbono que el que producen. El oxígeno producido es utilizado por los animales para respirar. Estos devuelven dióxido de carbono, que es reciclado nuevamente por las plantas. Durante la noche, como no hay luz solar, no hay fotosíntesis y las plantas sólo respiran (FAO).

Se estima que un kilómetro cuadrado de bosque genera mil toneladas de oxígeno al año, sin embargo, no se sabe con exactitud cuánto oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuanto oxígeno necesita durante la respiración, ya que ello depende de los procesos fisiológicos de cada especie, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para dichos procesos. En ese sentido, sólo podemos hablar de una reducción en el servicio ambiental a nivel de superficie, por lo tanto, considerando que en el sistema ambiental, aún se conservarían 17,555.25 hectáreas con cobertura vegetal que seguirán prestando dicho servicio, se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental por generación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del sistema ambiental, pues la superficie de cobertura vegetal que se perdería a nivel del predio, representa sólo el 0.10% de la superficie que aún se conservaría prestando el servicio ambiental en comento.

XI.4. AMORTIGUAMIENTO DE IMPACTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES

Como se mencionó en el capítulo 5 del presente estudio, los fenómenos naturales más recurrentes en la zona donde se ubica el predio del proyecto, son los huracanes, tormentas tropicales y Nortes, los cuales acarrean fuertes cantidades de lluvia y se acompañan de vientos intensos; tal es el caso del huracán Wilma que

tuvo incidencia en el año 2005 con una fuerza de sus vientos sostenidos que registraron velocidades por encima de los 240 km/h y rachas de hasta 280 km/h y una velocidad de desplazamiento de entre 3 y 5 km/h, con registros de estacionalidad.

La primera impresión que se tiene sobre los efectos de un fenómeno meteorológico de la magnitud de Wilma es de devastación. Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron Sánchez y Herrera (1990) y Sánchez e Islebe (1999) con el paso del huracán Gilberto en 1988 y por lo dicho en este trabajo.

Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el ambiente

Es un hecho que la eliminación de la vegetación en una Selva mediana subperennifolia, reduce la capacidad de la vegetación para actuar como una barrera ante la incidencia de un fenómeno natural como los huracanes y tormentas tropicales; sin embargo, resulta relevante señalar que la vegetación que se desarrolla en el predio, se encuentra fuertemente impactada por lo que presenta un estado secundario de desarrollo donde el arbolado adulto (principal elemento que actúa como barrera), es escaso y disperso, por lo que no constituyen un estrato continuo; así mismo, es importante mencionar que la zona en la que se inserta el predio del proyecto, se encuentra completamente urbanizada, destacando los asentamientos humanos como el principal elemento en el entorno. Tales condiciones han ocasionado que la cobertura vegetal pase de ser un factor de protección ante la incidencia de fenómenos meteorológicos, a ser un elemento vulnerable ante la incidencia de ellos, pues se trata de un relicto de vegetación aislado y fragmentado; y en ese sentido, su función como barrera ante la incidencia de tormentas o huracanes, se ha mermado casi en su totalidad debido principalmente al desarrollo urbano de la zona.

Considerado lo señalado en el párrafo que antecede, podemos afirmar que éste servicio ambiental no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, pues tales afecciones ya han ocurrido con el desarrollo urbano de la zona; así

mismo, es importante mencionar que a pesar de la eliminación de la cobertura vegetal del predio, aun se conservarían 17,536.65 hectáreas con cobertura vegetal dentro del sistema ambiental, las cuales continuarán prestando el servicio ambiental como barrera de amortiguamiento, lo que resulta más significativo e importante que la cobertura vegetal que se desarrolla en el predio del proyecto.

XI.5. MODULACIÓN O REGULACIÓN CLIMÁTICA

La pérdida de bosques y selvas en México es una de las fuentes más importantes de emisiones de CO₂, principal gas de efecto invernadero (GEI) que genera el cambio climático. Es decir, deforestación es igual a cambio climático.

México se encuentra entre los 20 países que más contribuyen al cambio climático y uno de los motivos es la pérdida de los ecosistemas forestales. La deforestación implica pérdida de riqueza biológica, desabasto de agua y acelera el cambio climático, ya que al remover la cobertura vegetal se libera el bióxido de carbono (CO₂) almacenado. Se estima que el 20 por ciento de las emisiones de GEI a nivel mundial provienen de la pérdida de los ecosistemas forestales, los cuales desaparecen a un ritmo de 13 millones de hectáreas cada año. De esas 13 millones, por lo menos 500 mil corresponden a México.

Los bosques almacenan, sólo en su cobertura vegetal, 300 mil millones de toneladas de bióxido de carbono, lo que equivale a casi 40 veces las emisiones anuales de este gas producidas por la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Cuando un bosque es destruido, el carbono almacenado se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales⁶.

La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como en el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos. Todos estos elementos en interacción contribuyen al clima de una región. Sin embargo, este complicado y frágil esquema que se da en la naturaleza ha sido afectado por el hombre al modificar el uso de suelo por el desarrollo de grandes ciudades (Irma Rosas P., *et al*)⁷.

Algunos climatólogos urbanos apuntan que el origen del problema del cambio climático, está asociado con la desintegración del complejo suelo-planta-atmósfera,

lo que determina el movimiento del agua en sus dos fases: líquida y gaseosa. El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características fisicoquímicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con lo cual proveerá a las plantas no sólo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Irma Rosas P., *et al*). Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera. Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente (Irma Rosas P., *et al*).

Tomando en consideración lo anterior, estamos ante la posibilidad de poder afirmar que el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo la modulación o regulación climática como un servicio ambiental prestado, puesto que la vegetación que se desarrolla en el predio, se encuentra fuertemente impactada presentando un estado secundario donde el arbolado adulto es escaso y disperso, por lo que no constituyen un estrato continuo; así mismo, es importante mencionar que la zona en la que se inserta el predio del proyecto, se encuentra completamente urbanizada, destacando los asentamientos humanos como el principal elemento en el entorno. Tales condiciones han ocasionado que la cobertura vegetal no actúe como un regulador climático, pues se trata de un relicto de vegetación aislado y fragmentado. Así mismo, es más relevante el efecto de isla de calor que se produce en la zona debido al desarrollo urbano predominante, cuyos asentamientos humanos carecen de áreas verdes importantes; y en ese sentido, el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo el servicio ambiental en comento, máxime si consideramos que en el sistema ambiental aún se conservarían 17,555.25 hectáreas con cobertura vegetal, que continuarán contribuyendo a la regulación o modulación climática.

XI.6. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Este apartado se analiza en el capítulo 12 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no compromete la biodiversidad.

XI.7. PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELO

Este apartado se analiza en el capítulo 12 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no provocará la erosión de los suelos.

XI.8. CALIDAD ESCÉNICA (PAISAJE)

Para determinar el cambio que ocurrirá en el paisaje o la modificación de la calidad escénica del mismo, también llamada calidad visual del paisaje, se procedió a realizar un análisis exhaustivo del paisaje con todos sus componentes, tal como se describe a continuación.

XI.8.1. Caracterización del paisaje

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, el paisaje se define simplemente como la “Extensión de terreno que se ve desde un sitio”. En el sentido de ésta definición, podemos determinar tres componentes básicos del paisaje, como son: 1) el terreno o la cuenca visual; 2) su extensión; y 3) el punto de observación; entendiéndose como:

» **Cuenca visual.** Superficie geográfica visible desde un punto concreto, o dicho de otra manera, es el entorno visual de un punto y constituye el componente fundamental del paisaje, puesto que a partir de él se definen los otros dos componentes (extensión y punto de observación). Para el presente estudio se definió al área de influencia del proyecto como la cuenca visual.

» **Extensión.** El área de influencia del proyecto se definió como la cuenca visual del paisaje, por lo tanto se determina como extensión de la misma.

» **Punto de observación.** Dada la cuenca visual del paisaje y máxime su extensión, se determina como punto de observación, una imagen satelital georreferenciada, tomada del programa Google Earth, con el propósito de poder observar en forma clara, todas y cada una de las unidades que conforman el paisaje.

Es así, que una vez definida la cuenca visual, así como su extensión y el punto desde el cual será observada, a continuación se presenta la caracterización del paisaje basada en tres aspectos importantes: 1) su visibilidad, 2) su calidad paisajística, y 3) su fragilidad visual, entendiéndose como:

» **Visibilidad.** Conjunto de elementos del paisaje que pueden observarse desde un punto determinado o punto de observación, que se mide desde donde se perciben, cuanto se percibe y como se perciben.

» **Calidad paisajística.** Incluye tres elementos de percepción: las *características intrínsecas del sitio*, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación, puntos de agua, etc; *la calidad visual del entorno inmediato* en él que se aprecian otros valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc; y *la calidad del fondo escénico*, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto.

» **Fragilidad del paisaje.** Es la capacidad del paisaje para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos (visibilidad y calidad paisajística). Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático, etc.) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, puntos y zonas singulares).

XI.8.2. Análisis de la visibilidad del paisaje

La visibilidad o accesibilidad visual tiene relación directa con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje, y cómo éstos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio.

El análisis de la visibilidad del paisaje, se define como un análisis espacial del área de estudio, tomando en consideración sus formas, colores, vistas, etc. Esta es la primera etapa en la caracterización y valoración del paisaje con base en su visibilidad, y consiste básicamente en definir **Unidades de Paisaje (UP)**, considerando la agregación ordenada y coherente de las partes elementales del entorno lo más homogénea posible, a través de la repetición de formas y en la

combinación de algunos rasgos parecidos (no necesariamente idénticos) en un área determinada.

Para identificar las **UP** se tomó como punto de partida todos y cada uno de los elementos que integran el predio y su área de influencia, a través de un inventario de los recursos presentes en la cuenca visual previamente definida; con base en los siguientes criterios:

» **Áreas de interés escénico:** se identificaron las zonas o sectores que por sus características (formas, líneas, texturas, colores, etc.) otorgan un importante grado de valor estético al paisaje.

» **Hitos visuales de interés:** se identificaron los elementos puntuales que aportan belleza al paisaje de forma individual, y que por su dominancia en el marco escénico, adquieren significancia para el observador.

» **Cubierta vegetal dominante:** se identificaron las zonas con cobertura vegetal visualmente dominante en el área de estudio.

» **Cuerpos de agua:** se identificaron aquellos cuerpos de agua que poseen una significancia visual en el observador.

» **Intervención humana:** se identificaron las diversas estructuras realizadas por el hombre, ya sean puntuales, extensivas o lineales (caminos, líneas de alta tensión, urbanización, jardines, edificios, etc.).

Con base en el inventario realizado conforme a los criterios antes descritos, se definieron 2 unidades de paisaje para el área de estudio propuesta, a saber: 1) áreas verdes; y 2) asentamientos humanos. A continuación se describen cada una de las unidades de paisaje definidas previamente:

1) **UP vegetación natural.** En el medio terrestre, aunque escasa, es notoria la existencia de áreas verdes, ya que otorga contraste en el paisaje a pesar de ser monocromático. Cabe destacar que la cobertura vegetal se encuentra totalmente fragmentada por lo que se mezcla con la otra unidad de paisaje.

2) **UP asentamientos humanos.** En el medio es notoria la existencia de obras de tipo antropogénico como vialidades, viviendas y construcciones diversas, las cuales

forman parte del entorno urbano que predomina en el paisaje; otorgando alto valor de alteración en el medio y contraste en el paisaje.

XI.8.2.1. Análisis de la calidad visual del paisaje

Para el estudio de la calidad visual del paisaje (calidad paisajística) se utilizó el método indirecto de Bureau of Land Management (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la calidad visual, en comparación con una escala de referencia. En la siguiente tabla se presentan los criterios de valoración y puntuación aplicados para evaluar la calidad visual del paisaje (BLM, 1980).

| ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE | | | |
|---|--|---|---|
| COMPONENTE | CRITERIOS | | |
| Morfología | Relieve con pendiente muy Marcada (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante. | Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales. | Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular. |
| | 5 | 3 | 1 |
| Vegetación | Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución. | Cierta variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos. | Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación |
| | 5 | 3 | 1 |
| Agua | Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo. | Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje. | Ausente o inapreciable. |
| | 5 | 3 | 1 |
| Variabilidad cromática | Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables. | Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante | Muy poca variación de color o contraste, colores apagados. |
| | 5 | 3 | 1 |

| | | | |
|-----------------------|---|--|--|
| Fondo escénico | El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual. | El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto | El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto |
| | 5 | 3 | 1 |
| Singularidad o rareza | Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional. | Característico, o aunque similar a otros en la región | Bastante común en la región |
| | 5 | 3 | 1 |
| Acción antrópica | Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual | La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual. | Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica |
| | 5 | 3 | 1 |

En la siguiente tabla se presenta en forma resumida, los resultados de la aplicación del Método BLM (1980) al paisaje actual.

| CRITERIO | PUNTUACIÓN |
|------------------------|------------|
| Morfología | 1 |
| Vegetación | 1 |
| Agua | 1 |
| Variabilidad cromática | 1 |
| Fondo escénico | 1 |
| Singularidad o rareza | 1 |
| Acción antrópica | 1 |
| Total | 7 |

En la siguiente tabla se presentan las clases utilizadas para evaluar la calidad visual del paisaje.

| CLASE | VALORACIÓN | PUNTAJE |
|-------|--|------------|
| A | Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes. | de 22 a 35 |

| CLASE | VALORACIÓN | PUNTAJE |
|-------|---|------------------------|
| B | Áreas de calidad media, cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y textura, pero que resultan similares a otros en la región estudiada y no son excepcionales. | de 8 a 21 |
| C | Áreas de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color, y textura. | <u>de 1 a 7</u> |

Al aplicar el Método BLM (1980) se obtuvo que la calidad visual del paisaje, sin el proyecto, encuadra en la Clase C (7 puntos obtenidos), es decir, se trata de una zona de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color, y textura. Esto es debido a la escasa variedad en la vegetación existente, siendo que esta es monocromática, altamente fragmenta, lo cual aporta poca variación en el color y contraste del paisaje; aunado a que los asentamientos humanos destacan como el elemento predominante en el paisaje, constituyéndose como un factor de perturbación en el ambiente.

XI.8.3. Análisis de la fragilidad del paisaje

Determinar la fragilidad es una forma de establecer el grado de vulnerabilidad de un espacio territorial a la intervención, cambio de usos y ocupaciones que se pretendan desarrollar en él. Mientras la calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio, la fragilidad visual dependerá del tipo de proyecto que se pretenda desarrollar.

Para determinar la fragilidad visual del paisaje, entendida también como su capacidad de absorción ante la ocurrencia de algún factor extrínseco, se ha desarrollado una técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), la cual consiste en asignar puntajes a un conjunto de atributos del paisaje, valorados con base en su condición actual; consecuentemente se ingresan los puntajes asignados a cada atributo en una fórmula y el resultado obtenido se compara con una escala de referencia; finalmente la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV) será determinada con base en el resultado obtenido de la fórmula aplicada comparado con una escala de referencia.

Fórmula aplicada en el análisis:

$$\text{CAV} = P \times (E + R + D + C + V)$$

Donde:

P = Pendiente

E = Regeneración potencial y erosionabilidad

R = Potencial estético

D = Diversidad de la vegetación

C = Acción antrópica

V = Contraste de color

En la siguiente tabla se asignan los puntajes a los atributos del paisaje, con base en la condición que presentan actualmente en el sistema ambiental (Yeomans, 1986).

| ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE | | | |
|--|--|----------|----------|
| COMPONENTE | CRITERIOS | PUNTAJE | |
| | | NOMINAL | NUMÉRICO |
| Pendiente (P) | Poco inclinado (0-25% de pendiente) | Alto | 3 |
| | Inclinación suave (25-55% pendiente) | Moderado | 2 |
| | Inclinado (pendiente >55%) | Bajo | 1 |
| Regeneración potencial y erosionabilidad (E) | Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial. | Alto | 3 |
| | Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial. | Moderado | 2 |
| | Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial. | Bajo | 1 |
| Potencial estético (R) | Potencial bajo | Alto | 3 |
| | Potencial moderado | Moderado | 2 |
| | Potencial alto | Bajo | 1 |
| Diversidad de vegetación (D) | Vegetación escasa | Alto | 3 |
| | Hasta dos tipos de vegetación | Moderado | 2 |
| | Diversificada | Bajo | 1 |
| Acción antrópica (C) | Fuerte presencia antrópica | Alto | 3 |
| | Presencia moderada | Moderado | 2 |
| | Casi imperceptible | Bajo | 1 |
| Contrastes de color (V) | Elementos de bajo contraste | Alto | 3 |
| | Contraste visual moderado | Moderado | 2 |
| | Contraste visual alto | Bajo | 1 |

En la tabla anterior, los puntajes altos son asignados a la condición del atributo que favorece la capacidad de absorción del paisaje ante la ocurrencia de algún factor

extrínseco; por ejemplo, si existe una fuerte presencia antrópica (condición del atributo), entonces significa que cualquier proyecto de origen antrópico que se realice, podrá ser absorbido por el paisaje al ser éste un elemento común y predominante, y por lo tanto se le asigna un puntaje elevado (3); mientras que si la acción antrópica es casi imperceptible, significa que la presencia de cualquier obra afectará la calidad visual del paisaje al ser un elemento perturbador, y en consecuencia se le asigna un puntaje bajo (1), toda vez que el paisaje tendrá poca capacidad para absorber el proyecto.

De lo anterior, a continuación se analizan los puntajes asignados a cada uno de los atributos del paisaje.

Pendiente (P).- Este atributo recibió un puntaje alto (3) debido a que su condición en el paisaje se define por un relieve plano, considerando que la zona en la que se ubica el predio carece de dunas o pendientes significativas; por lo tanto, cualquier proyecto que se realice quedará en un mismo plano y al mismo nivel del suelo.

Regeneración potencial y erosionabilidad (E).- Este atributo recibió un puntaje alto (3) considerando que la zona no es susceptible a la erosión.

Potencial estético (R).- El potencial estético del paisaje desde cualquier perspectiva del observador, es baja, ya que se trata de una zona donde predomina un solo tipo de vegetación altamente fragmentada, sin la presencia de cuerpos de agua y sin relieves significativos que aporten contraste, por lo que obtuvo un puntaje alto (3).

Diversidad de vegetación (D).- Este atributo recibió un puntaje alto (3), debido a que la vegetación, a pesar de ser notoria, es monocromática, escasa y dispersa, por lo que ofrece poco contraste en el paisaje.

Acción antrópica (C).- Este fue uno de los atributos más importantes en el paisaje, ya que el sistema se distingue por ser un área fuertemente aprovechada y la actividad humana es importante, pues se trata de una zona urbana, por lo que cualquier obra o actividad adicional no representará un elemento perturbador en el ambiente, pues no será un elemento nuevo, por lo cual se le asignó un puntaje alto (3).

Contrastes de color (V).- Tal como se ha descrito en el análisis de la visibilidad del paisaje, éste aporta una escasa variabilidad cromática al observador, por lo que obtuvo un puntaje alto (3).

Una vez descrito el origen de los puntajes asignados a cada atributo del paisaje, en seguida se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula de Yeomans (1986).

$$CAV = P \times (E + R + D + C + V)$$

$$CAV = 3 \times (3 + 3 + 3 + 3 + 3)$$

$$CAV = 3 \times (15)$$

$$CAV = 45$$

El paso siguiente en el análisis de la capacidad de absorción del paisaje, consiste en definir la escala de comparación para el resultado de la fórmula aplicada, la cual se indica en la siguiente tabla.

| ESCALA DE REFERENCIA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAV | |
|---|----------------------|
| CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL PAISAJE (CAV) | Baja = < 15 |
| | Moderada = 15 y < 30 |
| | Alta = ó > 30 |

Una vez definida la escala de referencia, a continuación se realiza el análisis comparativo de la misma con el resultado de la fórmula aplicada

| RESULTADO DE LA FÓRMULA | ESCALA DE REFERENCIA | CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL PAISAJE (CAV) |
|-------------------------|----------------------|--|
| X | = ó < 15 | Baja |
| X | = 15 y < 30 | Moderada |
| 30 | = ó > 30 | Alta |

El análisis del resultado de la fórmula aplicada comparado con la escala de referencia previamente definida, indica que el paisaje tendrá una alta capacidad para absorber el proyecto, lo que significa que presenta una baja susceptibilidad ante las modificaciones del entorno. Con base en éste exhaustivo análisis, se puede concluir que el cambio de uso de suelo, no afectará la visibilidad ni la calidad visual del paisaje, ni mucho menos lo hará susceptible ante las posibles modificaciones que sufrirá el entorno, ya que éste no será un elemento nuevo en el paisaje, por el contrario, será agregado a la *UP asentamientos humanos*, y por lo tanto, será absorbido en gran medida (alta capacidad de absorción); y en tal sentido, se puede

concluir que no se pone en riesgo el servicio ambiental de paisaje o calidad escénica prestado por el ecosistema en estudio.

XII. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

XII.1. NO SE COMPROMETE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

El concepto fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929 -), entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, quien tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como “Biodiversidad”.

Los seres humanos hemos aprovechado la variabilidad genética y “domesticado” por medio de la selección artificial a varias especies; al hacerlo hemos creado una multitud de razas de maíces, frijoles, calabazas, chiles, caballos, vacas, borregos y de muchas otras especies. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen son parte de la biodiversidad cultural.

En cada uno de los niveles, desde genes hasta paisaje o región, podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función.

La composición es la identidad y variedad de los elementos (incluye qué especies están presentes y cuántas hay), la estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc.)¹

Tomando en consideración lo antes mencionado, a continuación se presenta un análisis comparativo entre los valores obtenidos del índice de diversidad de flora y fauna en el sistema ambiental, con aquellos resultantes de la superficie de cambio de uso de suelo, tal como se describe a continuación:

1.1. Flora silvestre

Haciendo un análisis comparativo entre los valores de diversidad obtenidos entre el predio testigo y la superficie de cambio de uso de suelo (ver capítulos 4 y 5), y tomando en consideración el primer atributo de la biodiversidad, **la composición**, obtenemos que la flora a nivel del sistema ambiental presenta una diversidad ligeramente mayor a la que presenta la superficie de CUSTF, conforme a la siguiente tabla:

| SISTEMA AMBIENTAL | SUPERFICIE DE CUSTF |
|----------------------|----------------------|
| ÍNDICE DE DIVERSIDAD | ÍNDICE DE DIVERSIDAD |
| 4.13 | 3.49 |

Lo antes mencionado es considerando todos los estratos de la vegetación, así como los valores de abundancia absoluta y relativa de todas las especies encontradas en ambos sistemas, ya que la composición incluye qué especies están presentes y cuántas hay. No obstante lo anterior, es importante aclarar que la diferencia obtenida se considera despreciable, toda vez que apenas es de 0.63 bits/individuo, es decir, no alcanza una unidad, lo que indica que ambos sistemas presentan igualdad de condiciones en lo que concierne a la composición de especies mediante el índice de diversidad de Shannon- Wiener.

Por otra parte, haciendo un análisis comparativo por cada estrato que compone la vegetación en ambos sistemas, obtenemos lo siguiente:

| SISTEMA AMBIENTAL | | SUPERFICIE DE CUSTF | |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| ESTRATO | ÍNDICE DE DIVERSIDAD | ÍNDICE DE DIVERSIDAD | ESTRATOS |
| ARBÓREO | 4.81 | 2.53 | ARBÓREO |
| ARBUSTIVO | 4.14 | 4.55 | ARBUSTIVO |
| HERBÁCEO | 3.45 | 3.41 | HERBÁCEO |

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos mediante la aplicación del índice de Shannon-Wiener, son casi idénticos para el estrato arbustivo y herbáceo, lo que permite asumir que las especies presentan una distribución heterogénea bien estructurada a nivel del estrato superior, en ambos sistemas. En donde se puede observar una ligera diferencia en el valor obtenido, es a nivel del arboreo ya que existe una ligera diferencia de 2.2 bits/individuo, casi alcanzando las 2 unidades.

En lo que concierne al otro atributo de la biodiversidad, la estructura, que se refiere a la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc), entonces nos remitimos a los índices de valor de importancia obtenidos por las distintas especies de flora registradas en ambos sistemas, ya que dicho índice engloba valores de abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies estudiadas.

Según los análisis realizados a nivel del sistema ambiental y de la superficie de aprovechamiento (ver capítulos 4 y 5), se obtuvieron los siguientes resultados:

| SISTEMA AMBIENTAL | | | SUPERFICIE DE CUSTF | | |
|-------------------|------------------------------|---------|---------------------|------------------------------|-----------|
| ESTRATO | ESPECIES | IVI | IVI | ESPECIES | ESTRATO |
| ARBÓREO | <i>Manilkara zapota</i> | 42.3660 | 122.43 | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | ARBÓREO |
| | <i>Bursera simaruba</i> | 20.8674 | 27.63 | <i>Ficus obtusifolia</i> | |
| | <i>Metopium brownei</i> | 19.7810 | 25.81 | <i>Vitex gaumeri</i> | |
| ARBUSTIVO | <i>Ficus continifolia</i> | 20.4552 | 28.58 | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | ARBUSTIVO |
| | <i>Lysiloma latisiliquum</i> | 20.3034 | 22.28 | <i>Croton glabellus</i> | |
| | <i>Thrinax radiata</i> | 19.7268 | 19.15 | <i>Hampea trilobata</i> | |
| HERBÁCEO | <i>Ficus obtusifolia</i> | 16.9511 | 31.25 | <i>Gimnanthes lucida</i> | HERBÁCEO |
| | <i>Chrysophyllum</i> | 16.8908 | 27.78 | <i>Nectandra coriacea</i> | |
| | <i>Manilkara zapota</i> | 16.7060 | 23.61 | <i>Thrinax radiata</i> | |

El Índice de Valor de Importancia permite comparar el peso ecológico de las especies dentro de la comunidad vegetal; de tal manera que el grado de dominancia de ciertas especies, puede indicar una tendencia a la homogeneidad o a la heterogeneidad del ecosistema; el primer caso nos indica que el ecosistema se compone de especies dominantes con alto peso ecológico; mientras que el segundo es evidente que todas las especies, o al menos mas del 80% de las mismas, cuentan con la misma posibilidad de encontrarse presentes en todo el ecosistema, es decir, no hay una marcada predominancia de unas especies sobre otras. Mientras la homogeneidad indica baja diversidad de especies; la heterogeneidad indica una alta diversidad de las mismas.

Considerando los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que para el estrato arbóreo, la especie más importante o con mayor peso ecológico es *Manilkara zapota* en el sistema ambiental y *Lysiloma latisiliquum* en la superficie para el CUSTF. Estos datos nos permiten afirmar que la comunidad vegetal que se desarrolla en la superficie de aprovechamiento, es diferente a la comunidad que se desarrolla en el predio testigo del sistema ambiental, a nivel del estrato arbóreo. A nivel del estrato arbustivo, ambos sistemas difieren en cuanto a las especies con mayor peso ecológico. Finalmente observamos que a nivel del estrato herbáceo tampoco se comparten las especies con mayor peso ecológico; sin embargo, se denota que en el sistema ambiental, la especie *Manilkara zapota* (Zapote) es de las más importantes a nivel de este estrato.

La información vertida en los párrafos anteriores, nos permite asumir que las especies más importantes que se desarrollan en la superficie de CUSTF son distintas a aquella que se presentan en el predio testigo; lo que nos puede indicar que para el caso del SA, el hecho de que la especie *Manilkara zapota* se encuentre bien representada en 2 estratos, con una abundancia, frecuencia y dominancia relativa elevadas, hablemos de un ecosistema maduro y con tendencia al estado primario.

En lo que corresponde al índice de valor de importancia por especie, podemos observar que entre las especies que dominan el estrato arbóreo para el área sujeta a cambio de uso de suelo, se encuentran *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam). La importancia de esta especie indica que este tipo de vegetación no corresponde a un estado primario, ya que algunos estudios (Ramos y Porter, 2002)¹, señalan que la vegetación secundaria está dominada por especies como: *Metopium brownei*, *Bursera simaruba*, *Swartzia cubensis*, *Lysiloma latisiliquum*, *Vitex gaumeri*, *Lonchocarpus rugosus* y *Gymnopodium floribundum* (Schultz, 2003). Para el sistema ambiental, las especies más importantes resultaron ser *Manilkara zapota* (Chicozapote), *Metopium brownei* (chechem) y *Bursera simaruba*; destacando que la especie *Manilkara zapota* (Chicozapote), por ser la más importante, demostrando que la vegetación en la unidad de análisis (predio testigo) se encuentra bien conservada dado que es típica de una selva mediana subperennifolia en buen estado de conservación tendiente al estado primario, tal como se mencionó en

¹ Dr. José M. Ramos Prado y Luciana Porter Bolland. 2002. Manual de identificación y enriquecimiento de plantas de la vegetación secundaria de la Reserva Ecológica El Edén A. C. CONACYT-CONAFOR 2002-C01-5488

párrafos anteriores; lo cual tiene una connotación lógica, pues el predio testigo se trata de un área natural protegida, destinada a su conservación dentro de la zona urbana de Cancún.

En el estrato arbustivo de la superficie de CUSTF, las especies más importantes fueron *Lonchocarpus rugosus*, *Croton glabellus* y *Hampea trilobata*, caso contrario a lo que ocurre en la unidad de análisis del sistema ambiental, donde las especies más importantes fueron *Ficus continifolia*, *Lysiloma latisiliquum* y *Thrinax radiata*. Esto nos indica que en la vegetación sujeta a aprovechamiento aun se encuentra compuesta por especies propias de estadios secundario; mientras que en el sistema ambiental indica que la vegetación está mejor conservada aun en los estratos inferiores.

A nivel del estrato herbáceo las especies más importantes en la superficie de CUSTF fueron, *Gimnanthes lucida*, *Nectandra coriácea* y *Thrinax radiata*; mientras que en la vegetación del sistema ambiental fueron *Ficus obtusifolia*, *Chrysophyllum mexicanum* y *Manilkara zapota*, destacando que la especie *Manilkara zapota* (Chicozapote), por ser la más importante, demostrando que la vegetación en la unidad de análisis (predio testigo) se encuentra bien conservada dado que es típica de una selva mediana subperennifolia en buen estado de conservación.

Nótese que la especie *Manilkara zapota* (chicozapote) se encuentra presente en los dos estratos de la vegetación del predio testigo, y siempre destaca dentro de las dos especies con mayor índice de valor de importancia, lo que acentúa que la vegetación del sistema ambiental se encuentra mejor conservada que aquella que se desarrolla en el predio del proyecto.

Finalmente si se considera que en el sistema ambiental, actualmente existe una superficie total de 2,647.59 hectáreas de vegetación de Selva mediana subperennifolia; y que por la implementación del proyecto se ocupara una superficie de 18.60 hectáreas del mismo tipo de vegetación; entonces podemos concluir que la superficie de CUSTF tan sólo representa el 0.70% del ecosistema de selva mediana subperennifolia presente en todo el sistema ambiental, lo que demuestra que el impacto sobre la biodiversidad sería casi nulo de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo propuesto. Así mismo, tenemos que para el sistema ambiental se tiene reportada la existencia de 138 especies de flora en Selva mediana

subperennifolia⁽²⁾, mientras que para el predio del proyecto, se registraron 37, es decir, el 26.8% de las especies posibles; destacando que algunas de las especies más importantes registradas en la superficie de CUSTF, son características de estadíos tempranos o secundarios; además que la diversidad de especies considerando su importancia y distribución, es similar tanto en el predio testigo como en la superficie de aprovechamiento, por lo que se puede anticipar que el proyecto no compromete la riqueza de especies presentes en el sistema ambiental, si le sumamos el programa de rescate de vegetación que se llevará a cabo dentro de la superficie de aprovechamiento, lo que permitirá asegurar la subsistencia del germoplasma de las especies registradas.

1.2. Fauna silvestre

Haciendo un análisis comparativo entre los valores de diversidad obtenidos entre el predio testigo y la superficie de cambio de uso de suelo (ver capítulos 4 y 5), y tomando en consideración el primer atributo de la biodiversidad, **la composición**, obtenemos que la fauna a nivel del sistema ambiental presenta una diversidad ligeramente mayor a la que presenta la superficie de CUSTF, conforme a la siguiente tabla:

| SISTEMA AMBIENTAL | SUPERFICIE DE CUSTF |
|----------------------|----------------------|
| ÍNDICE DE DIVERSIDAD | ÍNDICE DE DIVERSIDAD |
| 2.79 | 1.93 |

Lo antes mencionado es considerando todos los grupos faunísticos presentes, así como los valores de abundancia absoluta y relativa de todas las especies encontradas en ambos sistemas, ya que la composición incluye qué especies están presentes y cuántas hay. No obstante lo anterior, es importante aclarar que la diferencia obtenida se considera despreciable, toda vez que apenas es de 0.86 bits/individuo, es decir, no alcanza una unidad, lo que indica que ambos sistemas presentan igualdad de condiciones en lo que concierne a la composición de especies mediante el índice de diversidad de Shannon- Wiener.

Así mismo, podemos observar que el grupo más abundante o mejor representado son las aves, ya que se encuentra compuesta por 14 especies en la superficie de

² <http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/01/CaracterPOEL1.pdf>

CUSTF, y por 32 especies en el SA; lo que nos indica que se trata del grupo predominante. Esto puede apreciarse en el siguiente cuadro:

Por otra parte, haciendo un análisis comparativo por cada grupo faunístico entre ambos sistemas, obtenemos lo siguiente:

| SISTEMA AMBIENTAL | | SUPERFICIE DE CUSTF | |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| ESTRATO | ÍNDICE DE DIVERSIDAD | ÍNDICE DE DIVERSIDAD | ESTRATOS |
| AVES | 4.26 | 3.42 | REPTILES |
| REPTILES | 2.20 | 1.56 | AVES |
| MAMÍFEROS | 1.92 | 0.81 | MAMÍFEROS |

Según los datos presentados en la tabla anterior, podemos observar que los valores de diversidad obtenidos mediante la aplicación del índice de Shannon-Wiener, difieren entre ambos sistemas.

Considerando los resultados obtenidos en todos los grupos faunísticos presentes en la superficie de CUSTF y en aquellos presentes en el predio testigo del sistema ambiental; se puede concluir que en ambos casos se presenta una diversidad de fauna que difiere de aves y reptiles; pues en ambos casos el valor se considera normal o moderado; por lo tanto, dichos valores nos indican que la fauna asociada a las dos comunidades es heterogénea, indicando un equilibrio en los nichos ecológicos que juegan dentro del ecosistema.

También se puede concluir que se presenta una diversidad de mamíferos distinta entre ambos sistemas, ya que los valores obtenidos difieren en **1.1 bits/ind**, cercano a la unidad.

Considerando los datos presentados en los párrafos que anteceden, podemos asumir que la fauna en el sistema ambiental es más importante que aquella que se encuentra presente dentro de la superficie de aprovechamiento, puesto que dos de los grupos indicadores del buen estado de salud de los ecosistemas siendo estos, las aves³ y los anfibios⁴, son más diversos en el predio testigo.

³ <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33982/1/cabanascondeanabel.pdf>

⁴ http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/Anfibios_GuaInformativaGlobal.pdf

Finalmente, es importante señalar que en el sistema ambiental alberga una riqueza faunística considerable, ya que se estima en 566 especies, siendo el grupo de las aves el que presenta el mayor número con el 71% del total de las especies. Asimismo, es sobresaliente que 123 especies (21%) se encuentran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, trece de las cuales son consideradas endémicas para la Península de Yucatán (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)⁵; mientras que en la superficie de aprovechamiento sólo se tuvo el registro de 19 especies de vertebrados (el 3.3% de las especies posibles), de las dos se encuentran dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; y en ese sentido podemos afirmar que la implementación del cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la biodiversidad dentro del sistema ambiental o área de influencia del proyecto.

Finalmente podemos mencionar la existencia de dos especies exóticas en el predio del proyecto: *Mus musculus* (ratón casero) y *Canis lupus familiaris* (perro común). Con este dato podemos afirmar categóricamente que el hecho de que dos especies exóticas sean parte del ecosistema dentro del predio del proyecto, significa que este se encuentra impactado e influenciado por la mancha urbana que lo circunda, por lo que sus cadenas tróficas y nichos ecológicos se encuentran alterados.

XII.2. NO SE PROVOCARÁ LA EROSIÓN DE LOS SUELOS

XII.2.1. Estimación de la pérdida actual de suelo a nivel del pedio

Descripción del método utilizado

Para evaluar la pérdida actual del suelo que ocurre a nivel del predio, se utilizó el método de “clavos y rondanas”, dado que se trata de un método sencillo, práctico y de bajos costos. El método consiste en utilizar clavos con rondanas, colocados a lo largo de un transecto a intervalos regulares (Fig. 1). La rondana se coloca de manera que descansa sobre la superficie del suelo, tocando ligeramente la cabeza del clavo. El propósito de la rondana es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdido (Fig. 2).

⁵ Servicios Ambientales y Jurídicos, S. C. 2011. Modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. Etapa de Caracterización. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, México.

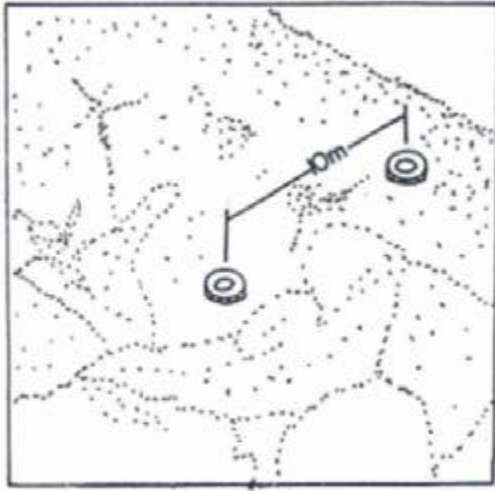


Figura 1.- Colocación de las rondanas

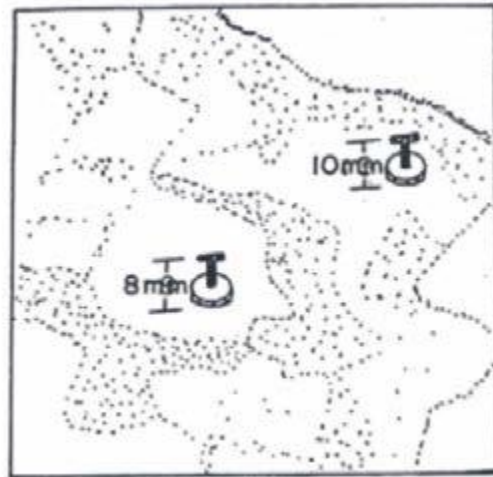


Figura 2.- Medición de lámina pérdida

XII.2.2. Materiales y equipo utilizado en el muestreo

Para poder "leer" los cambios en el nivel de la superficie del suelo con mayor precisión, se utilizaron clavos estándar de 5 pulgadas, y rondanas planas de acero inoxidable de 2 pulgadas (figuras 1 y 2).



Fig. 1.- Clavos



Fig. 2.- Rondanas

Para ubicar los puntos de muestreo se utilizó un GPS de la marca Garmin calibrado en coordenadas UTM, referidas al Datum WGS84 y a la Zona 16Q Norte. Por otro

lado, se utilizó cinta métrica graduada en milímetros para medir los cortes en el terreno; y una cámara fotográfica para el registro de las actividades en campo.

Así mismo, se utilizó un tubo de PVC de 4 cm de altura y 5.08 cm o 2 pulgadas de diámetro, que permitió recolectar un volumen de 81 cm³ ($V=\pi*r^2*h$), por cada muestra tomada del suelo utilizada para el cálculo de la densidad aparente (figuras 3).

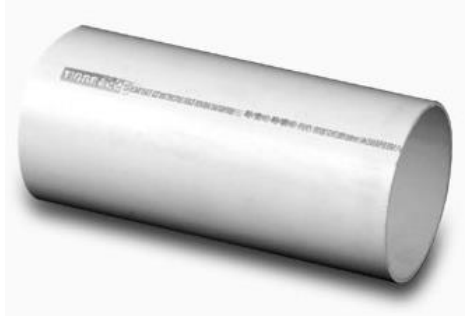


Fig. 3.- Tubo de PVC

XII.2.2.1. Diseño del muestreo

Para la aplicación del método propuesto se llevó a cabo un muestreo por parcelas, utilizando los sitios de muestreo del inventario forestal utilizado para el estudio del estrato arbustivo, muestreando una parcela por sitio del inventario, lo que nos dio un total de 6 parcelas de muestreo para el suelo en estudio.

Es importante mencionar que en cada punto de muestreo se llevó a cabo una limpieza a matarrasa, en un radio de 1 metro alrededor del clavo, dejando expuesto el suelo a las condiciones climáticas, con el fin de que la materia orgánica en descomposición no afecte o altere las mediciones en campo. Los sitios permanecieron expuestos a las condiciones del medio, en un período de 5 días y al sexto día, se llevó a cabo la toma de datos en campo.

XII.2.2.2. Registro de datos en campo

Durante los días de muestreo, se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo mediante la cinta milimétrica, asimismo, con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo (81 cm³ por cada muestra), el cual se enterró en la capa superficial del suelo con la ayuda de un mazo pequeño, eliminando únicamente la

hojarasca que había en el sitio de la muestra. Posteriormente con ayuda de una pala se sacó el cilindro enterrado y con la ayuda de una navaja se enrasaba el suelo sobresaliente del cilindro para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras obtenidas del suelo fueron secadas a 105 °C hasta obtener un peso constante. Para cada sitio o punto de muestreo, se tomaron cinco repeticiones; una en el centro de cada sitio (cerca del clavo) y una muestra a diez metros del centro, en cada uno de los puntos cardinales, para finalmente obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

Cabe aclarar que el presente método debe ser considerado como una práctica experimental de corto plazo, con la única finalidad de tratar de obtener una estimación cercana a la realidad, pero sin que la misma sea determinante para los análisis presentados en el capítulo XII del DTU-A, ya que como es sabido este tipo de estudios se realizan con periodos de tiempo prolongados obteniéndose una variedad de valores que ayudan a indicar los factores de erosión y acumulación del suelo, además de que dichos estudios contemplan las diferentes estaciones del año o temporadas (nortes, secas y lluvias) como es el caso para el estado de Quintan Roo, no obstante, en el presente capítulo y en posteriores dentro del DTU-A, se presenta la estimación de la erosión a través de la aplicación de la fórmula general de pérdida de suelos, por lo tanto, la siguiente información deberá ser tomada en cuenta más que como complemento a las estimaciones de dicha fórmula general de erosión.

XII.2.2.3. Pérdida y deposición de suelo

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada sitio de muestreo, considerando el período de 5 días en el que permanecieron “in situ”.

| REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO | | | | | | | Σ Promedio |
|---|-----------------------------|----|----|----|----|---|---------------|
| PARÁMETRO | SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Pérdida (mm) | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | -0.3 mm |
| Deposición (mm) | 0 | +1 | +1 | 0 | +4 | 0 | +0.4 mm |

XII.2.2.4. Densidad aparente

Para la estimación de la densidad aparente del suelo, se utilizó el método denominado “determinación gravimétrica de la densidad aparente en muestra no alterada”, para lo cual fueron útiles los cilindros o tubos de PVC.

Extraída la muestra de suelo con los cilindros extractores y cubiertos con las tapas para evitar pérdidas de material, se colocó en una estufa con horno a 105-110 °C hasta peso constante (aproximadamente 24 hs). La densidad aparente (kg/m³) se determinó con base en la siguiente fórmula:

$$DA \text{ (kg/m}^3\text{)} = (A-B) / V$$

Donde:

A= peso seco del suelo

B= tara del cilindro (10 gr)

V= volumen de la muestra

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la densidad aparente, para cada muestra obtenida en los sitios de muestreo.

| REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE | | | |
|---|-----------------|------------------------|----------------------------------|
| SITIO/MUESTRA | PESO SECO (gr) | TARA DEL CILINDRO (gr) | VOL. DE SUELO (cm ³) |
| 1 | 512 | 10 | 405 |
| 2 | 689 | 10 | 405 |
| 3 | 498 | 10 | 405 |
| 4 | 590 | 10 | 405 |
| 5 | 580 | 10 | 405 |
| 6 | 699 | 10 | 405 |
| Acumulación (Σ) | 3,568 gr | 60 gr | 2,430 cm³ |
| Acumulación (Σ) | 3.56 kg | 0.06 kg | 2.43 m³ |
| DENSIDAD APARENTE = (3.56 kg - 0.06 kg) / 2.43 m³ | | | |
| DENSIDAD APARENTE = 1.44 kg/m³ | | | |

Los resultados obtenidos expresados en gramos por centímetro cúbico, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m³), lo que nos arroja un resultado de 0.00144 Ton/m³ para la unidad edáfica.

XII.2.2.5. Cuantificación de pérdidas

a) Tasa media de erosión. Para la cuantificación de la tasa se erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la siguiente fórmula (Pizarro y Cuitiño, 2002):

$$X = Y * Da * 10$$

Donde:

X= pérdida de suelo o suelo erosionado

Y= altura media de suelo erosionado (mm)

Da= densidad aparente (Ton/m³)

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.30 * 0.00144 * 10$$

$$P = 0.00432 \text{ Ton/ha/año}$$

b) Tasa media de deposición. Para la cuantificación de la tasa se erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la misma fórmula citada anteriormente (Pizarro y Cuitiño, 2002), pero considerando los valores de deposición obtenidos en campo, de tal manera que la variable “Y” ahora corresponde al valor de deposición promedio del suelo, quedando de la siguiente manera:

$$X = Y * Da * 10$$

$$P = 0.40 * 0.00144 * 10$$

$$P = 0.00576 \text{ Ton/ha/año}$$

c) Erosión neta. Se denomina como erosión neta (En) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea (Cuitiño, 1999). Se expresa como:

$$En = E - S$$

Donde:

En = Erosión neta (ton/ha).

E = Erosión media del estrato (ton/ha).

S = Sedimentación media del estrato (ton/ha).

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

En = 0.00432 Ton/ha/año – 0.00576 Ton/ha/año

En = -0.00144 Ton/ha/año

De acuerdo con el resultado anterior, tenemos una erosión neta para el predio del proyecto de **-0.00144 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo y a favor de la deposición de suelo) una lámina de suelo de 0.000144 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005); y en ese sentido podemos concluir que en la superficie de CUSTF no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión.

Considerando lo señalado en el párrafo que antecede, podemos concluir categóricamente que dadas las condiciones en las que se encuentra actualmente el predio del proyecto, no existen tierras frágiles, pues no presentan evidencias de degradación o pérdida de su capacidad productiva natural, al contrario, existe una deposición anual de 0.000144 mm de suelo.

XII.3. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DEL SUELO CON EL CUSTF

Para la estimación de la pérdida de suelo que ocurriría en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta con el desarrollo del proyecto, y considerando que se trata de un caso hipotético con fines de predicción (erosión potencial), se optó por utilizar la siguiente ecuación (Martínez, M., 2005):

$$E_p = R * K * LS$$

Donde:

Ep = Erosión potencial del suelo (t/ha/año).

R = Erosividad de la lluvia (Mj/ha mm/hr).

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

La metodología simplificada y adecuada para utilizarse dicha ecuación en nuestro país, también se puede encontrar en Martínez, M. (2005), como se describe a continuación:

a) La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones (Figura 1). La región bajo estudio se asocia a un número de la región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el **valor de R** (Cuadro 1).



Figura 1. Mapa de erosividad de la República Mexicana

Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país .

| Región | Ecuación | R ² |
|--------|------------------------------|----------------|
| I | $R = 1.20781P + 0.002276P^2$ | 0.92 |
| II | $R = 3.4555P + 0.006470P^2$ | 0.93 |
| III | $R = 3.6752P - 0.001720P^2$ | 0.94 |
| IV | $R = 2.8559P + 0.002983P^2$ | 0.92 |
| V | $R = 3.4880P - 0.00088P^2$ | 0.94 |
| VI | $R = 6.6847P + 0.001680P^2$ | 0.90 |
| VII | $R = -0.0334P + 0.006661P^2$ | 0.98 |
| VIII | $R = 1.9967P + 0.003270P^2$ | 0.98 |
| IX | $R = 7.0458P - 0.002096P^2$ | 0.97 |
| X | $R = 6.8938P + 0.000442P^2$ | 0.95 |
| XI | $R = 3.7745P + 0.004540P^2$ | 0.98 |
| XII | $R = 2.4619P + 0.006067P^2$ | 0.96 |
| XIII | $R = 10.7427P - 0.00108P^2$ | 0.97 |
| XIV | $R = 1.5005P + 0.002640P^2$ | 0.95 |

De acuerdo con los datos de la figura 1 y el cuadro 1, se tiene que el predio del proyecto se ubica dentro de la Región XI y por lo tanto, le aplica la ecuación: $R = 3.7745P + 0.004540P^2$. Así mismo, considerando que la precipitación media anual de la zona en la que se ubica el predio, y por ende la superficie de cambio de uso de suelo es de 1,100 mm, sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos los siguientes resultados:

$$R = 3.7745P + 0.004540P^2$$

$$R = 3.7745 (1,100) + 0.004540 (1,100)^2$$

$$R = 4,151.95 + 0.004540 (1'210,000)$$

$$R = 4,151.95 + 5,493.40$$

$$R = 9,645.35 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

b) Erosionabilidad (K). La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

- Tamaño de las partículas del suelo
- Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- Permeabilidad.

Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica

| Textura | % de materia orgánica | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | 0.0 – 0.5 | 0.5 - 2.0 | 2.0 – 4.0 |
| Arena | 0.005 | 0.003 | 0.002 |
| Arena fina | 0.016 | 0.014 | 0.010 |
| Arena muy fina | 0.042 | 0.036 | 0.028 |
| Arena migajosa | 0.012 | 0.010 | 0.008 |
| Arena fina migajosa | 0.024 | 0.020 | 0.016 |
| Arena muy fina migajosa | 0.044 | 0.038 | 0.030 |
| Migajón arenosa | 0.027 | 0.024 | 0.019 |
| Migajón arenosa fina | 0.035 | 0.030 | 0.024 |
| Migajón arenosa muy fina | 0.047 | 0.041 | 0.033 |
| Migajón | 0.038 | 0.034 | 0.029 |
| Migajón limoso | 0.048 | 0.042 | 0.033 |
| Limo | 0.060 | 0.052 | 0.042 |
| Migajón arcillo arenosa | 0.027 | 0.025 | 0.021 |
| Migajón arcillosa | 0.028 | 0.025 | 0.021 |
| Migajón arcillo limosa | 0.037 | 0.032 | 0.026 |
| Arcillo arenosa | 0.014 | 0.013 | 0.012 |
| Arcillo limosa | 0.025 | 0.023 | 0.019 |
| Arcilla | 0.013 - .029 | | |

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 del INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos clasificados de acuerdo con las

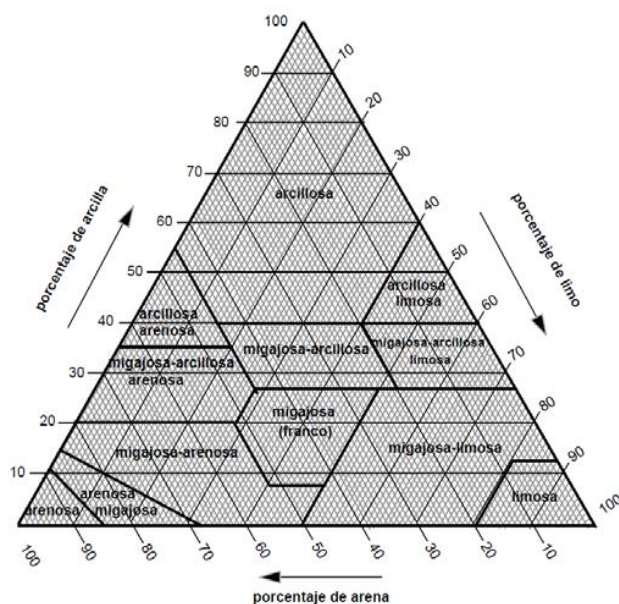
descripciones de unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio se encuentran dentro de la siguiente unidad edafológica (ver capítulo 5):

E+I/2/L. Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.

El tipo de suelo citado anteriormente, presenta una clase textural media y distinto contenido de materia orgánica. De acuerdo con el INEGI (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), las clases texturales del suelo indican cuál de las partículas de suelo (arena, limo o arcilla) domina en los 30 cm superficiales del suelo, a saber:

- Textura gruesa. Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
- Textura media. Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.
- Textura fina. Más del 35% de arcilla.

Tomando en cuenta que el tipo de suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo presenta una clase textural media, es decir, menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena, entonces tenemos que se trata de suelo con textura migajosa arcillosa, de acuerdo con el “Diagrama de texturas según el Departamento de Agricultura de los EUA”, utilizado en el Laboratorio de Análisis de Materiales del INEGI con adecuación de términos (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), el cual se muestra en la siguiente imagen.



En cuanto a la materia orgánica en los suelos predominantes, tenemos que la **Rendzina** es predominante por ser la unidad edáfica primaria, y son ricos en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%); mientras que el **Litosol** se presenta como suelo secundario, pero también es rico en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%).

Entonces tenemos que el suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo es de textura migajón arcilloso y el contenido de materia orgánica de más del 2.0%, por lo tanto el valor de K sería 0.021 de acuerdo con los datos del cuadro 2 presentado anteriormente.

c) Longitud y Grado de pendiente (LS)

La pendiente se estima como:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Ha = Altura de la parte alta del terreno (m).

Hb = Altura de la parte baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

De acuerdo con el levantamiento topográfico realizado en la superficie de cambio de uso de suelo:

La altura de la parte alta del terreno es de 8 msnm;

La altura de la parte baja del terreno es de 6; y

La longitud del terreno analizada de 495 m (equivalente al largo aproximado del predio).

Entonces la pendiente sería de:

$$S = 8 - 6 / 495$$

$$S = 2 / 495$$

$$S = 0.0040 (100)$$

S = 0.40 %

Al conocer la pendiente y la longitud de la pendiente, entonces el factor **LS** se calcula como:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5.

De acuerdo con los resultados obtenidos, y sustituyendo los valores en la fórmula tenemos:

Longitud de la pendiente de 495 m
Pendiente media del terreno 0.40%
Valor constante de "m" = 0.5

LS se calcula como:

$$LS = (495)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.40) + 0.00138 (0.40)^2]$$

$$LS = (22.24) (0.0138 + 0.00386 + 0.0002208)$$

$$LS = (22.24) (0.0178808)$$

$$LS = 0.39$$

d) Finalmente calculamos la **Erosión Potencial** como:

$$Ep = R * K * LS$$

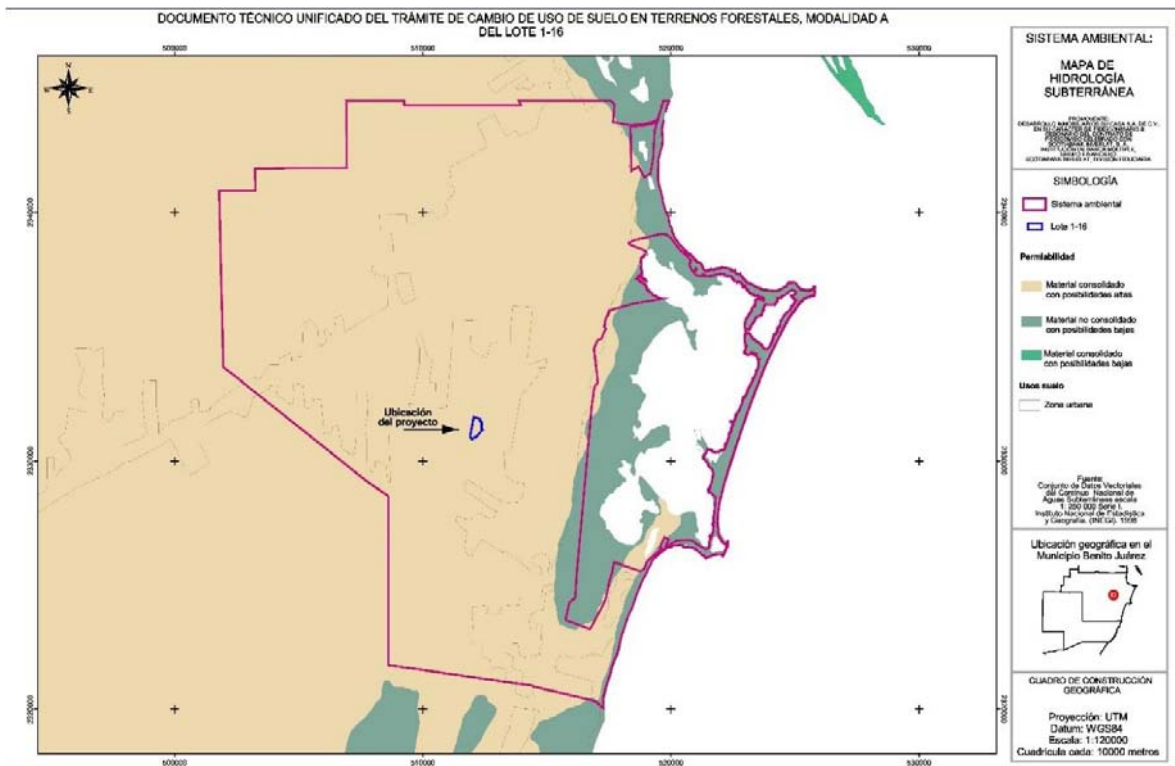
$$E = (9,645.35) (0.021) (0.39)$$

$$E = 78.99 \text{ t/ha/año}$$

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 78.99 t/ha/año en la superficie de cambio de uso de suelo con la eliminación de la vegetación, pero sin medidas preventivas, de mitigación o de conservación de suelos; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 7.89 mm (0.78 cm), si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

Entonces tenemos que si la capa de suelo que se estima existe en la superficie de CUSTF, es de 10.6 cm, podemos afirmar que el suelo se perdería por procesos erosivos en su totalidad, en un plazo de 8.26 años, si consideramos que se estima una pérdida de 0.78 cm anuales (según los resultados obtenidos del cálculo de erosión potencial), lo cual se considera un plazo bastante extenso y que nos indica que la superficie de CUSTF no posee tierras frágiles; sumado a que la regeneración natural del ecosistema a nivel del sotobosque ocurriría en un plazo estimado de 1 a 2 años, por lo tanto, se considera corto el tiempo que transcurriría para que se restablezca nuevamente el factor de protección del suelo que ha sido eliminado hipotéticamente, es decir, la cobertura vegetal.

En conclusión, podemos determinar que las tierras donde se realizará el proyecto no están catalogadas como zonas frágiles, aun cuando se pretende eliminar la vegetación, pues no existe degradación hídrica o eólica y no presenta pendientes, ni condiciones climáticas extremas (precipitación escasa y variable, temperaturas elevadas o muy bajas), y sus suelos son altamente permeables, pues se ubican en una zona con posibilidades altas de funcionar como acuíferos, tal como puede observarse en el plano de la página siguiente, basado en la carta de hidrología subterránea del INEGI (escala 1:250000).



XII.4. NO SE PROVOCARÁ EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA O LA DISMINUCIÓN EN SU CAPTACIÓN

Para poder determinar que no se pone en riesgo el servicio ambiental hidrológico relacionado con la provisión de agua en cantidad, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la cantidad de agua que es captada en la superficie de cambio de uso de suelo, y aquella que puede ser captada en el predio testigo del sistema ambiental.

XII.4.1. Cantidad de agua captada en la superficie de cambio de uso de suelo

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros.

Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$C_e = K (P-500) / 200$ cuando K es igual o menor a 0.15; y

$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5$ cuando K es mayor que 0.15

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 que se presenta en la página siguiente.

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

| COBERTURA DEL BOSQUE | TIPO DE SUELO | | |
|----------------------|---------------|------|------|
| | A | B | C |
| Más del 75% | 0.07 | 0.16 | 0.24 |
| Entre 50-75% | 0.12 | 0.22 | 0.26 |
| Entre 25-50% | 0.17 | 0.26 | 0.28 |
| Menos del 25% | 0.22 | 0.28 | 0.30 |

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de P (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,100 mm y el valor de K es de 0.28, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 65.78 m³ (cobertura con entre el 25-50%).

CUADRO 9. VALORES DE K PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES COBERTURAS ARBOLADAS.

| COBERTURA DEL BOSQUE | TIPO DE SUELO | | |
|----------------------|---------------|------|------|
| | A | B | C |
| Más del 75% | 0.07 | 0.16 | 0.24 |
| Entre 50-75% | 0.12 | 0.22 | 0.26 |
| Entre 25-50% | 0.17 | 0.26 | 0.28 |
| Menos del 25% | 0.22 | 0.28 | 0.30 |

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.28) (1,100 - 250) / 2000 + (0.28-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.28) (850 / 2000) + (0.13 / 1.5)$$

$$C_e = (0.28) (0.425 + 0.08)$$

$$C_e = (0.28) (0.505)$$

$$C_e = 0.14$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C_e**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal entre el 25-50%, es decir, sin el proyecto, es de 0.14.

Luego entonces, para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

Donde:

V_e = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)
 A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)
 C = Coeficiente de escurrimiento anual
 P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,100 litros equivalen a 1.1 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.1 \text{ m}^3 * 186,083.337 \text{ m}^2 * 0.14$$
$$V_e = 28,656.83 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - V_e$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P: Precipitación media anual en el área de interés (m³) * superficie de cambio de uso de suelo (m²)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - V_e$$

$$I = (1.1 \text{ m}^3) (186,083.337 \text{ m}^2) - 28,656.83 \text{ m}^3/\text{m}^2$$
$$I = 204,691.67 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 28,656.83 \text{ m}^3/\text{m}^2$$
$$I = 176,034.84 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 28,656.83 m³/m² anuales, y se pierden 176,034.84 m³/m² anuales por escurrimiento.

XII.4.2. Conclusiones

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (28,656.83 m³/m² anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (27'035,085 m³/m²), podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que sólo se estaría perdiendo el 0.1% de la captación total que ocurre en el sistema ambiental. Y si a esto le sumamos que el predio conservará el 43.31 % de su superficie como área permeable, entonces podemos asegurar categóricamente que la captación de agua en cantidad que acontece en el SA, no se verá comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto; de igual forma, podemos concluir que la captación de agua en cantidad, es más importante a nivel del sistema ambiental, que aquella que ocurre a nivel del predio, considerando el volumen de agua que es captada en ambos sistemas.

XII.4.3. Provisión de agua en calidad

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo en la etapa de cambio de uso de suelo, y por lo tanto, evitar que se comprometa la captación de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

Medida 1. No se promoverá el uso de pozos domésticos para la extracción de agua subterránea, lo cual evitará que se descompense la recarga del acuífero por la extracción de agua “dulce”.

Medida 2. Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.

Medida 3. Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 10 trabajadores, con lo cual se evitará la

micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retiradas del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.

Medida 4. Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos; y se instalará un sitio de almacenamiento temporal para residuos peligrosos; con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen residuos que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.

Con las medidas antes descritas, sumadas a las descritas en el capítulo 10 del presente estudio, se puede concluir que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes para el acuífero, y no ocasionará la intrusión de la cuña salina; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

XII.5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Actualmente el predio no presenta un uso que genere ingresos económicos, sin embargo, mediante la valoración económica de los recursos biológicos que presta la fracción de terreno sujeta al cambio de uso de suelo, se puede concluir que el valor económico del mismo es de \$2'788,151.76, el cual se considera mínimo en relación a la inversión requerida para la funcionalidad e implementación del proyecto, ya que para el mismo se requerirá de un monto sumamente mayor entre rubros que van desde los gastos de mano de obra, renta de equipo y adquisición de insumos, hasta los pagos de permisos ambientales, entre otros.

No obstante lo anterior, es de señalarse que el proyecto que se propone se refiere exclusivamente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción total de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia lo que represente una inversión de aproximadamente un millón de pesos, es importante considerar la derrama económica final del predio del proyecto en relación a su potencial urbano; misma que corresponde al índole de los 500

millones de pesos sólo para su construcción y urbanización, con lo que podemos anticipar que el nuevo uso propuesto es económicamente más redituable que el actual.

Ahora bien, bajo el supuesto de que el tiempo de vida del proyecto total (fraccionamiento) fuera de 50 años, se tendría que el terreno forestal donde se pretende su desarrollo generaría una derrama económica de \$724,217,60 por su existencia y considerando los valores de uso indirecto, de opción, de legado y de existencia (\$1'635,102.46 totales); lo que sigue siendo aun menor a la inversión que implica el desarrollo del proyecto general, sin considerar aun inversión alguna respecto a la operación del desarrollo habitacional (empleados fijos y temporales, mantenimiento, predial y servicios generales de áreas públicas y privadas), además de la cantidad de personas que se verán beneficiadas durante las diferentes etapas.

Ante lo arriba expuesto, se anticipa que el nuevo uso propuesto para el terreno forestal en cuestión, será mucho más rentable con el proyecto y su desarrollo, que por su simple existencia.

En este apartado se demuestra que los usos alternativos del suelo que se proponen, son más productivos a largo plazo, que si se mantuviera el predio en sus condiciones originales.

XII.6. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En éste punto es importante mencionar que el predio del proyecto se ubica en una zona con alto potencial para el desarrollo urbano de la Ciudad de Cancún; mismo que se establece en los instrumentos reguladores del suelo. En éste sentido, resulta importante hacer mención que el cambio de uso de suelo que se propone a través del presente estudio, dará paso a un proyecto urbano de tipo habitacional, el cual será sometido a evaluación en su momento procesal oportuno, ante las autoridades competentes.

Para entender la importancia social que tiene el proyecto propuesto, primeramente habrá que considerar la problemática actual que acontece en la zona donde éste se ubica, partiendo desde lo general hasta lo particular, como se describe a continuación:

A nivel Municipal, Benito Juárez ha rebasado los límites de crecimiento pronosticados en los Planes Directores anteriores al año 2000. En el año 1990 el municipio registró una población de 176,795 habitantes y para el 2007 alcanzó una población cercana a los 625 mil habitantes con una tasa media de crecimiento anual de 7.7 %. Éste, el crecimiento demográfico de la Ciudad de Cancún ha sido uno de los más sobresalientes en el país; lo cual ha generado, a su vez, que el desenvolvimiento urbano de este centro de población haya sido también explosivo. Cancún se encuentra en la zona turística denominada Corredor Cancún-Riviera Maya, la cual se ha convertido en la principal zona generadora de divisas y empleo relacionado con el turismo en el país, lo que explica su acelerado crecimiento.

Visto lo anterior, está por demás mencionar que el cambio de uso de suelo que se propone, resulta necesario realizarse para dar paso a la construcción del desarrollo habitacional que se pretende llevar a cabo y que en su momento se someterá a evaluación ante las autoridades competentes. El desarrollo habitacional contribuirá a reducir, aunque en menor escala, la actual demanda de vivienda que acontece en la zona en la que se circunscribe; por lo tanto, aportará un gran beneficio para la sociedad al proporcionar viviendas dignas para su bienestar y desarrollo familiar.

Aunado a lo anterior, resulta importante mencionar que todo desarrollo habitacional o urbano, conlleva la creación de áreas verdes ajardinadas, áreas naturales, de equipamiento, comerciales, vialidades y áreas de recreo y esparcimiento para la gente que habite en el fraccionamiento y de aquellos que viven en los desarrollos aledaños; lo que proveerá de bienestar social para la gente que reside en la Ciudad de Cancún.

Por último, no hay que dejar de mencionar la alta oferta de empleo que generará el proyecto actual (preparación del sitio), puesto que sus dimensiones permiten estimar que se producirán aproximadamente 100 empleos temporales y 50 empleos permanentes, sólo para la etapa de cambio de uso de suelo que se propone en el presente estudio, por lo que habría de considerar el resto de los empleos que se generarían durante las etapas de construcción y operación del proyecto. En virtud de lo arriba expuesto, se advierte que considerando el cambio de uso de suelo del predio para destinarlo a actividades no forestales, el proyecto tendrá un alto impacto social, puesto que generará ingresos económicos para los trabajadores de la localidad que se dedican a la rama de la construcción, a través de la oferta de empleos.

XIII. DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA FORMULADO EL ESTUDIO Y, EN SU CASO, DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN

DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL DTU-A

1.1. Nombre o razón social

Ing. Reynaldo Martínez López

1.2. Registro Federal de Contribuyentes

MARL820517S6A

1.3. C. U. R. P.

MALR820517HOCRPY00

1.4. Cédula profesional

6241318

1.5. Domicilio para oír y recibir notificaciones

Supermanzana. 84, Manzana 15, Lote 3.2, Avenida José López Portillo, Edificio 9, Departamento 202, Galaxias Puerto Cancún. C.P. 77520, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo. Teléfono: (01983) 1323467. Correo electrónico: reymtzl@gmail.com

1.6. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10. Se anexa copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Reynaldo Martínez López.

2. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

2.1. Nombre o razón social

Ing. Reynaldo Martínez López

2.2. Datos de inscripción en el Registro Nacional Forestal

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10. Se anexa copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Reynaldo Martínez López.

2.3. Domicilio para oír y recibir notificaciones

Supermanzana. 84, Manzana 15, Lote 3.2, Avenida José López Portillo, Edificio 9, Departamento 202, Galaxias Puerto Cancún. C.P. 77520, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo. Teléfono: (01983) 1323467. Correo electrónico: reymtzi@gmail.com

XIV. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

De la información de los Capítulos 4 y 5 del presente estudio, se desprende que el cambio de uso de suelo afectará vegetación de Selva mediana subperennifolia, fuera de la zona costera del Estado de Quintana Roo, y sin la presencia de ecosistemas frágiles o excepcionales como los manglares, matorrales costeros y dunas costeras. Por lo tanto y en virtud de lo anterior, le son aplicables diversos preceptos legales contenidos en la LGEEPA, en su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez; y en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Complejo Urbano Sur Alfredo V. Bonfil, Quintana Roo, tal como se indica a continuación.

XIV.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

En apego a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Artículo 28, fracción VII; que indica que los cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental correspondiente; es que se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad A, para que sea evaluado de conformidad con lo dispuesto por los Artículos 35 y 35 BIS de la LGEEPA; solicitando la autorización para el cambio de uso de suelo en áreas forestales.

XIV.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

En apego a lo dispuesto por el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en su Artículo 5, inciso O), que indica que el cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental competente.

Por lo anterior se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad A, correspondiente al proyecto, para que sea evaluado en Materia de Impacto Ambiental de conformidad con lo dispuesto por el artículo 49 del instrumento normativo en cita; solicitando la autorización en materia de Impacto Ambiental para el cambio de uso del suelo en áreas forestales.

XIV.3. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su Artículo 117 establece que la Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.

No se podrá otorgar autorización de cambio de uso de suelo en un terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años, a menos que se acredite fehacientemente a la Secretaría que el ecosistema se ha regenerado totalmente, mediante los mecanismos que para tal efecto se establezcan en el reglamento correspondiente.

Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat. Dichas autorizaciones deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Al respecto es importante mencionar que el presente Documento Técnico Unificado integra los estudios técnicos justificativos que demuestran que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se proponen son más productivos a largo plazo; así mismo, cabe mencionar que el terreno forestal que será afectado con el cambio de uso de suelo, no corresponde a un terreno incendiado, puesto que la vegetación que se encuentra presente corresponde a un ecosistema en estado de madurez avanzado que no presenta indicios de éste tipo de afectaciones. Y por último, se deja de manifiesto que entre las medidas preventivas y de mitigación a los impactos ambientales que generará el proyecto, se considera la ejecución de un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal que será afectada y su adaptación al nuevo hábitat; con lo que se da cumplimiento a lo estipulado en el artículo 117 de la Ley en comento.

XIV.4. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Este reglamento señala en su artículo 121 que los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:

- I. Usos que se pretendan dar al terreno;*
- II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos georeferenciados;*
- III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;*
- IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;*

- V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;*
- VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;*
- VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles;*
- VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;*
- IX. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto;*
- X. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso del suelo;*
- XI. Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el estudio y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución;*
- XII. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías;*
- XIII. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo;*
- XIV. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, y*
- XV. En su caso, los demás requisitos que especifiquen las disposiciones aplicables.*

El presente Documento Técnico Unificado contiene todas las fracciones señaladas por el artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, por lo que se da cumplimiento al mismo.

XIV.5. ACUERDO POR EL QUE SE EXPIDEN LOS LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA SOLICITAR EN UN TRÁMITE ÚNICO ANTE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES LAS AUTORIZACIONES EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y EN MATERIA FORESTAL QUE SE INDICAN Y SE ASIGNAN LAS ATRIBUCIONES CORRESPONDIENTES EN LOS SERVIDORES PÚBLICOS QUE SE SEÑALAN

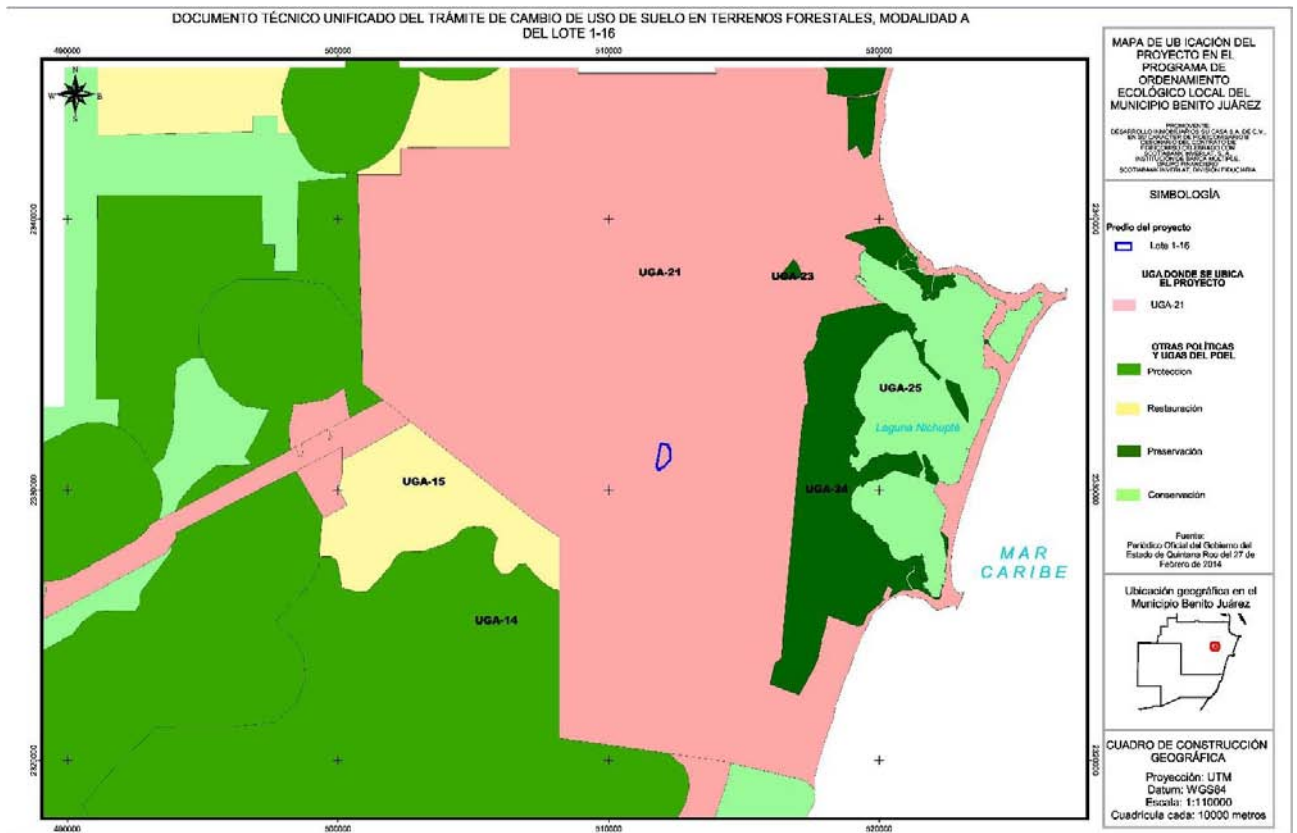
Éste Acuerdo establece en su Artículo Sexto que el documento técnico unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad A, contendrá la información indicada en los artículos 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 121 de su Reglamento, así como la señalada en el artículo 12, fracciones I, III, V y VIII, del Reglamento de la Ley General del

Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

En apego a lo establecido en dicho Acuerdo es que se presenta este Documento Técnico Unificado, el cual contiene la información solicitado en el Artículo Sexto antes citado, con lo que se da cabal cumplimiento al mismo para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal, el proyecto propuesto.

XIV.6. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ

Por su ubicación, el predio del proyecto está regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez publicado en el periódico oficial del estado de Quintana Roo el 27 de Febrero de 2014, y de acuerdo con éste, el predio donde pretende realizarse el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental número 21 Zona Urbana Cancún, tal como se muestra en el plano de la página siguiente.



Ubicación del terreno forestal dentro de la zonificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

En el siguiente cuadro se indican los lineamientos y criterios ecológicos de aplicación específica para la UGA que alberga el predio del proyecto.

UGA 21 – ZONA URBANA DE CANCÚN.

| <p>Superficie: 34,937.17ha</p> | <p>Política Ambiental: Aprovechamiento Sustentable</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------------------|-----------|---|----|-------------|-----------|-------|-----|--|----------|-------|-----|--|----------|-------|-----|---|----------|------|----|-------------------------|----------|------|----|---------------------|----------|------|----|---------|----------|------|-----|---------------------------|--------|------|----|--------------------------------|--------|------|----|----------------|--------|------|----|-------|-------|------|----|------------------|-------|------|--------------|--|------------------|---------------|
| <p>Criterios de Delimitación: Esta UGA se delimitó con base en la poligonal del Centro de Población establecida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del Municipio de Benito Juárez (PMDUSB), el cual ha sido aprobado por el H. Cabildo Municipal y publicado en la Gaceta Municipal el 26 de diciembre de 2012 y en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 8 de marzo de 2013.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Condiciones de la Vegetación y Uso de Suelo:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>CLAVE</th> <th>CONDICIONES DE LA VEGETACION</th> <th>HECTAREAS</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZU</td> <td>Zona Urbana</td> <td>10,622.07</td> <td>30.40</td> </tr> <tr> <td>VS2</td> <td>Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Subperennifolia en recuperación</td> <td>9,666.56</td> <td>27.67</td> </tr> <tr> <td>VSa</td> <td>Vegetación Secundaria Arbustiva de Sel Mediana Subperennifolia</td> <td>5,241.10</td> <td>15.00</td> </tr> <tr> <td>VSA</td> <td>Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Subperennifolia en buen estado</td> <td>2,647.59</td> <td>7.58</td> </tr> <tr> <td>SV</td> <td>Sin Vegetación Aparente</td> <td>2,302.20</td> <td>6.59</td> </tr> <tr> <td>AH</td> <td>Asentamiento Humano</td> <td>2,108.27</td> <td>6.03</td> </tr> <tr> <td>Ma</td> <td>Manglar</td> <td>1,023.16</td> <td>2.93</td> </tr> <tr> <td>SBS</td> <td>Selva Baja Subcaducifolia</td> <td>693.00</td> <td>1.98</td> </tr> <tr> <td>GR</td> <td>Mangle Chaparro y gramínoideas</td> <td>363.84</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>CA</td> <td>Cuerpo de Agua</td> <td>156.52</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>TU</td> <td>Tular</td> <td>76.68</td> <td>0.22</td> </tr> <tr> <td>MT</td> <td>Matorral Costero</td> <td>36.18</td> <td>0.10</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">TOTAL</td> <td>34,937.17</td> <td>100.00</td> </tr> </tbody> </table> | | CLAVE | CONDICIONES DE LA VEGETACION | HECTAREAS | % | ZU | Zona Urbana | 10,622.07 | 30.40 | VS2 | Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Subperennifolia en recuperación | 9,666.56 | 27.67 | VSa | Vegetación Secundaria Arbustiva de Sel Mediana Subperennifolia | 5,241.10 | 15.00 | VSA | Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Subperennifolia en buen estado | 2,647.59 | 7.58 | SV | Sin Vegetación Aparente | 2,302.20 | 6.59 | AH | Asentamiento Humano | 2,108.27 | 6.03 | Ma | Manglar | 1,023.16 | 2.93 | SBS | Selva Baja Subcaducifolia | 693.00 | 1.98 | GR | Mangle Chaparro y gramínoideas | 363.84 | 1.04 | CA | Cuerpo de Agua | 156.52 | 0.45 | TU | Tular | 76.68 | 0.22 | MT | Matorral Costero | 36.18 | 0.10 | TOTAL | | 34,937.17 | 100.00 |
| CLAVE | CONDICIONES DE LA VEGETACION | HECTAREAS | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ZU | Zona Urbana | 10,622.07 | 30.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VS2 | Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Subperennifolia en recuperación | 9,666.56 | 27.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VSa | Vegetación Secundaria Arbustiva de Sel Mediana Subperennifolia | 5,241.10 | 15.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VSA | Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Subperennifolia en buen estado | 2,647.59 | 7.58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SV | Sin Vegetación Aparente | 2,302.20 | 6.59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AH | Asentamiento Humano | 2,108.27 | 6.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ma | Manglar | 1,023.16 | 2.93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SBS | Selva Baja Subcaducifolia | 693.00 | 1.98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GR | Mangle Chaparro y gramínoideas | 363.84 | 1.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CA | Cuerpo de Agua | 156.52 | 0.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU | Tular | 76.68 | 0.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MT | Matorral Costero | 36.18 | 0.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | 34,937.17 | 100.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>% de UGA que posee vegetación en buen estado de conservación: 10.92 %</p> | <p>Superficie de la UGA con importancia para la recarga de acuíferos: 56.54 %</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| |
|---|
| <p>Objetivo de la UGA: Regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro.</p> |
| <p>Problemática General: Presión de los recursos naturales por incremento de asentamientos irregulares; Expansión de la mancha urbana fuera de los centros de población; Presión y riesgo de contaminación al acuífero por la expansión urbana y falta de servicios básicos; Incremento en la incidencia y de Incendios Forestales; Carencia de servicios de recolección y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos; Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental; Necesidades de infraestructura en zonas urbanas de Cancún; Cambios de Uso de Suelo no autorizados.</p> |
| <p>Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes): Según INEGI (2010), esta UGA cuenta con 29 localidades, siendo las dos principales Cancún y Alfredo V. Bonfil. La población total de la UGA es de 643,577 habitantes, aunque fuentes paralelas indican que la población total de la ciudad es de poco más de 800,000 habitantes. La red carretera abarca un total de 462.52 km, en su mayoría de caminos pavimentados.</p> |
| <p>Lineamientos Ecológicos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Se contiene el crecimiento urbano dentro de los límites del centro de población, propiciando una ocupación compacta y eficiente del suelo urbano de tal manera que las reservas de crecimiento se ocupen hasta obtener niveles de saturación mayores al 70% de acuerdo a los plazos establecidos en el programa de desarrollo urbano de la ciudad de Cancún, para disminuir la tasa de deterioro de los recursos naturales.• Las autoridades competentes deben propiciar que el crecimiento urbano sea ordenado y compacto y estableciendo al menos 12 m² de áreas verdes accesibles por habitante, acorde a la normatividad vigente en la materia.• Las autoridades competentes deben propiciar el tratamiento del 100 % de las aguas residuales domésticas, así como la gestión integral de la totalidad de los residuos sólidos generados en esta localidad. |
| <p>Recursos y Procesos Prioritarios: Suelo, Cobertura vegetal</p> |
| <p>Parámetros de aprovechamiento:</p> <ul style="list-style-type: none">• ujeta a lo establecido en su Programa de Desarrollo Urbano vigente. |
| <p>Usos Compatibles: Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.</p> |
| <p>Usos Incompatibles: Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.</p> |

Del cuadro anterior se desprende que en el sitio del proyecto se pueden llevar a cabo proyectos de tipo urbano según los usos de suelo predominantes; o en su caso

proyectos de tipo suburbano, comercial, equipamiento, UMA's, Centro recreativo, Turístico, Industrial, Funerario, Golf y Horticultura, según los usos de suelo compatibles y condicionados; por lo tanto, existe una amplia gama de posibilidades para aprovechar el terreno forestal sujeto a estudio. Sin embargo, es importante mencionar que el proyecto que se propone a través del presente Documento Técnico Unificado, sólo implica el cambio de uso del suelo a través de la remoción de vegetación forestal, más no pretende desarrollar algún tipo de obra, no obstante, es claro que el uso alternativo que se le dará al predio, será de tipo urbano, acorde a los usos de suelo permitidos por los instrumentos normativos que regulan la zona y en particular del POEL de Benito Juárez y del Programa Parcial de Desarrollo Urbano vigentes.

Se deja de manifiesto que el trámite de las autorizaciones correspondientes para realizar las obras o proyectos particulares dentro del terreno forestal, se realizará en su momento procesal oportuno, ante las autoridades competentes.

En sentido de lo anterior, a continuación se presenta la vinculación del proyecto con los criterios ecológicos de aplicación general y específica que regula la UGA 21; en específico, dicha vinculación sólo se refiere al proceso de desmonte o remoción de vegetación, entendiéndose éste como el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por tratarse de la actividad que requiere de previa autorización, conforme a lo establecido en Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental; así como en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.

Por otra parte, cabe señalar que los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez han sido organizados en dos grupos:

- Los Criterios Ecológicos de aplicación general, que son de observancia en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la unidad de gestión ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad.
- Los Criterios Ecológicos de aplicación específica, que son los criterios asignados a una unidad de gestión ambiental determinada.

Considerando lo anterior, a continuación se presenta un análisis con respecto a la congruencia del proyecto con los criterios generales y específicos, aplicables a la UGA 21 en la que se circunscribe el predio del proyecto.

XIV.6.1. Vinculación con los criterios ecológicos de aplicación general

Tabla. Criterios ecológicos generales de la modificación POEL del Municipio de BJ.

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|--|
| CG-01 | En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivos, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST). | No se contempla el uso de agroquímicos durante la implementación del Cambio de Uso Suelo del proyecto. Sin embargo, en caso de llegar se a requerir agroquímicos en el tratamiento de plagas y enfermedades en la vegetación, se emplearán únicamente los autorizados por la CICOPLAFEST. |
| CG-02 | Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental. | No se contempla el uso de agroquímicos durante la implementación del proyecto ni en sus diferentes etapas. Sin embargo, en caso de llegarse a requerir tratamiento de plagas y enfermedades en la vegetación, se emplearán únicamente los autorizados por la CICOPLAFEST y se llevará un registro. |
| CG-03 | Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la | El proyecto, contempla una superficie de 142,851.08 m ² , que comprende el 43.31 % de la totalidad del predio como área verde permeable. |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|--|--|
| | superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado. | |
| CG-04 | En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamientos públicos y privados así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites. | El proyecto comprende únicamente las actividades inherentes al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, sin embargo, en su etapa de construcción y operación, acatará fielmente esta disposición toda vez que las redes sanitarias y de aguas pluviales se manejarán por separado. |
| CG-05 | Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya. | El predio del proyecto donde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo, posee una superficie total mayor a 3,001 m ² , por lo tanto deberá destinar como mínimo el 40% de la superficie total del predio como área preferentemente verde, lo que en su caso siempre será permeable. En el caso particular del proyecto, se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en una superficie de 186,083.337 m ² (18.60 ha.) equivalentes al 56.42 % de la superficie total del terreno y se pretende mantener como área verde con vegetación natural una superficie de 142,851.08 m ² (14.28 ha), que representan el 43.31 % del total; por lo que se concluye que el proyecto se ajusta a lo establecido en el criterio en comento. |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|--|
| CG-06 | Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en áreas “sin vegetación aparente” y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual. | En el sitio de CUSTF del proyecto la totalidad de la superficie del terreno forestal donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso del suelo, se encuentran cubierta con vegetación de Selva mediana subperennifolia en buen estado de conservación, de tal manera que no existen áreas previamente desmontadas, ni bancos de material para la construcción abandonados, ni mucho menos potreros. |
| CG-07 | En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas. | Dado que el sitio del proyecto se localiza en un área urbana, no requiere de la instalación de los pasos de fauna citados en el presente criterio. |
| CG-08 | Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación. | En el sitio del proyecto no se registra la presencia de humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes o cuerpos de agua superficiales por lo que no aplica el proyecto. |
| CG-09 | Salvo en las UGAs urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o bardeadas y deberán | El sitio del proyecto se localiza en la UGA-21 denominada “Zona Urbana de Cancún” con una política de Aprovechamiento Sustentable. De acuerdo con los lineamientos ambientales de la presente UGA para el desarrollo de proyectos, los parámetros de aprovechamiento, y usos compatibles e incompatibles, estarán sujetos a lo establecido en su |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|---|
| | ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones. | Programa de Desarrollo Urbano Vigente. |
| CG-10 | Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población. | El proyecto no contempla la apertura de nuevos caminos ya que se trata del cambio de uso de suelo en terrenos forestales para su posterior aprovechamiento mediante un fraccionamiento habitacional. |
| CG-11 | El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad. | El sitio del proyecto se localiza en la UGA-21 denominada "Zona Urbana de Cancún" con una política de Aprovechamiento Sustentable. De acuerdo con los lineamientos ambientales de la presente UGA para el desarrollo de proyectos, los parámetros de aprovechamiento, y usos compatibles e incompatibles, estarán sujetos a lo establecido en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente. |
| CG-12 | En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico. | El sitio del proyecto se localiza en la UGA-21 denominada "Zona Urbana de Cancún" con una política de Aprovechamiento Sustentable. De acuerdo con los lineamientos ambientales de la presente UGA para el desarrollo de proyectos, los parámetros de aprovechamiento, y usos compatibles e incompatibles, estarán sujetos a lo establecido en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente. |
| CG-13 | En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna. | El desarrollo del proyecto contempla la implementación de un Programa de Rescate y Reubicación de Flora, así como un Programa de Rescate y Ahuyentamiento Fauna. |
| CG-14 | En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que | El sitio del proyecto se localiza en la UGA-21 denominada "Zona Urbana |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|--|--|
| | <p>exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.</p> | <p>de Cancún” con una política de Aprovechamiento Sustentable. De acuerdo con los lineamientos ambientales de la presente UGA para el desarrollo de proyectos, los parámetros de aprovechamiento, y usos compatibles e incompatibles, estarán sujetos a lo establecido en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.</p> |
| CG-15 | <p>En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimientos que no permitan su regeneración y/o propagación.</p> | <p>Este criterio de procedimiento será acatado por la promovente del proyecto, en caso de llegar a encontrar especies exóticas consideradas como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres serán erradicadas inmediatamente.</p> |
| CG-16 | <p>La introducción y manejo de palma de coco (<i>Cocus nucifera</i>) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como “amarillamiento letal del cocotero”.</p> | <p>En caso de contemplar la introducción de palma de coco al sitio del proyecto, se restringirá a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como “amarillamiento letal del cocotero”.</p> |
| CG-17 | <p>Se permite el manejo de especies exóticas, cuando: 1. La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad o la SAGARPA. 2. La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua. 3. El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la</p> | <p>El proyecto no contempla el manejo de especies de flora y fauna exóticas. Únicamente se utilizaran especies nativas y endémicas para las áreas jardinadas del proyecto tal como se señala en el Programa de rescate y Reubicación de Flora anexo.</p> |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|--|---|
| | limpieza de los sitios de confinamiento. 4. Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural. 5. Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS. | |
| CG-18 | No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua artificiales con riesgo de afectación a especies nativas. | El proyecto no contempla actividades de acuicultura en ninguna de sus etapas. |
| CG-19 | Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada, deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes. | El CUSTF del presente proyecto contempla la implementación de medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales generados por el mismo, asimismo se contara con personal de vigilancia. |
| CG-20 | Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas. | En el sitio del proyecto no se registra la presencia de cenotes, rejolladas inundables o cuerpos de agua. |
| CG-21 | Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al INAH y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades | En el predio del proyecto no se registra la presencia de vestigios arqueológicos. |
| CG-22 | El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos. | En el sitio del proyecto no se registra la presencia de tendidos de energía eléctrica. Este criterio de procedimiento será acatado por la promovente del proyecto, durante la etapa de construcción y operación del fraccionamiento habitacional. |
| CG-23 | La instalación de infraestructura de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser | Este criterio de procedimiento será acatado por la promovente del proyecto, durante la etapa de |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|--|
| | subterránea en el interior de los predios, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos extremos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas. | construcción y operación del fraccionamiento habitacional. |
| CG-24 | Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión. | El proyecto no contempla la construcción de caminos o carreteras que requieran reforestación en sus taludes. |
| CG-25 | En ningún caso la estructura o cimentación de la construcción deberá interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea. | El Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales de interés del presente proyecto no interrumpirá la hidrodinámica natural superficial o subterránea del sitio del proyecto. |
| CG-26 | De acuerdo a lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas. (ventilación, miriñaques, pisos de cemento, correcta iluminación, entre otras) C. Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos. | Por su ubicación del sitio del proyecto dentro del área urbana de la Ciudad de Cancún, el proyecto no contempla la instalación de campamentos de construcción. |
| CG-27 | En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de | El proyecto no contempla la construcción de un sitio de disposición final de Residuos Sólidos Urbano. |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|--|
| | lixiviados, una geomembrana de polietileno d alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción. | |
| CG-28 | La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengas residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente. | La tierra negra proveniente del despalme, así como los residuos vegetales del CUSTF, serán triturados, para su posterior uso en las áreas jardinadas del predio. |
| CG-29 | La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin. | Los residuos sólidos serán recolectados por el servicio público municipal con cierta periodicidad y tendrán como destino el relleno sanitario municipal. |
| CG-30 | Los desechos biológicos infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal. | Dada la naturaleza del proyecto no contempla la generación de desechos biológicos infecciosos. |
| CG-31 | Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismo que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura. | El proyecto no contempla la construcción de un sitio de disposición final de RSU, sino el cambio de uso de suelo para un Fraccionamiento habitacional. |
| CG-32 | Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto. | El proyecto no contempla la quema de basura. Los residuos sólidos generados serán recolectados por el servicio público municipal con cierta periodicidad. |
| CG-33 | Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para | El proyecto acatará este criterio ya que contará con sitios específicos de |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|---|
| | el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio. | concentración de desechos para posteriormente ser recolectados por el servicio público municipal. |
| CG-34 | El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados. | El proyecto acatará esta disposición toda vez que utilizará materiales pétreos provenientes de bancos de préstamo y materiales debidamente autorizados por la autoridad ambiental correspondiente. |
| CG-35 | En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos. | Durante la implementación del proyecto, la empresa promotora acatará lo establecido en el presente criterio. |
| CG-36 | Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia. | El material vegetal, como troncos, ramas, arbustos y hojas producto del desmonte del predio, será triturado y revuelto con la tierra negra del despalme para generar composta y posteriormente ser utilizado en las actividades de reforestación en las áreas jardinadas. |
| CG-37 | Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación | |

| CRITERIO | CRITERIOS GENERALES | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|----------|---|--|
| | dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal. | |
| CG-38 | No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra. | El proyecto no contempla la transferencia de densidades establecidas en el presente criterio, ya que solamente se trata del cambio de uso de suelo para la posterior construcción de un fraccionamiento. |
| CG-39 | El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal, solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales. | El presente proyecto que se pone a consideración de la Delegación Federal de la SEMARNAT en el Estado de Quintana Roo, corresponde al Documento Técnico Unificado para la solicitud de la autorización del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos forestales en materia de impacto ambiental y forestal. |

XIV.6.2. Criterios ecológicos de aplicación específica para la UGA 21

Tabla 14.- Cumplimiento de los criterios ecológicos de aplicación específica por parte del proyecto.

| CRITERIO | CRITERIOS URBANOS | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO |
|---------------------|---|--|
| RECURSO AGUA | | |
| URB-01 | En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones | EL presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento, en donde, la promovente llevará a cabo la construcción de la infraestructura y equipamiento necesaria para el funcionamiento del proyecto de acuerdo a las especificaciones técnicas de la CFE y AGUAKAN. |

| | | |
|--------|--|--|
| | particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia. | |
| URB-02 | A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar a persona físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilios particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias. Estos sistemas deberán estar aprobados por la autoridad ambiental competente. | En la etapa de cambio de uso de suelo no se utilizarán biodigestores, se emplearán baños portátiles tipo sanirent, mismos que tendrán mantenimiento a cargo de la empresa arrendadora, sin embargo para la construcción del fraccionamiento la promovente llevará a cabo la conexión de todas las viviendas al sistema de drenaje sanitario. |
| URB-03 | En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio. En caso de que a partir de un dictamen técnico del organismo operador resulte no ser factible tal conexión, se podrán utilizar sistemas de tratamiento debidamente certificados y contar con la autorización para la descargas por la CONAGUA. | |
| URB-04 | Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población deben reducir la pérdida del agua de riego, limitar la aplicación de agroquímicos y evitar la contaminación de los mantos freáticos. | El proyecto en ningún momento pretende llevara a cabo actividades de producción agrícola. |
| URB-05 | En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran la aplicación de riegos | El proyecto no contempla la construcción de campos de golf, únicamente se realizaran |

| | | |
|--------|--|---|
| | con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria para optimización y reciclaje del agua. Evitando en todo la contaminación al suelo, cuerpos de agua, y mantos freáticos. | actividades de cambio de uso de suelo para la posterior construcción de un fraccionamiento habitacional. |
| URB-06 | Los proyectos de campos deportivos y/o de golf, así como las áreas jardinadas de los desarrollos turísticos deberán minimizar el uso de fertilizantes y/o pesticidas químicos para evitar riesgos de contaminación. | No se contempla el uso de agroquímicos durante las actividades de cambio de uso de suelo. Sin embargo, en caso de llegar a requerir tratamiento de plagas y enfermedades en el vivero o áreas verdes, se emplearán únicamente los autorizados por la CICOPLAFEST. |
| URB-07 | No se permite la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos de agua, zonas inundables y/o al suelo y subsuelo, por lo que se promoverá que se establezca un sistema integral de drenaje y tratamiento de aguas residuales. | EL presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento, sin embargo, la promovente del proyecto, llevará a cabo la conexión de todas las viviendas al sistema de drenaje sanitario. |
| URB-08 | En las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez se deberán establecer espacios jardinados que incorporen elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas. | En el caso particular del proyecto, se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en una superficie de 186,083.33 m ² (18.60 ha.) equivalentes al 49.33 % de la superficie total del terreno y se pretende mantener como área verde con vegetación natural una superficie de 142,851.08 m ² (14.28 ha.), que representan el 43.31 % del total; por lo que se concluye que el proyecto se ajusta a lo establecido en el criterio en comento. |
| URB-09 | Para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques. | |

| | | |
|--------|--|--|
| URB-10 | Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, asegurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas. | En el sitio del proyecto no se registra la presencia de cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes establecidas en el presente criterio. |
| URB-11 | Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua. | El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento, sin embargo, la promotora del proyecto acatará el criterio. |
| URB-12 | En las plantas de tratamiento de aguas residuales y de desactivación de lodos deberán implementarse procesos para la disminución de olores y establecer franjas de vegetación arbórea de al menos 15 m de ancho que presten el servicio de barreras dispersantes de malos olores dentro del predio que se encuentren dichas instalaciones. | El proyecto no contempla la instalación de plantas de tratamiento, ya que la promotora se conectará a la red municipal. |
| URB-13 | La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes. Dicha canalización deberá ser autorizada por la Comisión Nacional del Agua. | El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento, sin embargo en la construcción de las obras se realizarán dichas estructuras. |
| URB-14 | Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera. | No aplica. El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento. |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| URB-15 | Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y piso de las fosas, con el fin de evitar contaminación al suelo, subsuelo y manto freático. | No aplica. El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento. |
| URB-16 | Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA urbanas deberán tomar en cuenta la existencia de las bocas de tormenta que de manera temporal desaguan las zonas sujetas a inundación durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o eventos ciclónicos. Por ser tales sitios zonas de riesgo, en los espacios públicos y privados se deben de realizar obras de ingeniería permanentes que en una franja que no será menor de 20 m conduzcan y permitan el libre flujo que de manera natural se establezca para el desagüe. | El proyecto se encuentra situado lejos de la costa por lo que no aplica el criterio. |
| URB-17 | Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los arboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta de recursos biológicos forestales. | Se acatara este criterio, ya que en el Programa de rescate y reubicación de flora se contempla la colecta de germoplasma para su posterior reforestación en áreas jardinadas. |
| URB-18 | Adicional a los sitios de disposición final autorizados de RSU, se debe contar con un área de acopio y retención de Residuos Especiales, en caso de contingencia, a fin de evitar que se introduzcan en la(s) celda(s). | El proyecto no contempla la construcción de un sitio de disposición final de RSU. |
| RECURSO SUELO Y SUBSUELO | | |
| URB-19 | La autorización emitida por la autoridad competente para la explotación de bancos de materiales pétreos deberá sustentarse en los resultados provenientes de estudios de mecánica de suelos y | El proyecto utilizará materiales pétreos provenientes de bancos de préstamo y materiales debidamente autorizados por la autoridad ambiental correspondiente. |

| | | |
|--------|--|--|
| | <p>geohidrológicos que aseguren que no existan afectaciones irreversibles al recurso agua, aun en los casos de afloramiento del acuífero para extracción debajo del manto freático. Estos estudios deberán establecer claramente cuáles serán las medidas de mitigación aplicables al proyecto y los parámetros y periodicidad para realizar el monitoreo que tendrá que realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.</p> | |
| URB-20 | <p>Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar un aclareo, poda y modificación de vegetación rastrera y arbustiva presente, respetando en todo momento los elementos arbóreos y vegetación de relevancia ecológica, así como la estructura geológica de estas formaciones.</p> | <p>Como se mencionó anteriormente en el predio del proyecto no se observó la presencia cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas.</p> |
| URB-21 | <p>Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento que consiste en una barrera vegetal alrededor del mismo, conforme lo señala el Decreto 36, del Gobierno del Estado; y/o la disposición jurídica que la sustituya.</p> | <p>No aplica. El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento.</p> |
| URB-22 | <p>Para evitar la contaminación del suelo y subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados, en el marco de lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables.</p> | |
| URB-23 | <p>Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de</p> | |

| | | |
|--------|---|---|
| | materiales pétreos a las actividades económicas del municipio, deberá realizarse la rehabilitación de dichas superficie en congruencia con los usos que prevean los instrumentos de planeación vigentes para la zona. | |
| URB-24 | Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos deberán contar con un plan de manejo de los mismos, en apego a la normatividad vigente en la materia. | El proyecto no generara grandes cantidades de residuos urbanos en las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, sin embargo, en las actividades de construcción la promovente acatara el criterio. |
| URB-25 | Para el caso de fraccionamientos habitacionales, el fraccionador deberá construir a su cargo y entregar al Ayuntamiento por cada 1000 viviendas previstas en el proyecto de fraccionamiento, parque o parques públicos recreativos con sus correspondientes áreas jardinadas y arboladas con una superficie mínima de 5,000 metros cuadrados, mismos que podrán ser relacionados a las áreas de donación establecidas en la legislación vigente en la materia. Tratándose de fracciones en el número de viviendas previstas en el fraccionamiento, las obras de equipamiento urbano serán proporcionales, pudiéndose construir incluso en predios distintos al fraccionamiento. | En el caso particular del proyecto, se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo en una superficie de 186,083.337 m ² (18.60 ha.) equivalentes al 56.42 % de la superficie total del terreno y se pretende mantener como área verde con vegetación natural una superficie de 142,851.08 m ² (14.28 ha.), que representan el 43.31 % del total; por lo que se concluye que el proyecto se ajusta a lo establecido en el criterio en comentario. |
| URB-26 | En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en la zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar espacios para | |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| | recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, los fraccionamientos deben incorporar áreas verdes que contribuyan al Sistema Municipal de Parques, de conformidad con la normatividad vigente en la materia. | |
| URB-27 | La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie cada una de ellas. | El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento. |
| URB-28 | Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales así como de infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las sascaberas en desuso y en zonas en donde los estudios indiquen que existe el riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de Riesgos del municipio y/o del estado). | En el sitio del proyecto no se registra la presencia de sascaberas en desuso o zonas bajas con riesgo de inundación. |
| URB-29 | En la construcción de fraccionamientos dentro de las áreas urbanas, se permite la utilización del material pétreo que se obtenga de los cortes de nivelación dentro del predio. El excedente de los materiales extraídos que no sean utilizados deberá disponerse en la forma indicada por la autoridad competente en la materia. | El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento, sin embargo, este procedimiento será considerado por la promovente del proyecto durante su construcción. |
| RECURSO FLORA Y FAUNA | | |
| URB-30 | En zonas inundables, se deben mantener las condiciones naturales de los ecosistemas y garantizar la conservación de las poblaciones silvestres que la habitan. Por lo que las actividades recreativas de contemplación deben ser promovidas y las actividades de aprovechamiento | En el sitio del proyecto no se registra la presencia de zonas bajas o inundables. |

| | | |
|--------|--|---|
| | extractivo y de construcción deben ser condicionadas. | |
| URB-31 | Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación. | Las plantas rescatadas durante la preparación del sitio, se utilizarán para la reforestación y ajardinado del mismo proyecto (ver anexo programa de rescate y reubicación de flora), en el caso de la fauna se llevaran a cabo actividades de ahuyentamiento de los mismos hacia áreas más conservadas. |
| URB-32 | Deberá preverse un mínimo de 50% de la superficie de los espacios públicos jardinados para que tengan vegetación natural de la zona y mantener todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores de 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios. | Las plantas rescatadas (nativas) serán reubicadas en las áreas jardinadas, asimismo, se dejaran en pie los arboles con DAP mayores de 15 cm, que coincidan a dichas áreas. |
| URB-33 | Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de al menos 50 m alrededor de las zonas industriales y centrales de abastos que se desarrollen en las reservas urbanas. Estas zonas de amortiguamiento deberán ser dotados de infraestructura de parque público. | El proyecto no contempla el establecimiento de zonas industriales o centrales de abasto. |
| URB-34 | En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, se deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente. | En el anexo del DTU-A, se presenta el Programa de rescate de fauna silvestre, donde se especifica las acciones a realizar. |
| URB-35 | No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas. | El proyecto no contempla realizar este tipo de actividades ya que, corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la construcción de un fraccionamiento. |

| | | |
|--------|---|--|
| URB-36 | Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas como Áreas de Preservación Ecológica para garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen por lo que no podrán ser modificadas, con el fin de proporcionar una mejor calidad de vida para los habitantes del municipio; con excepción de aquellas que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente. | En los muestreos realizados en el sitio del proyecto no se observó la presencia de vegetación de manglar. |
| URB-37 | Para minimizar los impactos ambientales y el efecto de borde sobre los ecosistemas adyacentes a los centros urbanos, la ocupación de nuevas reservas territoriales para el desarrollo urbano, solo podrá realizarse cuando se haya ocupado el 85% del territorio de la etapa de desarrollo urbano previa. | De acuerdo a la modificación del POEL de Benito Juárez ya se encuentra ocupado más del 85 % del centro de población urbano del municipio de Benito Juárez, por lo que la implementación del proyecto no generara un impacto mayor de efecto borde sobre los ecosistemas adyacentes, sin embargo con el fin de minimizar tales efectos que el proyecto propone la creación de más del 40 % de áreas verdes. |
| URB-38 | Las áreas verdes de los estacionamientos descubiertos públicos y privados deben ser diseñadas en forma de camellones continuos y deberá colocarse por lo menos un árbol por cada dos cajones de estacionamiento. | El presente proyecto corresponde únicamente a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la posterior construcción de un fraccionamiento. Sin embargo, este criterio será acatado por la promovente en la etapa de construcción del proyecto. |
| URB-39 | Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación. Los predios colindantes en el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN) deberán mantener su cubierta vegetal para favorecer el tránsito | El sitio del proyecto no es colindante con áreas de humedales, ni con la parte Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN). |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | de fauna. Se deberán realizar obras que permitan la comunicación de la fauna entre el ANPLN el área de vegetación nativa con la que colinda en su límite Sur, para tal efecto se deberán realizar los obras necesarias en la carretera que las divide para que la fauna pueda transitar entre ambos terrenos, sin que pueda ser atropellada. | |
| URB-40 | En las provisiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes. | El sitio del proyecto no colinda con áreas naturales protegidas. |
| URB-41 | Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANPs y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), la guaya (<i>Talisia olivaeformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), <i>Ficus spp</i> , entre otros. | En el programa de rescate y reubicación de flora anexo, se presentan las acciones a realizar para la reforestación de áreas jardinadas del proyecto. |
| URB-42 | Los desarrollos turísticos y/o habitacionales deberán garantizar la permanencia del hábitat y las poblaciones de mono araña <i>Ateles geoffroyi</i> , mediante la regulación de los horarios de uso del sitio, mantenimiento de la disponibilidad natural de alimento y sitios de pernocta y de reproducción, así como con otras acciones que sean necesarias. | En el sitio del proyecto no se registró la presencia de mono araña <i>Ateles geoffroyi</i> , durante la caracterización de fauna. |
| RECURSO PAISAJE | | |
| URB-43 | Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado para evitar la contaminación por | En el Programa de Rescate Anexo se contemplan las acciones a seguir para la reforestación de las especies en las áreas jardinadas del proyecto. |

| | | |
|--------|--|---|
| | residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismo al aire libre. | |
| URB-44 | Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre y las concesiones de zona federal marítimo terrestre otorgadas por la Federación, deberán ser congruentes con los usos de suelo de la zona que expida el Estado o Municipio. | No aplica el predio no colinda con la ZOFEMAT. |
| URB-45 | Para recuperar el paisaje y compensar la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, en las actividades de reforestación designadas por la autoridad competente, se usarán de manera prioritaria especies nativas acordes a cada ambiente. | En el Programa de Rescate y Reubicación anexo se presentan las especies a rescatar y reforestar en las áreas jardinadas. |
| URB-46 | El establecimiento de actividades de la industria concretera y similares debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros del asentamiento humano más próximo y debe contar con barreras naturales perimetrales para evitar la dispersión de polvos. | El proyecto no contempla el establecimiento de actividades de la industria concretera o similares. |
| URB-47 | Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre y el libre paso por la zona federal a una distancia máxima de 1000 metros entre estos accesos, de conformidad con la Ley de Bienes Nacionales y el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar. | No aplica el predio no colinda con la ZOFEMAT. |
| URB-48 | En las áreas de aprovechamiento proyectadas se debe mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto | La promovente respetara la vegetación arbórea y palmas de coco que se encuentren en las áreas verdes y jardinadas del proyecto. |

| | | |
|--------|---|---|
| | coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto. | |
| URB-49 | Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías. | No aplica, el proyecto no colinda con zona de playas. |
| URB-50 | Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: Plantas rastreras: Ipomea pes-caprae, Sesuvium portulacastrum, herbáceas: Ageratum littorale, Erythalis fruticosa y arbustos: Tournefortia gnaphalodes, Suriana maritima y Coccoloba uvifera y Palmas Thrinax radiata, Coccothrinax readii. | |
| URB-51 | La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios: Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años. Que los vientos prevalecientes soplen en dirección a las dunas. Que existan zonas de dunas pioneras (embrionarias) en la playa en la que la arena esté constantemente seca, para que constituya la fuente de aportación para la duna. | No aplica, el proyecto no colinda con zona de playas. |

| | | |
|--------|--|---|
| | <p>Las cercas de retención deberán ser biodegradables, con una altura aproximada de 1.2 m y con 50% de porosidad y ubicadas en paralelo a la costa. Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas</p> | |
| URB-52 | <p>En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias: Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación. Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación. Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movable que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías. Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina. Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto: a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.</p> | No aplica, el proyecto no colinda con zona de playas. |

| | | |
|--------|--|--|
| | <p>b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.</p> <p>c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión.</p> <p>Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal doméstico que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías.</p> | |
| URB-53 | Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras deberán evitar la afectación de zonas de anidación y de agregación de especies, en particular aquellas que formen parte del hábitat de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. | El proyecto no es colindante con la zona de playa. |
| URB-54 | En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena o sedimentos que se extraen de los dragados que se realizan para mantener la profundidad en los canales de puertos, bocas de lagunas o lagunas costeras. | El proyecto no es colindante con la zona de playa, ni dunas. |
| URB-55 | La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias). | |
| URB-56 | En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y | |

| | | |
|--------|--|--|
| | <p>piloteadas (p.e. casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas. El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna. Esta recomendación deberá revisarse en regiones donde hay fuerte incidencia de huracanes, ya que en estas áreas constituyen un sistema importante de protección, por lo que se recomienda, después de su valoración específica, dejar inalterada esta sección del sistema de dunas.</p> | |
| URB-57 | <p>La restauración de playas deberá realizarse con arena que tenga una composición química y granulometría similar a la de la playa que se va a rellenar. El material arenoso que se empleará en la restauración de playas deberá tener la menor concentración de materia orgánica, arcilla y limo posible para evitar que el material se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.</p> | <p>El proyecto no contempla actividades de restauración de playas.</p> |
| URB-58 | <p>Se prohíbe la extracción de arena en predios ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.</p> | <p>No aplica, el proyecto no colinda con zona de playas.</p> |
| URB-59 | <p>En las áreas verdes los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes deberán incorporarse al suelo después de su composteo. Para mejorar la</p> | <p>Estas acciones se toman en cuenta en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Anexo.</p> |

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| | calidad del suelo y de la vegetación. | |
|--|---------------------------------------|--|

XIV.7. PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO

El predio en donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo del proyecto está regulado en materia urbana por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo (2014-2030), el cual constituye un instrumento que responde a las circunstancias particulares de una nueva área de crecimiento urbano que hay que ordenar y regular, y cuyo objetivo consiste en definir y establecer las estrategias, criterios y acciones para el desarrollo integral económico, turístico, ecológico y urbano de esta zona, además de orientar y regular la distribución de las actividades y de las inversiones en el territorio, definiendo así, los instrumentos para la administración y operación urbana

De acuerdo al PDU, el predio del proyecto se ubica dentro de polígono con uso de suelo H- habitacional con una densidad media de 60 viv/ha; lo que confirma la viabilidad del proyecto en virtud de que para poder dar uso al predio bajo el destino de suelo previamente establecido, se tiene que partir de realizar el CUTS propuesto para posteriormente desarrollarse en materia urbana en apego a dicho instrumento.

En relación a lo anterior y considerando que la autorización solicitada es en materia forestal para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales y que el análisis, evaluación de los parámetros de densidad y demás relativos a la construcción y operación de las obras que pretendan desplantarse en el sitio, en su momento serán sometidos a evaluación ante las autoridades competentes, siendo responsabilidad de su promovente el dar cumplimiento a los lineamientos establecidos, se advierte que la vinculación y/o cumplimiento de dichos parámetros queda fuera del alcance del proyecto que se propone en el presente estudio.



Ubicación del terreno forestal respecto al PDU

XIV.8. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

XIV.8.1. Norma oficial mexicana nom-059-SEMARNAT-2010

Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Objetivo y campo de aplicación

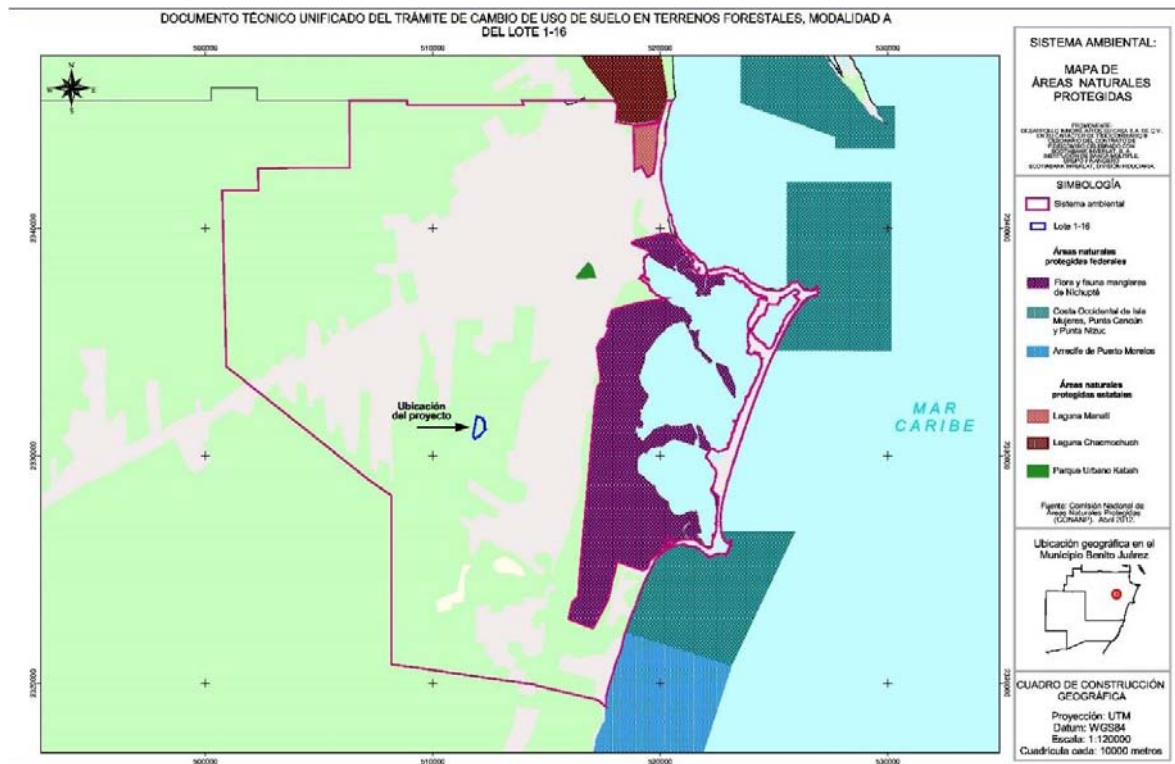
Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o

poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma.

Es menester mencionar que el proyecto no promueve la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo establecidas por esta Norma, por lo tanto el objetivo y campo de aplicación de la misma, no resulta aplicable al proyecto en el sentido amplio de su contexto.

XIV.9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La zona en la que se ubica el terreno forestal que pretende aprovecharse, corresponde a la zona conocida como complejo urbano sur de Cancún, Quintana Roo, la cual se encuentra fuera de cualquier área natural protegida decretada tal como se muestra en la siguiente imagen.



Áreas protegidas cercanas al sitio del proyecto

XIV.10. REGIONES PRIORITARIAS

A continuación se indica la ubicación del predio del proyecto dentro de las distintas regiones prioritarias que han sido decretadas de acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO).

XIV.10.1.Regiones terrestres prioritarias

El proyecto se ubica fuera de las regiones terrestres prioritarias que han sido decretadas oficialmente (ver plano página siguiente)

XIV.10.2.Regiones Marinas Prioritarias

De acuerdo con el plano de regiones marinas prioritarias que han sido decretadas oficialmente, el predio del proyecto se ubica dentro de la región marina número 62 denominada Dzilam-Contoy (ver plano siguiente). Según la CONABIO, las principales problemáticas que ocurren en esta región marina son las siguientes:

- ◆ Modificación del entorno: fractura de arrecifes, remoción de pastos marinos y dragado.
- ◆ Contaminación: en los muelles y puertos, por petróleo, embarcaciones pesqueras, turísticas y de carga.
- ◆ Uso de recursos: presión sobre las langostas y el caracol rosado. Hay pesca ilegal, arrastres, trampas no selectivas y colecta de especies exóticas.

Con base en lo anterior se puede asumir que el proyecto no contribuye con la problemática que acontece en la región marina en comento, toda vez que no promueve obras o actividades en el área marina que pudieran afectar arrecifes o pastos marinos; así mismo, cabe destacar que el proyecto no implica la construcción de muelles o puertos, por lo que no contribuye con la contaminación del medio marino; y finalmente, es de señalar que tampoco promueve actividades pesqueras de ningún tipo, de tal manera que no influye en las especies marinas de importancia como la langosta y el caracol rosado.

XIV.10.3.Regiones hidrológicas prioritarias

De acuerdo con el plano de regiones hidrológicas prioritarias que han sido decretadas oficialmente, el predio del proyecto se ubica dentro de la región marina

número 103 denominada Contoy (ver plano siguiente). Según la CONABIO, las principales problemáticas de esta región hidrológica prioritaria son las siguientes:

- ◆ **Modificación del entorno:** asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Introducción de fauna exótica a la isla de Contoy.
- ◆ **Contaminación:** ND
- ◆ **Uso de recursos:** uso de trampas no selectivas y tráfico ilegal de especies. Actividad forestal, turística, pesquera y pecuaria. Cacería furtiva. Saqueo de nidos de tortuga. La región constituye una importante fuente de abastecimiento de agua y recursos forestales

Respecto de la problemática señalada en relación a esta región hidrológica prioritaria, cabe señalar que el proyecto que se propone sólo considera llevar a cabo el cambio de uso del suelo a través de la remoción total o parcial de vegetación forestal, acorde a lo establecido en los distintos instrumentos normativos aplicables; por lo tanto, no promueve asentamientos irregulares ni sobrepastoreo de ganado. La zona que pretende aprovecharse no ha sufrido afectaciones por quemas o explotación forestal. El proyecto se ubica alejado de la zona de extracción de agua más cercana, por lo que no influye ni afecta la fuente de abastecimiento del recurso.

XV. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS FORESTALES DEL ÁREA SUJETA AL CAMBIO DE USO DE SUELO

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Valor Económico Total (VET) de los recursos biológicos, es formalmente igual a la suma de todos los valores de uso directos e indirectos, más los valores de no uso y de opción, de acuerdo con la siguiente expresión⁶:

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}$$

Donde:

VUD= Valores de uso Directo. Son los beneficios que resultan, entre otros, de los usos reales, tales como alimentos, abonos y pieles, así como usos culturales o rituales.

VUI= Valores de uso indirecto. Son los beneficios derivados de las funciones del ecosistema. Por ejemplo, los servicios ambientales que provee la cobertura vegetal en un predio.

VO= Valores de opción. Se derivan del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura. Es una especie de valor de seguro (dada la incertidumbre sobre el futuro y la aversión al riesgo) frente a la aparición de, por ejemplo, una nueva enfermedad animal o una sequía o cambio climático.

VL= Valores de Legado. Miden el beneficio que recibe un individuo a partir del conocimiento de que otros se podrán beneficiar de un recurso en el futuro.

VE= Valores de Existencia. Se derivan simplemente de la satisfacción de saber que existe un determinado activo o bien (p. ej., ballenas azules).

A continuación se presenta la valoración económica de los recursos biológicos, de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO, considerando todos los valores implicados en el cálculo final (VET).

VALORES DE USO DIRECTO (VUD)

Para la estimación de éste valor, consideramos el costo de las materias primas forestales que pueden derivar del área sujeta al cambio de uso de suelo, en el supuesto de que se obtenga un beneficio por la venta de la madera (uso directo), para lo cual se consideró el volumen total árbol que se obtendrá de la superficie de

⁶ <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s19.pdf>

CUSTF que es de 706 m³, así como los “**Precios de productos forestales maderables**” presentados en el reporte trimestral julio/septiembre de 2013⁷, emitido por la Comisión Nacional Forestal, tal como se describe a continuación:

Tipo de precios:

Los precios que se presentan son en pesos mexicanos y son precios promedio ponderados.

- Los precios en clima tropical son ponderados por el volumen de la producción forestal maderable estatal de maderas preciosas.
- Para el clima tropical los estados incluidos son Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.

| OTRAS TROPICALES | | |
|--|-------------------|----------|
| Precios Libre a Bordo para trocería por metro cúbico | | |
| Obtenidos en: | Tipo de precio | Primario |
| Aserraderos | LAB en brecha | 1,631.02 |
| | LAB en aserradero | 1,981.13 |
| Predios | LAB en brecha | 1,317.87 |

Precio Libre a Bordo (LAB). Sistema donde el vendedor cotiza su precio de venta en la fábrica u otro punto de producción y el comprador paga todo el precio de transporte.

Para el caso particular del proyecto, sólo se considera el precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio (\$1,317.87 por m³), ya que esta se refiere a madera en rollo (Precio Libre a Bordo en brecha del metro cúbico: corresponde al precio de la trocería en el predio puesta en la brecha para ser cargada al camión); y no se tiene la intención de transformar la madera en aserraderos.

El LAB para trocería en brecha obtenida en predio considerando los 311.33 m³ (VC), que pueden obtenerse en una superficie de 18.60 ha, que corresponden a la

⁷ <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/economica/sipre>

superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en un tipo de vegetación tropical de selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$ 410,292.46.

VALORES DE USO INDIRECTO (VUI)

Para el cálculo de éste valor, se utilizó la estimación del costo de los servicios ambientales que provee el ecosistema que se desarrolla en el predio, particularmente, aquellos relacionados con la captura de carbono, los servicios ambientales hidrológicos, y la protección de la biodiversidad, tal como se describe a continuación.

Captura de carbono

La captación de carbono y su almacenamiento en los bosques, y al mismo tiempo la liberación de éste y su impacto en el calentamiento global, tienen un valor que excede el ámbito nacional, cuestión puesta en alto relieve por la Convención Marco del Cambio Climático de la Naciones Unidas. Las estimaciones del almacenamiento y de la liberación de carbono dependen principalmente del tipo de bosque, del cambio en el uso del suelo, de la edad del bosque y del tipo de ecosistema (cerrado o abierto). El carbono captado y almacenado por el bosque tiene un valor ambiental positivo, mientras que su liberación a la atmósfera por el cambio de uso de suelo acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global. En la siguiente tabla se presenta la estimación económica del valor de la captura de carbono por hectárea para distintos bosques, entre los cuales se encuentra el bosque tropical siempre verde, tipo de ecosistema de mayor similitud con el que se ubica en el sitio del proyecto.

| Valor del depósito de carbono por ha (USD), (Muñoz, 1994). | | | |
|--|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Bosque templado caducifolio | Bosque tropical caducifolio | Bosque templado | Bosque tropical |
| 600 | 1,800 | 3,000 | 3,600 |

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais8.pdf>

El proyecto que se propone implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 18.60 ha., de tal forma que con base en los estimados que se presentan en el cuadro anterior, a los recursos forestales del área de cambio de uso de suelo les corresponde un valor de 3,600 dólares por hectárea,

es decir que las 18.60 ha de cambio de uso de suelo representan un valor de 66,960 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de 16 pesos mexicanos, corresponden a **\$ 1'071,360**.

Servicios ambientales hidrológicos

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del COMPONENTE IV. SERVICIOS AMBIENTALES - CONCEPTO DE APOYO B2. SERVICIOS AMBIENTALES, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 08 de marzo del 2013.

El pago por el servicio ambiental hidrológico se realiza por períodos de 5 años de acuerdo con las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, según las cuales se puede llegar a pagar hasta \$1,100 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (18.60 ha.) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$ 20,460 lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de **\$ 102,300**.

Protección de la biodiversidad

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del COMPONENTE IV. SERVICIOS AMBIENTALES - CONCEPTO DE APOYO B2. SERVICIOS AMBIENTALES, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 08 de marzo del 2013.

El pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad, según las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013, puede ser hasta de \$550 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (18.60 ha.) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$ 10,230, lo que en un plazo de 5 años arroja un monto total de **\$ 51,150**.

En resumen, el valor total por la prestación de los servicios ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio (captura de carbono, hidrológicos y protección de la biodiversidad), asciende a la cantidad de **\$ 1'635,102.46**.

VALOR DE OPCIÓN (VO)

Considerando que se trata de un concepto que deriva del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura, para la estimación de éste componente se consideró el valor farmacéutico de las especies que se encuentran presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, tomando en cuenta que su permanencia a futuro, podría derivar en la conservación de recursos farmacéuticos aún no descubiertos que pueden ser aprovechados a largo plazo.

De acuerdo con los datos arrojados por el estudio del subsector forestal y de conservación de los recursos realizado en el año 1995 por el gobierno y el banco mundial, se estima que el valor farmacéutico de los recursos forestales del país podría relacionarse con valores que van desde los 26 y hasta los 4,600 millones de dólares anuales. Dicho estudio parte de la riqueza de especies farmacéuticas relacionadas con el bosque tropical húmedo (Grado de biodiversidad alta). En el siguiente cuadro se presentan los valores por hectárea así como los valores totales para el bosque húmedo tropical y para todos los bosques del país.

Cuadro 7.7. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques mexicanos (CSERGE, 1993)

| Grado de biodiversidad | Valor para el bosque húmedo tropical | | Valor de todos los bosques |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | (Dólares / ha / año) | Millones de dólares por año | Millones de dólares por año |
| Bajo | 1 | 5 | 26 |
| Medio | 6 | 66 | 332 |
| Alto | 90 | 875 | 4 646 |

Fuente: De Alba E., Reyes M.E. 1998. Valoración Económica de los Recursos Biológicos del país. En: Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp:212-233

Considerando los datos de la tabla anterior y partiendo del supuesto de que el bosque húmedo tropical (ecosistema similar al que se desarrolla en el predio) con un grado de biodiversidad medio, tiene un valor farmacéutico de 6 dólares por hectárea por año, entonces para la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo (18.60 ha), con un valor de biodiversidad moderada, el costo sería de 111.6 dolares, lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$ 16 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de **\$ 1,785.6** anuales.

VALOR DE LEGADO (VL)

Es el valor que se le asigna a los recursos naturales para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos. Para la estimación de éste valor se

utilizó del método de valoración contingente⁸ que consiste en averiguar los cambios en el bienestar de las personas ante cambios hipotéticos (contingente) de un bien o servicio ambiental. Este método, ha sido comúnmente empleado para obtener la valoración económica de áreas naturales que cumplen una función de recreación en la función de utilidad familiar.

El objetivo del método o modelo de valoración contingente es encontrar la valoración económica de aquellos bienes y servicios que carecen de un mercado a través de la creación de un mercado hipotético. Sin embargo su comprensión intuitiva es mucho más sencilla que eso. Simplemente se les pregunta a los individuos por la máxima cantidad de dinero que pagarían por un bien o servicio ambiental si tuvieran que comprarlo, es decir, que la persona entrevistada se encuentra en un escenario parecido al que diariamente se enfrenta en el mercado: comprar o no una cantidad determinada de un bien a un precio dado, como hacen con los demás bienes, con la diferencia fundamental de que en esta ocasión el mercado es hipotético y, por lo general no tiene que pagar la cantidad revelada.

Visto, lo anterior, se deja de manifiesto que la aplicación del método de valoración contingente, se llevó a cabo a través de una encuesta realizada a 100 personas, donde las preguntas realizadas representaron el mercado hipotético, del cual, la oferta se encontró representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. El formato de la encuesta se tomo de Azqueta (1994), cuya estructura se describe como sigue:

- » En la primera parte, se expuso la información acerca del bien o servicio en cuestión, de modo que el entrevistado tuvo todas las herramientas para identificar el problema a tratar.
- » El segundo bloque, incluyó información respecto a las modificaciones de cantidad, que se llevarán a cabo en el bien o servicio ambiental. Dentro de este segundo bloque también se incluyó información del modo de pago, es decir, se le informó que tendrá que pagar por dicha modificación vía impuestos.
- » Por último, en el tercer bloque de información, se incluyeron todos aquellos datos socioeconómicos del entrevistado que son relevantes en la toma de decisiones de

⁸ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/leal_r_cl/capitulo2.pdf

valoración y que también son imprescindibles en el correcto manejo del método como: ingresos, edad, profesión, etc.

La encuesta se llevó a cabo vía correo electrónico, dado su bajo costo de operación y la inclusión de ayuda visual (gráficos, imágenes, fotos, etc.). Para la encuesta se utilizó el sistema de preguntas múltiples, de tal manera que al entrevistado le fue presentada una tabla con diferentes opciones para obtener una valoración total al final del ejercicio. Cabe mencionar que de las 100 personas que fueron incluidas en la encuesta, sólo 51 contestaron las preguntas y enviaron de regreso sus respuestas. Del total de esta muestra se determinó la media como medida de agregación, con el supuesto de utilizarse como estimador de lo que la persona tipo estaría dispuesta a pagar para obtener una mayor cantidad o calidad de un bien.

Una vez descrito lo anterior, a continuación se presenta el resumen de los resultados arrojados de las encuestas, considerando el mercado hipotético de preservar una superficie de 8.18 ha de Selva mediana subperennifolia, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

En conclusión, se estima que el valor de legado por la preservación de una superficie de 18.60 ha. De Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de **\$16,753.64** anuales.

VALOR DE EXISTENCIA (VE)

Aunque a la mayoría de las especies de flora y fauna no se les ha asignado un valor económico directo o indirecto, muchas personas desean que continúen existiendo, independientemente de su uso. A esta valoración o respeto por la vida de otros seres vivos se le denomina valor de existencia. Este valor adquiere una expresión económica a través de las donaciones realizadas por personas o instituciones para contribuir a la protección de ecosistemas o especies particulares⁹.

Para poder estimar éste valor, se utilizó la encuesta descrita en el punto anterior, pero a diferencia de la misma, las preguntas estuvieron dirigidas a el caso (no mercado) hipotético de la cantidad de dinero que estaría dispuesto a donar una

9

<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/01%20Valor%20economico%20de%20la%20biodiversidad.pdf>

persona, para preservar una superficie de 8.18 ha de Selva mediana subperennifolia, para la protección del ecosistema y todos los recursos naturales bióticos y abióticos que lo integran, cuyo resumen de los resultados se presenta a continuación.

| No. | Ocupación | Monto | anual |
|-----|--|--------------|-------|
| | Monto total sugerido por las 51 personas | \$724,217.60 | |
| | Media del monto total | \$38,936.43 | |

En conclusión, se estima que el valor por existencia de una superficie de 18.60 ha de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de **\$ 724,217.60**

CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL

Valor Económico Total (VET):

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}$$

$$\text{VET} = 410,292.46 + 1'635,102.46 + 1,785.6 + 16,753.64 + 724,217.60$$

En conclusión, se estima que el valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de **\$2'788,151.76 anuales**.

Tierra vegetal

La utilización de la tierra vegetal presente en el predio tiene la enorme ventaja de que posee las características edáficas a las cuales están adaptadas las especies nativas, por lo que es útil en los programas de rescate de flora, así como para su posterior utilización en la creación y mantenimiento de áreas verdes y enriquecimiento de áreas naturales, sin embargo la desventaja es que en la mayoría del predio (como es casi en la totalidad de la península) no existe una capa muy profunda del horizonte A, que corresponde a la capa orgánica del suelo.

Para estimar el valor económico del volumen de tierra vegetal que se deriva del cambio de uso de suelo forestal para el desarrollo del proyecto se utilizaron los datos generados durante el inventario forestal en los tipos de vegetación de Selva

Mediana ya que son los que presentan disponibilidad de tierra vegetal con características deseables para su aprovechamiento.

Los precios vigentes se investigaron en viveros comerciales, así como con los vendedores Ambulantes de este recurso en la ciudad de Cancún es de aproximadamente \$350.00 por metro cubico, sin embargo por las razones antes mencionadas sólo se determina que existen aproximadamente 18,608.33 m³ de tierra vegetal producto de las afectaciones causadas por las obras, por lo anterior el valor estimado de la venta de este producto con motivo del cambio de uso de suelo forestal es de **\$6'512,915.50**.

Sin embargo, es necesario aclarar que dicha información solo es de manera estimada y como caso hipotético ya que los dueños de predio y del proyecto no pretenden realizar un uso comercial de los productos resultantes de las afectaciones.

Carbón vegetal

Con base en la estimación realizada del volumen total maderable derivado de la superficie solicitada para el cambio de uso de terrenos forestales y considerando que el rendimiento de la madera en la región, para la elaboración de carbón se estima que por cada 1 m³ de madera se obtiene aproximadamente 0.769 toneladas, se calcula que el volumen de carbón que puede obtenerse seria el 70 % de todo el producto a afectar por la implementación del proyecto (ya que existen especies que no pueden ser aprovechadas como carbón), que corresponde a 518 m³ rollo (VTA Arbustivo); realizando los cálculos se obtendría la cantidad de 362 toneladas.

El valor económico de la tonelada en la región oscila alrededor de los \$1,500.00 dependiendo de la zona de adquisición por lo que el valor estimado del volumen resultante de carbón con motivo del cambio de uso de suelo forestal es de **\$ 543,000**.

XVI. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Para la estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, se consideró lo establecido en el ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación, publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F) el 25 de febrero de 2011; así como lo señalado en el ACUERDO mediante el cual se actualizan los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y se reforman y modifican los artículos 2 y 4 del Acuerdo mediante el cual se emiten los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación, publicado el 25 de febrero de 2011, publicado en el D.O.F. el 30 de abril del 2012. En adelante el Acuerdo.

Asimismo, los datos y cifras proporcionadas en ambos acuerdos, fueron actualizados y ajustados a los costos reales que aplican al municipio de Solidaridad, Quintana Roo, a fin de tener una estimación lo más cercana posible a la realidad, tal como se describe a continuación.

“SECCION II. De los ecosistemas forestales

II.1.- Agrupación de los tipos de vegetación de la República Mexicana por ecosistemas...”

Cuadro 1.- Agrupación de los tipos de vegetación en cuatro ecosistemas usados para el cálculo de los costos de reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

| Ecosistema | Vegetación dominante según la Serie II del INEGI | Grupo Climático Dominante, según Köeppen modificado por E. García. |
|------------|---|--|
| Tropical | Selva alta perennifolia Selva alta subperennifolia Selva mediana perennifolia Selva mediana subperennifolia Selva baja perennifolia Palmar Selva mediana subcaducifolia Selva mediana caducifolia Selva baja caducifolia Selva baja espinosa Sabana | Am, Af, Aw; (Climas cálidos húmedos y subhúmedos, cuya temperatura del mes más frío es mayor a 18°C) |

De acuerdo con la información vertida en el cuadro anterior, tenemos que el ecosistema de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en el predio del proyecto es de tipo tropical, ya que se ubica en una zona con clima Aw cuya la temperatura del mes más frío es superior a los 20°C en promedio.

Una vez determinados los ecosistemas, y de conformidad con sus características ecológicas, se establecieron las actividades mínimas que se requieren para cada uno, con el fin de garantizar el nivel mínimo de restauración que permita iniciar la sucesión ecológica. Dado que cada ecosistema representa situaciones de suelos y climas distintos, para cada uno de ellos se determinó un procedimiento específico.

XVI.1. ESCENARIOS PARA LA RESTAURACIÓN

ESCENARIO 1

Ser parte del supuesto de que el predio se limpió eliminando la vegetación y extrayendo el suelo hasta dejar la piedra desnuda, lo que implica que en la ausencia de suelo, no se puede esperar un proceso de restauración pasiva; por lo tanto, para lograr promover la restauración de las condiciones de la vegetación y de los servicios ambientales que de ella emanan, bajo esta premisa se consideran diversas actividades tendientes a promover dicho proceso.

Corto plazo (1 a 2 años)

Partiendo de la condición de afectación antes descrita, se señala como primer paso, la adición al terreno de una capa de tierra fértil de cuando menos 10 centímetros sobre la roca expuesta, con la finalidad de contar con el sustrato necesario para que las plantas tengan una fuente de nutrientes y un soporte para su desarrollo.

De acuerdo con la superficie de cambio de uso de suelo, para lograr formar una capa de tierra de 10 cm de espesor, se necesitarán de por lo menos 18,608.33 m³ de tierra, así como la dispersión de 427 kilogramos de semillas (estimaciones directas realizadas en campo, de acuerdo con experiencias previas), de especies pioneras, tempranas y tardías, propias de la Selva Mediana Subperennifolia que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, como son: *Gliricidia sepium* (cacoche), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Piscidia piscipula* (jabín), *Randia longiloba* (cruqueta), *Coccothrinax readii* (nacax) y *Thrinax radiata* (palma chit).

Con el acarreo y distribución de la tierra, también se incorpora al terreno una gran cantidad de semillas mezcladas con la tierra; una vez dispersa la tierra sobre el terreno solamente será necesaria la aportación de agua para que se inicie el proceso de germinación de muchas especies colonizadoras; este grupo inicial de cobertura del suelo presente en el proceso natural de sucesión ecológica se compone por especies herbáceas de ciclos de vida cortos, de poca altura; la adición de los 427 kg de semillas de las especies arbóreas, fortalecerá el proceso de colonización y asegurará el inicio del desarrollo de la sucesión de las especies perennes de interés en la cobertura permanente.

Con la germinación, crecimiento y desarrollo de nuevas plantas, se reinician los servicios ambientales suspendidos como captura de carbono, generación de oxígeno, provisión de agua en calidad y cantidad y estabilización del proceso de evaporación.

El desarrollo de especies herbáceas anuales, asegura la floración y producción de semillas; esta oferta de alimento comenzará con la atracción de fauna silvestre como chupadores de néctar (aves e insectos Lepidópteros, Himenópteros, etc.), insectívoros como reptiles, aves y pequeños mamíferos como ratones. En el primer año serán pocas las especies que se establezcan tal es el caso de himenópteros como avispa, hormigas o termitas.

La poca cobertura del dosel únicamente se presenta como atractivo para fuente de alimento, el establecimiento de aves y mamíferos está más condicionado a la

estabilidad en protección, temperatura y grado de luminosidad que brinda la vegetación de una selva bien desarrollada. En esta etapa, el área empieza a prestar nuevamente los servicios ambientales detenidos parcialmente como es el caso de captura de Carbono, recarga de mantos acuíferos, paisaje y protección de la biodiversidad.

ESCENARIO 2

Mediano plazo (3 a 10 años)

A partir de los 3 años las especies anuales o bianuales son sustituidas por especies perennes; esta fase es conocida como “fase de surgimiento o de estructuración”, misma que está compuesta por una combinación de las especies existentes dentro de la regeneración natural del ecosistema.

Las actividades a realizar a partir de esta fase, son de protección contra incendios forestales, además de realizar evaluaciones en sitios permanentes para determinar la sustitución natural de especies y asegurándose de que las especies tardías se establezcan.

En esta fase, se fortalece la formación de suelo y los servicios que prestan las selvas se establecen en cuanto a la captura de carbono, vida silvestre, captación de agua y protección de erosión de los suelos. Se comienza a ver una estructura más definida de la vegetación y es conocida como Vegetación Secundaria, con individuos muy bifurcados, tallos de forma irregular, una gran presencia de especies arbustivas y herbáceas, con alturas máximas de 3 metros.

En cuanto a fauna se refiere, en esta fase ya se pueden observar procesos de colonización de ratones, aves, insectos y pequeños reptiles; la estructura aún continúa en un proceso activo de selección natural con la pérdida de herbáceas y la incorporación de especies tardías.

En este periodo se realizará la incorporación de plántulas de chit (*Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*), toda vez que son de gran importancia por estar registradas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista, y por contar con una importante presencia en la microcuenca. La reforestación con estas especies se

realizará en el periodo de lluvias y la recomendación en el desarrollo de la plántula, es que debe tener entre 10 a 20 cm, ya que la siembra es más práctica y el estrés a nivel radicular es menor.

A partir del inicio de esta fase la afectación por concepto de sequias, deja de ser un posible factor de riesgo para el proceso de restauración de la vegetación.

ESCENARIO 3

A largo plazo (10 años en adelante)

Fase de madurez u óptima, donde las especies sobresalientes codominan o dominan los estratos superiores (donde participan especies heliófitas, esciófitas y hemisciófitas).

En esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies; la vegetación ya ha alcanzado niveles de autosuficiencia, los árboles ya cuentan con alturas superiores a los 8 metros, con fustes bien definidos; a partir de los 10 años se pueden encontrar árboles con diámetros normales de 15 cm, para especies de rápido crecimiento como es el caso del Tzalam (*L. latisiliquum*), la cobertura de copa ya es superior al 90%, y las condiciones de protección de la vegetación hacia la fauna silvestre, es tal que ya se inicia el proceso de colonización de especies de mamíferos, creándose nuevos hábitats.

A partir de los 20 años de edad ya se puede considerar una Selva Juvenil con dominancia del estrato superior de especies heliófitas y en esa edad ya se puede notar la presencia de un grupo importante de especies esciófitas que inician la colonización del estrato de piso; esta incorporación de nuevas especies tolerantes a la sombra, es el resultado del establecimiento de nuevos nichos de fauna silvestre que se encargan de dispersar semillas traídas desde zonas cercanas cubiertas con vegetación de Selva.

A partir de esta etapa, la continuidad de la sucesión ecológica de la Selva mediana que fue promovida en el predio, ya se puede señalar que las condiciones de diversidad, estructura, funcionalidad y generación de servicios ambientales, tendrán las mismas características de la vegetación que actualmente se desarrolla en el predio. Los riesgos constantes en relación a la suspensión del proceso de restauración de esta selva, están relacionados a la presencia de fenómenos meteorológicos, como es el caso de huracanes.

XVI.2. PROCESO DE RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Punto de partida con afectación del sitio

Para comenzar a llevar a cabo el proceso de restauración del sitio, se partiría de la superficie del predio ya desmontada y despalmada.

» Fase 1 (1 a 2 años)

- a) Retorno de la capa de tierra
- b) Siembra al voleo de especies pioneras
- c) Colonización de herbáceas y pioneras

» Fase 2 (3 a 10 años)

- a) Vegetación Secundaria

» Fase 3 (10 años en adelante)

- b) Selva mediana subperennifolia en estado juvenil

XVI.3. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Lograr que se desarrolle nuevamente una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 18.60 ha., donde hubo remoción de la delgada capa de tierra y cubierta vegetal, es posible siempre y cuando se generen condiciones favorables de fomento y protección.

A continuación se desarrolla una estimación propia, del costo en precios actuales de las actividades necesarias para promover y asegurar el desarrollo de una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 18.60 ha., tomando como referencia los costos de restauración citados en el acuerdo ya referido.

Restitución de la capa edáfica

Respecto a este componente, se ha observado que en el predio existe una capa de tierra fértil de un grosor promedio de 10 cm aproximadamente; el ejercicio consiste en calcular el costo de la recuperación de esta proporción de tierra, en un supuesto de que se encuentre desprovisto de ella.

Obtención de la tierra. La necesidad de tierra fértil para lograr cubrir la superficie de cambio de uso de suelo con un espesor de 10 cm, es de 18,608.33 m³ como se mencionó anteriormente; en el Municipio de Solidaridad, el metro cúbico de tierra vegetal puede alcanzar los \$350.00 pesos, por lo tanto, el monto por la restauración de la capa edáfica, asciende a la cantidad de \$ **6'512,915.50**.

Transporte de la tierra. Para el transporte de la tierra se ocuparán camiones de volteo con la capacidad de 14 m³ de tierra por viaje que corresponde a 144 m³ si consideramos que al día se realizan en promedio 10 viajes por camion, por lo que se rentarían camiones para realizar aproximadamente 133 camiones (18,608/ 144) para el transporte de los 18,608 m³ de tierra fértil o sustrato. En la zona del sitio del proyecto la renta de un camión de volteo es de \$ 500.00 pesos por día; por lo que en resumen el costo de transporte de la tierra alcanza un precio de \$ **66,500**.

Dispersión de la tierra. Para regresar la tierra a su situación actual consiste en dispersar la tierra por todo el sitio; esta actividad es realizada por una maquinaria pesada denominada comúnmente como Retro Excavadora la cual tiene un costo de \$ 700.00 por hora de trabajo.

El rendimiento por día con jornadas de 8 horas de trabajo para este tipo de maquinarias es de 2.0 hectáreas (2,500 m² por hora) por lo que basta con 75 horas para poder dispersar la tierra fértil adquirida sobre una superficie de 18.60 hectáreas de la superficie de CUSTF, lo cual generaría un costo de \$ **52,500** pesos para la realización de esta actividad.

Costo total. En resumen, el regresar la tierra orgánica a su situación actual, tendrá un costo de \$ **6'631,915.5** considerando las actividades de compra y acarreo de la tierra, así como su dispersión dentro de la superficie de CUSTF.

Establecimiento de la vegetación de regeneración

Producción de las plantas. El inventario forestal implementado, ha permitido cuantificar las existencias de elementos de flora que se desarrollan en el predio; con esta información fue posible realizar la estimación del número de individuos en condición de plántula que serán afectados durante el proceso de desmonte por el cambio de uso de suelo. La valoración de las plántulas se realizará en función al valor de producción de cada planta para ecosistemas tropicales, referido en el

Acuerdo que es de de \$1.96 (un peso con noventa y seis centavos). Por lo tanto, considerando que para la superficie solicitada para el CUSTF se estima la existencia de 1'488,666 plántulas en condición de regeneración, el costo de producción de igual número de plantas sería de **\$ 2'917,785.36**.

Transporte de las plantas. Para poder transportar las plantas del vivero, se rentaría un camión de carga de 3 toneladas cuyo costo de renta por hora es de \$ 462.94 según el Acuerdo; por lo tanto, considerando que un camión de 3 toneladas realiza un viaje por hora desde su zona de origen hasta el predio; y por cada viaje transporta alrededor de 10,000 plantas; resulta pues la necesidad de 149 horas de renta para transportar las 1'488,666 plántulas que se requieren para el establecimiento de la regeneración natural; entonces, el transporte de las plantas hasta el predio tendría un costo total de **\$ 68,978.06**.

Sembrado de las plantas. Una vez que se tienen las plantas en el predio se procede a la siembra de las mismas; para esta actividad se contratarían jornaleros (el promedio aproximado de siembra de un jornalero es de 100 plantas por jornal según experiencias previas en campo); cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$172.38 según el Acuerdo; entonces, si consideramos que se requiere el sembrado de 1'488,666 plántulas para el establecimiento de la vegetación de regeneración, el número de jornales requeridos sería igual a 14,887. Por lo tanto se tiene como resultado que las actividades de sembrado ascienden a: **\$ 2'566,221**.

Obtención de semillas. Como apoyo a las especies pioneras de regeneración natural se pretende también dispersar en la superficie de cambio de uso de suelo, un total de 427 kg de semillas, las cuales tienen un costo de \$500.00 pesos por kilogramo; por lo que al hacer la multiplicación por el número de kilogramos requeridos, nos da un total de **\$ 213,500**.

Dispersión de semillas al voleo. La dispersión de semillas por voleo en la superficie de cambio de uso de suelo, requiere de la contratación de jornaleros, cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$172.38 según el Acuerdo; con rendimiento estimado es de 10 kilogramos por jornal (según experiencias previas en campo); por lo tanto, se requiere de 43 jornales para la dispersión de los 427 kg de semillas, lo que nos da un costo total de **\$ 7,412.34** por éste concepto.

Costo total. En resumen, para sembrar el mismo número de plantas que se estima remover en la superficie de cambio de uso de suelo (vegetación de regeneración) se estima un costo total de **\$ 5'773,896.76.**

Protección

Es importante evitar afectaciones que impliquen la suspensión del proceso de restauración; una de estas variables controlables es la afectación por incendios forestales, por lo que se requiere definir los puntos críticos de los límites del predio y establecer brechas cortafuego permanentes; esta actividad no se contabiliza como costo inicial, ya que se parte del supuesto de que el predio se encuentra completamente desprovisto de vegetación y el mantenimiento durante los siguientes 15 años se podrá realizar cada 6 meses, lo cual implica un costo anual estimado de \$1,500.00 pesos anuales por cuestiones de protección (según experiencias previas en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de **\$22,500.00.**

Mantenimiento

El costo de mantenimiento para ecosistemas tropicales, según **el Acuerdo**, se resume en el siguiente cuadro.

| Tipo de actividad | Actividad específica | Unidad de medida | Costo Unitario (\$) | Cantidad mínima (\$) | Costo (\$) |
|-------------------|--|---------------------|---------------------------------------|----------------------|------------|
| Mantenimiento | Producción de planta para reposición de plantas muertas. | Planta | 1.96 | 250 | 490.00 |
| | Transporte de planta para reposición de plantas muertas. | Planta | 0.11 | 250 | 27.50 |
| | Replante de plantas que murieron en la plantación inicial (40% de la plantación inicial) | Planta | 2.06 | 250 | 515.00 |
| | Deshierbe en terrazas individuales (2) | Deshierbe /Hectárea | \$1,955.00 por ha. por cada deshierbe | 2 | 3,910.00 |

Los costos estimados en el cuadro anterior están referidos por hectárea, por lo tanto, en la siguiente tabla se presentan los costos de mantenimiento para la superficie de cambio de uso de suelo que es equivalente a 18.60 ha, ajustados a los costos calculados en el apartado 3.2.

| Actividad específica | Unidad de medida | Costo unitario (\$) | Cantidad requerida | Costo (\$) |
|---|------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| Producción de planta para reposición de plantas | Planta | 1.96 | 595,467* | 1'161,160.65 |
| Transporte de planta para reposición de plantas | Viaje | 462.94 | 60* | 27,776.40 |

| Actividad específica | Unidad de medida | Costo unitario (\$) | Cantidad requerida | Costo (\$) |
|--|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Replante de plantas que murieron en la plantación inicial (40% de la plantación inicial) | Planta | 2.06 | 595,467* | 1'226,662.02 |
| Deshierbe | Deshierbe/ha | 1,955.00 | 74.4** | 145,452 |
| | | | Costo total | 2,561,051.07 |

* Representa el 40% de los viajes y de las 1'488,666 plantas que se requieren para la vegetación de regeneración

** Se considera un deshierbe cada 6 meses durante 2 años.

En conclusión, el costo total por concepto de mantenimiento de la superficie restaurada con motivo del cambio de uso de suelo, asciende a la cantidad de \$ **2'561,051.07**

Asesoría técnica

Según el acuerdo, el costo por asesoría en la restauración de un ecosistema tropical, asciende a la cantidad de \$613.76; sin embargo, para la ciudad de Solidaridad los costos ascienden a la cantidad de \$8,000.00 por hectárea, lo que se traduce en un costo total de \$ **148,800** por concepto de asesoría en una superficie equivalente a 18.60 ha de cambio de uso de suelo.

XVI.4. COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

En resumen el costo total de las actividades tendientes a promover la recuperación, conservación y protección de una superficie de 18.60 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de \$ **15'138,163.33**.

XVII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

Bajo protesta de decir verdad, se declara que los resultados presentados en el Documento Técnico Unificado, se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, la cual se describe en los siguientes apartados:

XVII.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN

Para la elaboración del presente estudio se utilizaron diversos equipos y materiales de última generación, para obtener resultados confiables y fidedignos, los cuales se enuncian a continuación:

XVII.1.1. Planos georreferenciados

Para la elaboración de los diversos planos presentados en los capítulos que integran éste estudio, se utilizaron los programas **Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”)** y **AutoCAD 2013**; con un escala en tiempo real, cuyas coordenadas se encuentran proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, de la República Mexicana. De igual manera se utilizaron los datos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), a escalas 1:1000000 y 1:250000.

XVII.1.2. Planos arquitectónicos

Los planos arquitectónicos que ilustran las áreas de aprovechamiento del proyecto, fueron realizados con base en el programa AutoCAD 2013.

XVII.1.3. Imágenes satelitales

Las imágenes presentadas en los diversos capítulos que integran éste estudio, particularmente las satelitales, fueron obtenidas de imágenes Landsat, Ortofotos y del programa Google Earth (2013), con coordenadas proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana.

XVII.1.4. Fotografías

Las fotos que enriquecen los textos descritos en el presente manifiesto, fueron tomadas a través de una cámara digital marca Nikon Coolpix L120, con una resolución máxima de 14.1 megapíxeles efectivos.

XVII.1.5. Imágenes gráficas

Las imágenes que se presentan en los capítulos de este estudio (no imágenes satelitales, ni fotografías), fueron tomadas directamente de la red de internet.

XVII.1.6. Coordenadas

Todas las coordenadas presentadas en los diversos capítulos que integran el presente documento, fueron recabadas a través de un geoposicionador satelital (GPS) de la marca Garmin, modelo Etrex. Las coordenadas se presentan con proyección en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana. Estas mismas coordenadas fueron corroboradas por medio del programa Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”).

XVII.2. BIBLIOGRAFÍA

Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arellano Rodríguez, J. Alberto, J. Salvador Flores Guido, J. Tun Garrido y Ma. Mercedes Cruz Bojórquez. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

Bautista, F., 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 507 páginas.

Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Diario Oficial de la Federación. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Diario Oficial de la Federación. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan.

Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Espinosa, D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

Galván Ortiz. 2011. Impacto de la sequía meteorológica en la vegetación, en distintas regiones climáticas de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Gerald A. Islebe, Nuria Torrescano-Valle, Mirna Valdez-Hernández, Margarito Tuz-Novelo, Holger Weissenberger. Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del Sureste de Quintana Roo, México. Foresta Veracruzana, Vol. 11, Núm. 1, 2009, pp. 1-6, Recursos Genéticos Forestales, México.

Gómez Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. 2ª Edición. Editorial Mundi-Prensa libros, S.A. 750 pp.

Gallina, S. & C. López-González (editor). 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México, 377 pp. (On line: <http://www.uaq.mx>).

INEGI, 2001. Diccionario de datos edafológico (alfanumérico).

Juan M. Torres, R. y Alejandro Guevara, S. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología.

Luis Manuel Galván Ortiz. 2011. Impacto de la sequía meteorológica en la vegetación, en distintas regiones climáticas de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Martínez Ménez M. 2005. Estimación de la erosión del suelo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Navarro S., A. AICA: C-26, Omiltemi. En: Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (<http://www.conabio.gob.mx> .México).

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2005. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2006. Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Complejo Sur de la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

Pisanty, I., M. Mazari, E. Ezcurra et al. 200. El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 719-759.

Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur),

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000. “Conservación del Recurso Agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”

Rodríguez, P. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Escala y diversidad de especies. In: Monroe, J.J. y J. Llorente B. (eds.). Una perspectiva Latinoamericana de la biogeografía. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109-114 pp.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

<http://www.conabio.gob.mx>

<http://www.crunchoil.com>

<http://www.ine.gob.mx>

<http://www.inegi.gob.mx>

<http://www.semarnat.gob.mx>

<http://www.conafor.gob.mx>

<http://www.cenapred.unam.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/Erosion>

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/40TDR-RESTAURACION%202010.pdf.pdf>