



Integración de Valoración Múltiple
de Servicios Ecosistémicos en
Herramientas y Decisiones de
Planeación de Tres Ciudades
Mexicanas: El Caso De Mérida

DOCUMENTO
DE TRABAJO



Octubre 2020



DOCUMENTO DE TRABAJO

Octubre 2020

Conservación Estratégica

Integración de Valoración Múltiple de Servicios Ecosistémicos en Herramientas y Decisiones de Planeación de Tres Ciudades Mexicanas: El Caso De Mérida

Pedro Gasparinetti

Cecilia Simon

Alfonso Malky

Este proyecto fue desarrollado por Conservation Strategy Fund (CSF), en el marco del Programa Protección del Clima en la Política Urbana de México (CiClim) de la GIZ, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección de la Naturaleza BMU del Gobierno de Alemania.

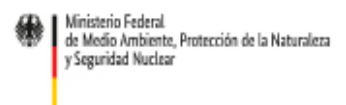
Foto: Administración de la Reserva Cuxtal

Este documento se puede descargar de forma gratuita desde:

www.conservation-strategy.org



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

ACERCA DE ESTE INFORME

El presente informe fue desarrollado por Conservation Strategy Fund (CSF) y presenta los resultados del estudio *Integración de valoración múltiple de Servicios Ecosistémicos en herramientas y decisiones de planeación de tres ciudades mexicanas*, para el municipio de Mérida, Yucatán, dentro del Programa de Protección del Clima en la Política Urbana Mexicana (CiClim), financiado por IKI e implementado por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ).

El proyecto CiClim busca apoyar a los municipios en la planeación integral, brindando asesoramiento técnico y apoyo estratégico para fomentar el desarrollo urbano sostenible. Dentro de los temas medioambientales, una de las acciones es brindar acompañamiento a un proceso de gobernanza y sensibilización para integrar los servicios ecosistémicos (SSEE) en la planeación urbana. El presente estudio tiene como objetivo identificar y estimar las tasas de equivalencia ecológica para un mecanismo de compensación en el municipio de Mérida, para que los valores identificados puedan incluirse en instrumentos de planeación y desarrollo urbano.

El documento comienza con una introducción a los conceptos clave como son los SSEE y la valoración económica (Sección 1). Posteriormente se tiene una presentación del contexto donde se describe el área de estudio, la problemática atender, y la legislación que aborda la compensación forestal tanto a nivel federal como local (Sección 2). La Sección 3 presenta el enfoque metodológico utilizando, incluyendo los criterios ecológicos, seguido por la Sección 4 de resultados. En la Sección 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones que puedan contribuir con los procesos de planeación y desarrollo urbano del municipio.

Las opiniones reflejadas en el documento son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de los financiadores.

CONTENIDO

Acerca de este informe	1
Resumen ejecutivo	5
Acrónimos y Abreviaciones	7
1. Introducción	8
1.1. ¿Qué son los servicios ecosistémicos?	8
1.2. ¿Qué es la valoración económica?	9
2. Contexto General	11
2.1. Área de Estudio	11
2.2. Problemática identificada - cambio de uso de suelo	16
2.3. Jerarquía de Mitigación	17
2.3.1. Nivel Federal	20
2.3.1.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	20
2.3.1.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento	20
2.3.2. Nivel Estatal	21
2.3.2.1. Ley de Protección al Ambiente del Estado de Yucatán	21
2.3.3. Nivel Municipal	21
2.4. Compensación forestal	24
2.4.1. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	25
2.4.2. Impactos Ambientales Positivos de una Política de Compensación	27
3. Enfoque Metodológico	28
3.1. Identificación de los criterios	29
3.2. Definición de Niveles Base	32
3.3. Metodología de Valoración y Puntuación de Criterios	33
3.3.1. Ejemplo de dilema de evaluación	33
4. Resultados	34
4.1. Transformación para valores monetarios	37
5. Discusión	40

5.1.	Impactos Indirectos Ecológicos y Económicos	40
5.1.1.	Ejemplo: Escenario de cambios de uso de suelo en la Reserva Cuxtal	40
6.	Conclusiones y recomendaciones	41
7.	Próximos pasos	42
8.	Referencias Bibliográficas	45
ANEXO 1.	Zonas primarias y superficies desglosadas	49
ANEXO 2 -	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)	51
ANEXO 3 –	Descripción Teórica del Método de Valoración	54
ANEXO 4 -	Resultados Estadísticos	56
ANEXO 5 –	Expertos Consultados para la definición de las ponderaciones	58
ANEXO 6 –	Ejemplo de uso de tablas de compensación	59

TABLAS

TABLA 2.1.	INSTRUMENTOS LEGALES EN MÉXICO CON RELACIÓN A LA COMPENSACIÓN FORESTAL.....	19
TABLA 3.1.	CRITERIOS ECOLÓGICOS IDENTIFICADOS.....	30
TABLA 4.1.	RESULTADO DE LOS PESOS DE LOS CRITERIOS	35
TABLA 4.2.	VALORES MONETARIOS DE LOS CRITERIOS.....	39
TABLA A.1..	ZONAS PRIMARIAS Y SUPERFICIES DESGLOSADAS	49
TABLA A.2..	ÁREAS DE SALVAGUARDA	50
TABLA A.3..	CRITERIOS TÉCNICOS APLICABLES EN LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EQUIVALENCIA PARA LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL - SEMARNAT	51
TABLA A.4.	NIVELES DE EQUIVALENCIA POR UNIDAD DE SUPERFICIE	53

FIGURAS

FIGURA 1.1	MODELO CONCEPTUAL QUE RELACIONA SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y BIENESTAR HUMANO	9
FIGURA 1.2 .	VALOR ECONÓMICO TOTAL.....	10
FIGURA 2.1 .	DENSIDAD POBLACIONAL	12
FIGURA 2.2.	PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL	13

FIGURA 2.3. ZONAS PRIMARIAS DEL MODELO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS Y DEL DESARROLLO URBANO.....	14
FIGURA 2.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN Y SUBZONIFICACIÓN DE LA RESERVA CUXTAL	15
FIGURA 2.5. JERARQUÍA DE LA MITIGACIÓN.....	17
FIGURA 2.4.1 . EJEMPLO DE FLUJO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN	27
FIGURA 3.1. EJEMPLO PARA DEFINICIÓN DE NIVELES.....	32
FIGURA 3.2. EJEMPLO DE DILEMA DE EVALUACIÓN.....	33
FIGURA 6.1. HOJA DE RUTA PARA LA POLÍTICA DE COMPENSACIÓN EN MÉRIDA.....	44
FIGURA A.1. DIAGRAMA DE INTEGRACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN PRIMARIA.....	50

RESUMEN EJECUTIVO

La expansión urbana de la ciudad de Mérida hacia los centros de población periféricos y las áreas no urbanizadas con alto valor ecológico es identificada como una de las mayores problemáticas del municipio (IMPLAN, 2017). Se estima que, en las últimas tres décadas, el área urbana ha crecido en un 80%, promoviendo un cambio de uso de suelo de rural (pertenecientes a los ejidos) a urbano (Bolio, 2014), y generando una disminución de la cobertura de selva baja caducifolia y vegetación secundaria (Iracheta y Bolio, 2012). Basándose en el patrón de ocupación de baja densidad que predomina en la actualidad, en el PMDUM (2017) estimó una demanda de 9,577 hectáreas de suelo urbano para el periodo 2017-2040.

El presente estudio se centra en una propuesta de política de compensación forestal que pueda garantizar el desarrollo sin pérdidas ecológicas netas en áreas donde el desmonte no esté prohibido, incentivando proyectos de restauración y reducción de deforestación. Esta política de compensación complementa una estrategia más amplia de gestión del uso del suelo y servicios ecosistémicos, con reglamentaciones que buscan prevenir y minimizar impactos, para que solo por último se pueda compensar los impactos que no pudieran ser evitados.

El diseño de la política demanda la evaluación de los incentivos y resultados ambientales netos del mecanismo. Para ello, es necesario diseñar un sistema de tasas de compensación que garantice la equivalencia ecológica entre los impactos residuales adversos a la biodiversidad, generados por proyectos de desarrollo inmobiliario, como también permita proyectar las ganancias ambientales que se puede generar con los recursos de la compensación. El sistema desarrollado, que se basó en los lineamientos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que ejecuta SEMARNAT y en los costos de referencia de restauración de CONAFOR, incluye criterios según el contexto específico de Mérida, ajustando pesos y valores según la sistematización de las preferencias de los expertos en el tema. Esto se logró a través de la combinación de dos métodos de valoración económica, (1) costo de reemplazo por restauración, ajustado según características ecológicas a partir de (2) el método de valoración de "experimentos de elección" (preferencias declaradas).

El proceso de valoración participativa ha generado un sistema de puntaje que garantiza la equivalencia ecológica para la política de compensación, generando recursos para proyectos equivalentes de restauración y creando simultáneamente, incentivos para la conservación de áreas de alto valor ecológico y ocupación de áreas con bajo valor ecológico.

Los resultados muestran que la restauración es vista por los expertos como un sustituto imperfecto para la conservación, y que un sistema que garantice equivalencia ecológica no

intercambiaría fácilmente "calidades ecológicas" por "cantidad" de área restaurada. Por eso, desde el punto de vista de los expertos de Mérida, la tasa máxima de compensación de SEMARNAT (6:1) en muchos casos no garantiza la equivalencia ecológica. Por ello, se proponen tasas más altas para garantizar pérdidas netas cero. Sin embargo, es posible adaptar el sistema fácilmente con el uso de un "factor de conversión" similar al que usa SEMARNAT.

Las tasas más altas probablemente no van a ser utilizadas dado que los desarrolladores van a poder tener alternativas con tasas más baratas en la ciudad de Mérida. Así, es posible que, entre todos los tipos de área y todos los valores posibles para compensación, los montos resulten cerca de lo que antes era el cobro en nivel federal, de cerca de \$80 mil pesos.

Entre los efectos positivos de la política de compensación están la recaudación para inversiones en restauración, conservación o proyectos de infraestructura verde, y la reducción de deforestación en áreas ecológicamente valiosas (debido al aumento de costos en lugares con altas tasas de compensación). Entre sus efectos indirectos, el cobro de compensación puede aumentar los costos de nuevos fraccionamientos, lo que debe frenar la expansión urbana y así, la deforestación en áreas clave. Este aumento de costos depende de los precios de terrenos y tasas de compensación, pero se estima que podría alcanzar un incremento de 10%.

En un escenario considerando solamente la Reserva Cuxtal, con una tasa media de compensación de 8:1 y un aumento de un 10% del costo de fraccionamiento, entre 1995 y 2085, la política podría evitar la deforestación de 396 ha y generar \$82 millones de pesos en recursos para la reforestación de más de 46 mil hectáreas de tierras degradadas. En un escenario general para Mérida con demanda de expansión urbana de 9,577 ha entre 2017 y 2040, una política con una tasa media de compensación de 8:1 se podrá generar \$1.8 mil millones de pesos para inversión en, por ejemplo, la restauración de más de 76 mil hectáreas de tierras degradadas.

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ADP - Áreas con Densidad Programada

ANP – Área Natural Protegida

CONAFOR – Comisión Nacional Forestal

CSF – Conservation Strategy Fund

SSEE – Servicios ecosistémicos

FFM - Fondo Forestal Mexicano

GIZ - Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México

IMPLAN – Instituto Municipal de Planeación

LGDFS – Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

MIA - Manifestación de Impacto Ambiental

PMDUM - Programa Municipal de Desarrollo Urbano

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

UDS - Unidad de Desarrollo Sustentable

ZCO - Zona de Consolidación Urbana

ZCR - Zona de Crecimiento Urbano

ZPE - Zona de Preservación Ecológica SEMARNAT

ZRN – Zona de Conservación de los Recursos Naturales

ZRS - Zona de Regeneración y Desarrollo Sustentable

ZSCE – Zona Sujeta a Conservación Ecológica

1. INTRODUCCIÓN

La siguiente sección presenta una introducción a dos conceptos importantes, la primera parte describe qué son los servicios ecosistémicos y la segunda la valoración económica. Ambos conceptos son la base para comprender los análisis y resultados presentados en este estudio.

1.1. ¿QUÉ SON LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS?

Todos dependemos de los ecosistemas y de los servicios que estos nos proporcionan (MEA, 2005). Los servicios ecosistémicos (SSEE) se definen como aquellos beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (MEA, 2005).¹ En otras palabras, los SSEE son los beneficios que la naturaleza nos da y hacen posible la vida humana al proporcionar alimentos, agua limpia, regular el clima y al proporcionar actividades culturales y recreativas, entre muchos otros servicios (FAO, 2018).

Existen cuatro categorías de SSEE identificados por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés), incluyendo:

- Servicios de provisión: beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, por ejemplo, agua, fibras, madera, etc.
- Servicios de regulación: beneficios que se obtienen de un ecosistema que controla procesos naturales como el clima, la erosión, los flujos de agua, etc.
- Servicios culturales: beneficios no materiales como la recreación, belleza escénica y valores espirituales.
- Servicios de soporte: los procesos que se llevan a cabo como el ciclo de nutrientes y producción primaria que mantienen los otros servicios.

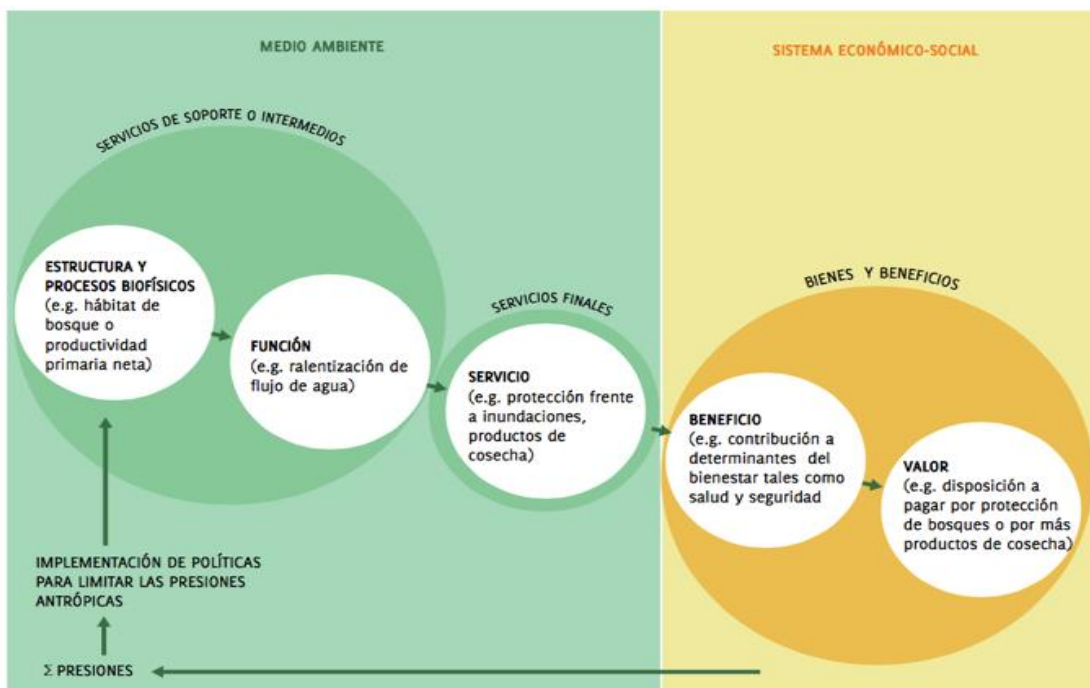
La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), una síntesis del estado de los ecosistemas a nivel global menciona que el 60% de los SSEE están siendo degradados o usados de manera no sostenible, afectando en mayor medida a las poblaciones más vulnerables. El reto de revertir la degradación de los ecosistemas, mientras que se siguen satisfaciendo las necesidades humanas, implica cambios importantes en las políticas, instituciones y prácticas (MEA, 2005).

¹ La LGDFS define los servicios ecosistémicos o servicios ambientales como los beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano;

1.2. ¿QUÉ ES LA VALORACIÓN ECONÓMICA?

La valoración económica busca determinar el valor económico de los SSEE para las personas. A diferencia de los indicadores que generalmente miden estos servicios en unidades físicas (lo que los hace difícil de comparar), la valoración económica permite medirlos en términos económicos (Polasky, 2012). Para realizar una valoración económica es importante entender: cómo diferentes acciones impactan (positiva o negativamente) las condiciones ecológicas o funciones ecosistémicas (por ej., ciclo hidrológico de agua) y, cómo los cambios en condiciones ecológicas conllevan a cambios en la provisión del SSEE (por ej., cantidad de agua) que afectan directamente a las personas. Es decir, cómo los cambios en la provisión de SSEE afectan el bienestar humano (De Groot et al., 2010; Olander et al., 2015; Polasky, 2012). La Figura 1.1 muestra gráficamente esta relación. Cabe mencionar que, como parte del proceso, es clave identificar los cambios marginales² que pueden ocurrir en el valor, debido a diferentes opciones de manejo, presiones o intervenciones (Haines-Young and Potschin, 2009).

FIGURA 1.1 MODELO CONCEPTUAL QUE RELACIONA SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y BIENESTAR HUMANO

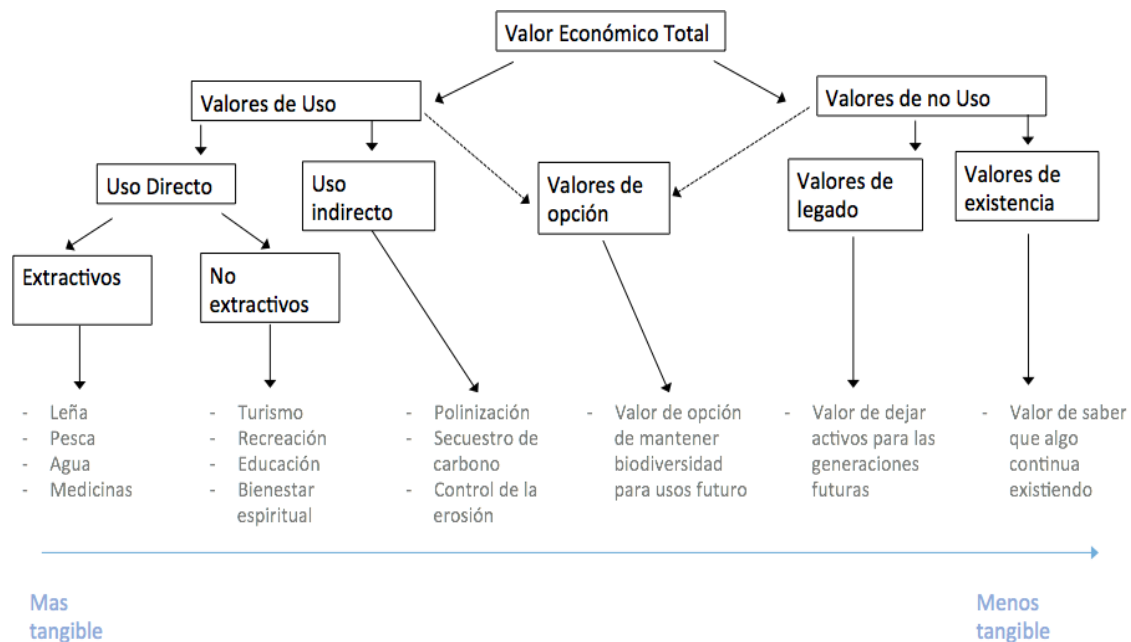


Fuente: Ministerio del Medio Ambiente de Chile (sin fecha) adaptado de Haines-Young y Potschin (2012)

² Un cambio marginal se refiere a los efectos de pequeños cambios en las variables relevantes.

La valoración económica se puede llevar a cabo para valores de uso (beneficios de usar el activo, como el uso de agua para riego), que pueden ser directos o indirectos. Estos valores incluyen tanto beneficios esperados en el corto plazo, como posibles usos en el futuro (también conocido como valores de opción). A su vez, pueden identificarse los valores de no uso (activos que no son usados directamente por las personas, pero que se quieren preservar para otros, futuras generaciones o simplemente por su valor de existir) (OECD, 2007) (Figura 1.2).

FIGURA 1.2 . VALOR ECONÓMICO TOTAL



Fuente: Adaptado de OECD (2007)

Existen diferentes métodos que pueden aplicarse para llevar a cabo una valoración económica los cuales se describen a continuación:

- Métodos de mercado: Se basan en precios de mercados existentes. Entre estos se encuentran los precios de mercado, enfoque de costos (costos evitados, costos de reemplazo, costos de restauración) y función de producción.
- Métodos de preferencias reveladas: Se basan en la observación de las elecciones que hacen los individuos en mercados existentes que se relacionan con los SSEE que se van a valorar. Entre estos se encuentran los métodos de costos de viaje y los precios hedónicos.

- Métodos de preferencias declaradas: Se basan en la simulación de un mercado y demanda por un SSEE a través de encuestas en cambios hipotéticos en la provisión de algún servicio. Entre estos se encuentra la valoración contingente y los modelos de elección (por ej., el Método de Experimento de Elección).
- Transferencia de beneficios: Se basan en la estimación del valor de los SSEE al transferir el valor estimado existente de un ecosistema similar que fue previamente estudiado.

A continuación, se presenta el contexto general del proyecto, el enfoque metodológico y los resultados del estudio.

2. CONTEXTO GENERAL

El siguiente capítulo incluye una breve descripción del municipio de Mérida, así como de una las problemáticas más importantes que enfrenta, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.³ Con base en el análisis de la problemática identificada se analizó el mecanismo de compensación forestal, como un instrumento de política que puede ayudar a abordar esta problemática. Asimismo, se presenta un breve análisis de la legislación que regula la compensación forestal a nivel Federal, estatal y municipal.

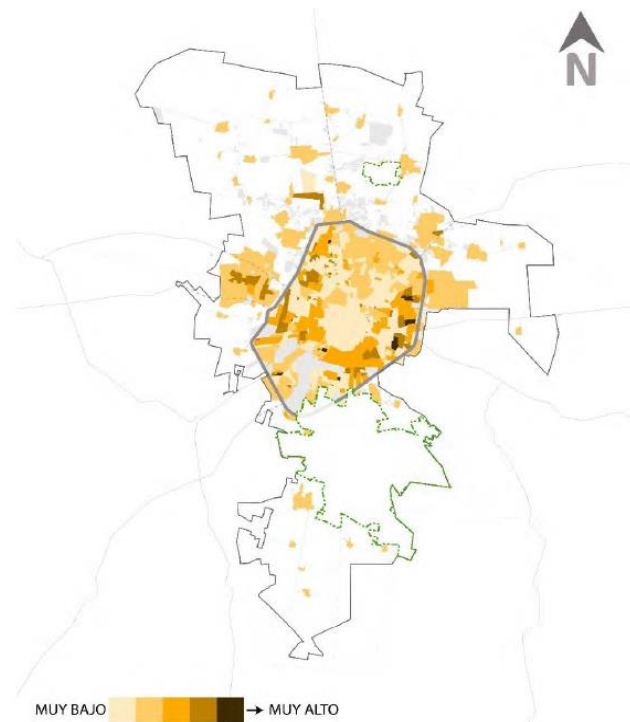
2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Mérida se encuentra al noroeste de la Península de Yucatán. En el 2015 contaba con una población de 892,363 habitantes, con una fuerte concentración poblacional en la Ciudad de Mérida, donde se concentra el 93.61% de la población del municipio (IMPLAN, 2017). El municipio concentra también la mayor actividad económica de la zona, siendo la ciudad de Mérida la más grande de la región en términos territoriales y poblacionales (INEGI, 2010).

La población en el municipio ha ido en aumento, con un incremento del 7.41% entre 2010 y 2015. Sin embargo, la ciudad ha crecido más en extensión que en población. La densidad poblacional ha decrecido, de 46.7 a 32 habitantes/ha entre 1950 y 2005 (Domínguez y García, 2012), lo que se explica por la presencia de desarrollos inmobiliarios que abarcan mayor extensión territorial, pero que son habitadas por un número menor de personas, causando una sobre oferta (Figura 2.1).

³. Bajo la LGDFS el cambio de uso de suelo en terreno forestal se define como la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales;

FIGURA 2.1 . DENSIDAD POBLACIONAL



Fuente: IMPLAN Mérida, 2017

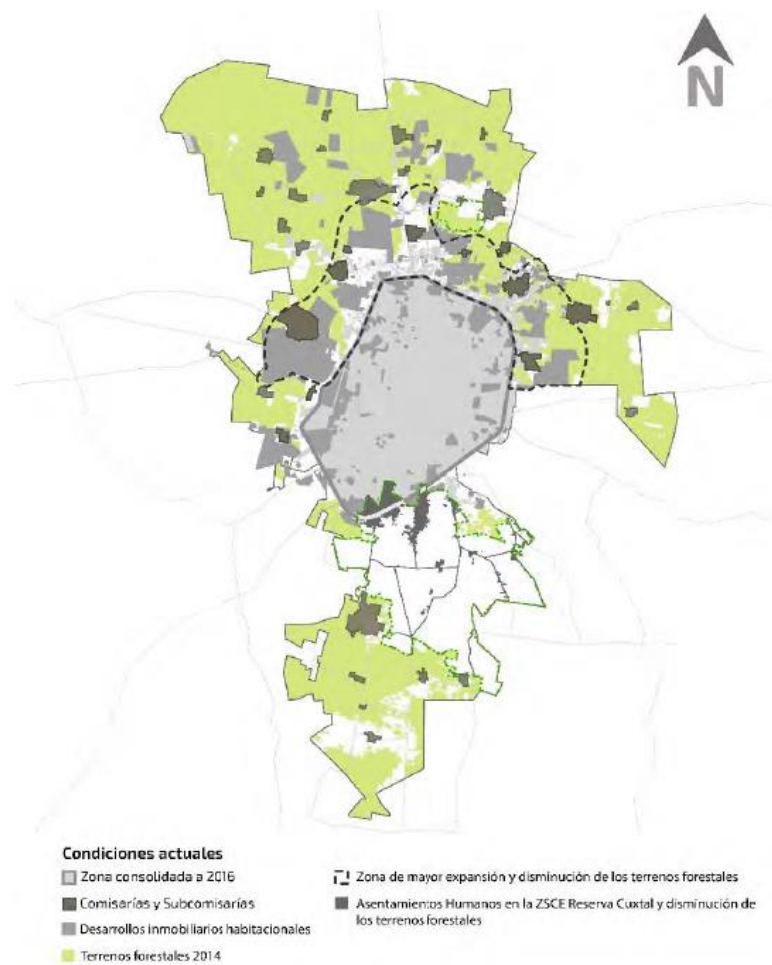
El municipio cuenta con una superficie de 26,434 hectáreas de Área Urbanizada por Asentamientos Humanos, de las cuales 24,772 caen en disposición del Programa de Desarrollo Urbano y 1,662 están sujetas a lo establecido para la Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) Reserva de Cuxtal (de las 10,757 hectáreas con las que cuenta esta reserva), regulada por su programa de manejo (IMPLAN, 2017). Adicional a la ZSCE Reserva de Cuxtal, el municipio cuenta con otra ANP, el Parque Nacional Dzibilchaltún (al norte de la ciudad), creada con decreto federal y jurisdicción estatal. En cuanto a la tenencia de la tierra, se estima que el 60% de la superficie municipal corresponde a predios y tablajes (de ese porcentaje, el 95% corresponde a propiedad privada), mientras que el 40% restante corresponde a la propiedad ejidal.

Los terrenos forestales⁴ del municipio incluyen selvas altas, medianas y bajas, siendo estas últimas las más predominantes con el 62% de las selvas (CONAFOR, 2014 en IMPLAN, 2017). Las

⁴ La LGDFS define un terreno forestal como aquel que está cubierto por vegetación forestal, siendo la vegetación forestal, el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales

selvas bajas en Mérida están integradas principalmente por vegetación secundaria. Las zonas deforestadas han ido en aumento a partir de los últimos 10 años (Figura 2.2), independientemente de la existencia de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los esfuerzos de reforestación (IMPLAN, 2017).

FIGURA 2.2. PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL



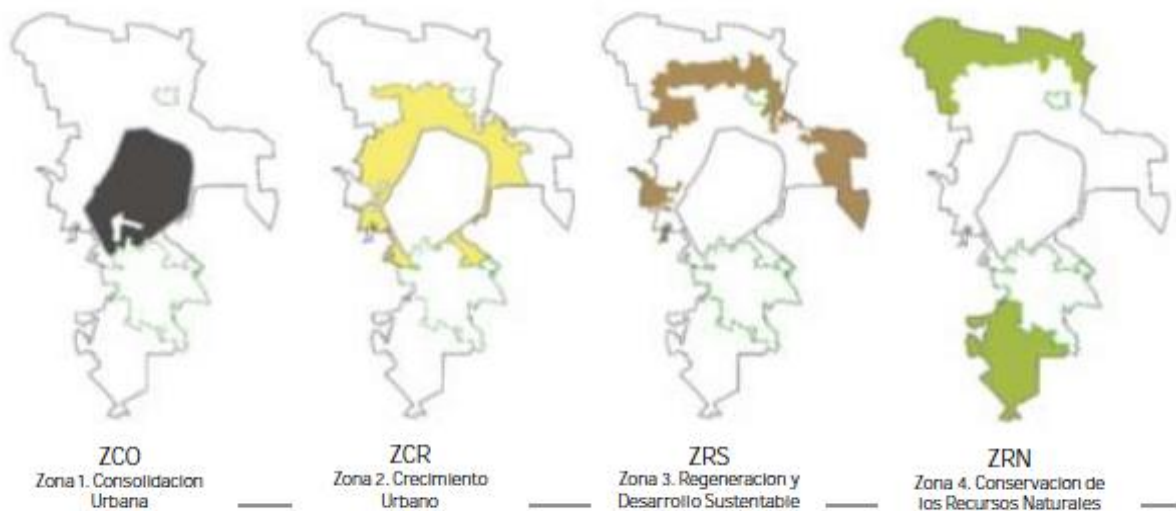
Fuente: IMPLAN Mérida, 2017

El Programa de Desarrollo Urbano de Mérida (PMDUM) busca promover una planificación urbana ordenada a través de la consolidación de áreas urbanizadas por asentamientos humanos, la priorización de la densificación (a partir de la ocupación de espacios vacíos y vivienda vertical), la regeneración áreas deterioradas ambientalmente, y la promoción de la conservación de zonas de alto valor ecológico, entre otras acciones (IMPLAN, 2017).

El PMDUM establece los criterios diferenciados de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, dividiendo al municipio en cuatro Zonas Primarias (Figura 2.3):

- Zona 1. Consolidación Urbana (ZCO)
- Zona 2. Crecimiento Urbano (ZCR)
- Zona 3. Regeneración y Desarrollo Sustentable (ZRS)
- Zona 4. Conservación de los Recursos Naturales (ZRN)

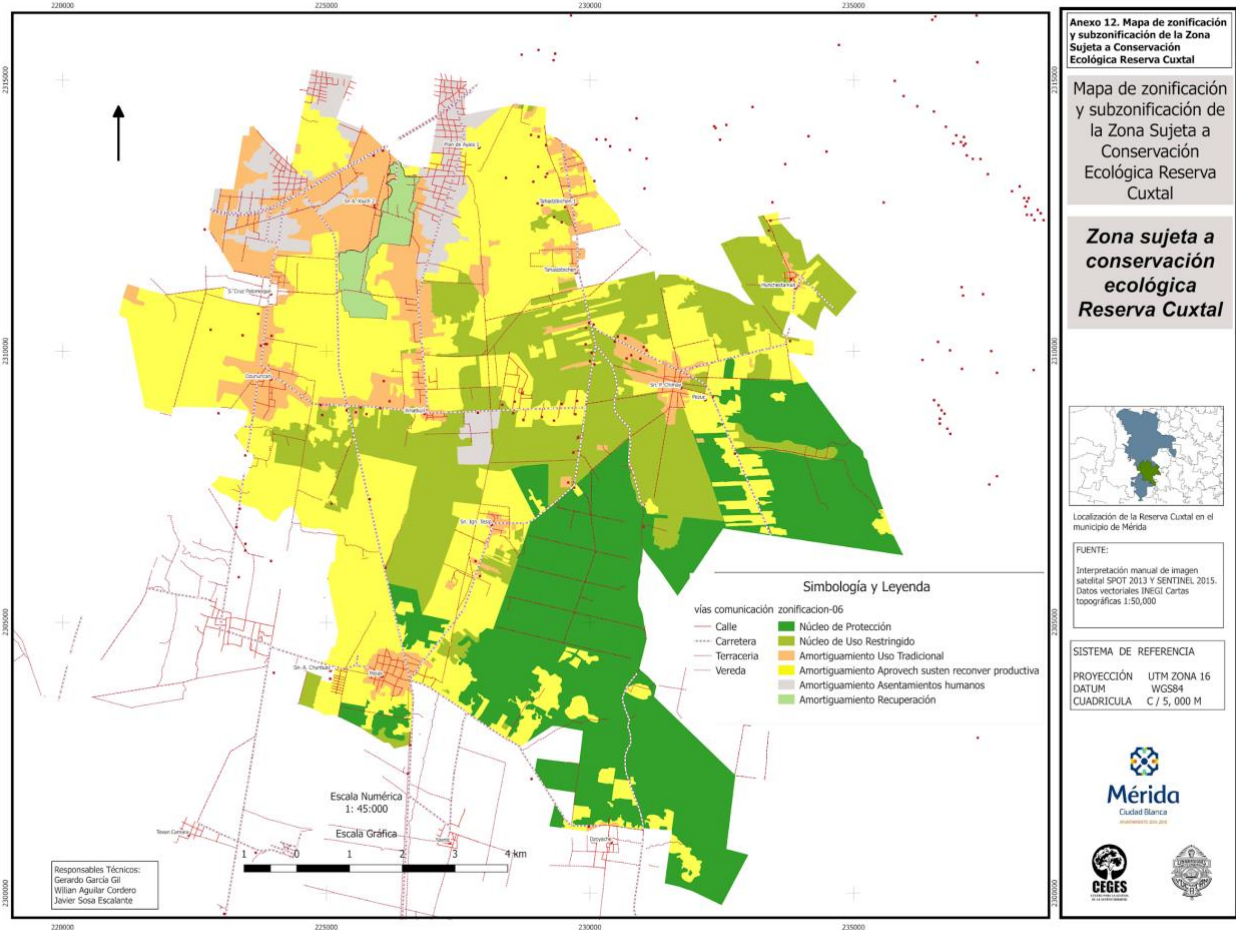
FIGURA 2.3. ZONAS PRIMARIAS DEL MODELO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS Y DEL DESARROLLO URBANO.



Fuente: IMPLAN Mérida, 2017.

En cuanto a las ANP, la ZSCE Reserva Cuxtal fue decretada en 1993. Su Programa de Manejo fue publicado en el 2004 y actualizado en el 2017, siendo la primera ANP promovida y decretada por un municipio en el Estado de Yucatán. El área tiene una superficie de 10,757 hectáreas (Figura 2.4).

FIGURA 2.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN Y SUBZONIFICACIÓN DE LA RESERVA CUXTAL



Fuente: IMPLAN, 2017

La población dentro de la Reserva se ha incrementado a través del tiempo. En el 2017 se estimó una población de 8,112 habitantes en las localidades y 15,925 en las colonias (zona conurbada) (Gaceta Municipal, 2018).

La principal amenaza en la Reserva es la pérdida de cobertura vegetal para la creación de asentamientos urbanos, causando un paisaje altamente fragmentado, con diferentes hábitats en diferentes niveles de degradación. Entre 1995 y 2015, la cobertura vegetal secundaria aumentó en 37.95% y la superficie de selva baja disminuyó 40.20%.

A pesar de la degradación de los ecosistemas, la Reserva se considera la principal área de recarga acuífera del municipio. La planta potabilizadora Mérida I, localizada al sur de la Reserva, es la principal zona de extracción de agua subterránea para abastecer a la ciudad de Mérida (Gaceta Municipal, 2018). Además de su importancia en la provisión de agua, la Reserva

proporciona importantes servicios ecosistémicos a la población de Mérida, incluyendo captura de carbono, regulación climática, retención de suelos, recreación, etc.

2.2. PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA - CAMBIO DE USO DE SUELO

La expansión urbana de la ciudad de Mérida hacia los centros de población periféricos y las áreas no urbanizadas con alto valor ecológico fue identificada como una de las mayores problemáticas del municipio (IMPLAN, 2017). Este crecimiento desordenado comenzó en los noventas, con la expansión de la ciudad a través de la habilitación del suelo periférico al mercado inmobiliario, cuando la construcción de vivienda fue una actividad emergente para mitigar la crisis de la industria henequenera (López Santillán et al., 2014).⁵ La venta de tierra barata detonó la especulación, construcción desordenada y crecimiento extensivo a la zona conurbada, generando asentamientos dispersos (Iracheta y Bolio, 2012 en López Santillán et al., 2014).

Se estima que, en las últimas tres décadas, el área urbana ha crecido en un 80%, promoviendo un cambio de uso de suelo de rural (pertenecientes a los ejidos) a urbano (Bolio, 2014), y generando una disminución de la cobertura de selva baja caducifolia y vegetación secundaria (Iracheta y Bolio, 2012). Entre 1985 y 2015 se autorizó la construcción de desarrollos inmobiliarios en 7,828 hectáreas, es decir, se gestionó el 31% del actual Área Urbanizada. En el 2016 ya se habían identificado más de 1,500 hectáreas de desarrollos inmobiliarios irregulares (IMPLAN, 2017). Basándose en el patrón de ocupación de baja densidad que predomina en la actualidad, en el PMDUM (2017) estimó una demanda de 9,577 hectáreas de suelo urbano para el periodo 2017-2040.

Al norte y al oeste del municipio se ha llevado a cabo el mayor desarrollo inmobiliario. (IMPLAN, 2017). Aunque en el sur, la baja plusvalía de la tierra ha propiciado un menor cambio de uso de suelo, existe expansión urbana y usos incompatibles con la ZSCE Reserva Cuxtal. Esto hace evidente que el establecimiento de una Reserva Ecológica no es limitante para que puedan llevarse a cabo procesos de cambio de uso de suelo para el desarrollo urbano.

Aunado a esto, se han visto procesos de creación de ciudades satélites periféricas que dependen de los servicios proporcionados por la Ciudad de Mérida (Iracheta y Bolio, 2012), así como la formación de una extensa zona periurbana. A su vez, el alto porcentaje de propiedad privada en el municipio ejerce una fuerte presión sobre la administración pública y conllevan a decisiones que se centran en intereses particulares y no siempre reflejan un beneficio público (IMPLAN, 2017).

⁵ La industria henequenera cultiva el henequén o sisal, planta cuya fibra puede ser utilizada en varios productos de uso doméstico, comercial, agrícola e industrial. La industria declinó en los años 1980 a partir de la comercialización de fibras sintéticas.

Este modelo de desarrollo urbano no sustentable en el municipio ha causado impactos negativos en el medio ambiente, incluyendo el cambio de uso de suelo, generación de residuos y un aumento en la contaminación del agua (IMPLAN, 2017). Por lo anterior, la conservación de la cobertura vegetal es una prioridad por los numerosos servicios ecosistémicos (SSEE) que estos proveen al municipio.

2.3. JERARQUÍA DE MITIGACIÓN

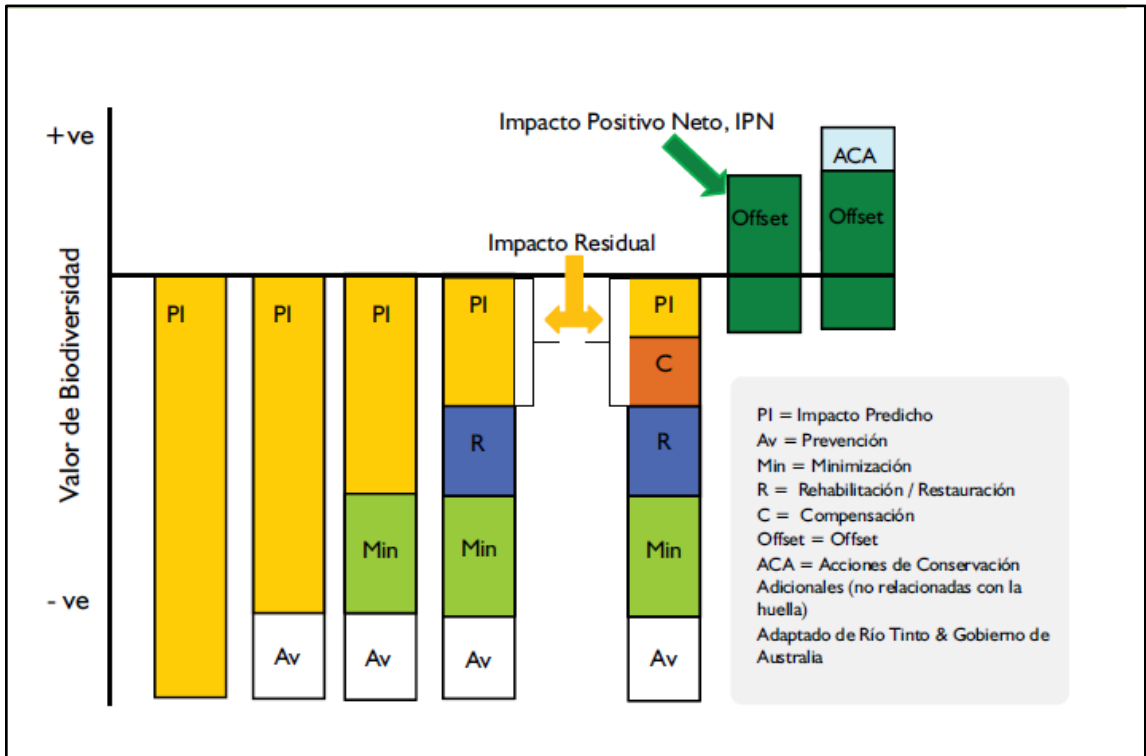
Dada la problemática identificada para el municipio, el presente estudio se centra en una propuesta de política de compensación forestal para Mérida, que pueda garantizar el desarrollo sin pérdidas ecológicas netas, incentivando proyectos de restauración y reducción de deforestación. Para la evaluación de los resultados ambientales netos del mecanismo, es necesario contar con un sistema de tasas de equivalencia ecológica que compensen los impactos residuales, o conjunto de pérdidas o alteraciones, adversos a la biodiversidad, generados por proyectos de desarrollo inmobiliario.

Una política de compensación debe ser parte de una estrategia más amplia de gestión del uso del suelo y servicios ecosistémicos. Existen diversas etapas que buscan prevenir y minimizar impactos, estas etapas dejan como último recurso la compensación de los impactos que no pudieran ser evitados. Este orden de etapas de gestión se llama *jerarquía de mitigación*.

La jerarquía de la mitigación (Figura 2.4) busca prevenir, reducir y compensar los impactos negativos que las actividades asociadas a los proyectos de desarrollo tienen en el medio ambiente y las sociedades (ICMM IUCN, 2012). La jerarquía de la mitigación proporciona diversos pasos que un proyecto de desarrollo debería de cumplir, incluyendo (BBOP, 2012):

- a. Evitar: medidas que se toman para evitar impactos desde el inicio para evitar por completo impactos sobre ciertos componentes de la biodiversidad.
- b. Minimizar: medidas que se toman para reducir la duración, intensidad y/o grado de los impactos que no se pueden evitar totalmente, hasta donde sea factible.
- c. Rehabilitar/restaurar: medidas que se toman para rehabilitar ecosistemas degradados o para restaurar ecosistemas eliminados después de la exposición a los impactos que no pueden ser evitados completamente y/o minimizados.
- d. Compensar: medidas que se toman para compensar cualquier impacto residual significativo adverso que no se pueda evitar, minimizar y/o rehabilitar o restaurar, al fin de alcanzar la no pérdida neta o una ganancia neta de biodiversidad.

FIGURA 2.5. JERARQUÍA DE LA MITIGACIÓN



Fuente: BBOP 2012

En México existe una serie de instrumentos legales que deben de considerarse dentro de las políticas de compensación. En la Tabla 2.1 identifica la normativa a nivel Federal, estatal y municipal y su relación con la jerarquía de mitigación y el mecanismo de compensación. A continuación, se describen a mayor detalle algunas de las normativas más relevantes relacionados al mecanismo de compensación.

TABLA 2.1. INSTRUMENTOS LEGALES EN MÉXICO CON RELACIÓN A LA COMPENSACIÓN FORESTAL.

Nivel	Normativa	Disponible		Importancia/relación con mecanismo compensación
		Sí	Donde	
Federal	Ley general de asentamientos humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	✓	http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm	*Marco para ordenamiento territorial. *Ley Asent. Hum. Yucatán y PMDU se refieren a esta
	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente	✓		*Marco de Protección a biodiversidad y regulación de contaminación. *Norma Estudios de Impacto Ambiental
	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	✓		*Exige cambio de uso de suelo para zonas forestales
	Ley General de vida Silvestre	✓		*Norma conservación de la <i>vida silvestre</i> mediante su protección
	Ley General de Cambio Climático	✓		*Establece marco para acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en México
	Ley Federal de Responsabilidad ambiental	✓		*Regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños
Estatad	Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán.	✓	http://www.congresoyucatan.gob.mx/	*Lineamientos para desarrollos en Yuc. *Reglamento de nuevos desarrollos se refiere a esta ley
	Ley de Asentamientos Humanos de Yucatán	✓		*Define competencias de 3 niveles de Gobierno para otorgar permisos de usos de suelo e instrumentos
	Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán	✓		*Regula Estudio de Impacto Ambiental a Nivel Estado. *Una sección regula cuidado de cenotes *Define protección de especies protegidas
	<i>Ley para la Protección de la Fauna del Estado de Yucatán</i>	✓		
	<i>Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán en Materia de Cenotes, Cuevas y Grutas</i>			
	<i>Ley Estatal de Arbolado</i>			
	<i>Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Yucatán</i>			
	<i>Ley de Fraccionamientos del Edo. Yucatán</i>			
Municipal	Programa Municipal de Desarrollo Urbano	✓	https://isla.merida.gob.mx/servicio	*Define zonificación (4 zonas) de desarrollo con diferentes criterios para desarrollo, como: +Área verde +Usos de suelo +Ocupación de construcción.

Nivel	Normativa	Disponible		Importancia/relación con mecanismo compensación
		Sí	Donde	
	Reglamento de Construcciones	✓		*Especifica criterios de construcción y diseño de construcciones, incluyendo: +Área Verde en predio +Calle y banqueta
	Reglamento de Nuevos Desarrollos (en proceso elaboración)	x		*Especifica criterios de diseño de nuevos desarrollos, incluyendo: +Usos de suelo + Superficies
	Reglamento de Protección y Conservación del Arbolado			
	Reglamento de Protección al Ambiente y del Equilibrio Ecológico			
	Reglamentos de cenotes	✓		*Especifica restricción de construcción a radio de 50 metros de entrada de cenote

2.3.1. NIVEL FEDERAL

2.3.1.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define el instrumento de Evaluación del Impacto Ambiental, a través del cual la SEMARNAT evalúa el impacto que tendrá un proyecto de desarrollo sobre el medio ambiente. Para la realización de obras y actividades previstas en el artículo 28 de la ley, se establece como requisito la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

La MIA es un instrumento que busca prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de desarrollos, para evitar o reducir los efectos negativos en el medio ambiente. Este, señala las medidas para minimizar los impactos negativos. El desarrollador deberá de identificar las condiciones iniciales (previas a la obra) y evaluar los impactos potenciales, para así definir las medidas para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones. Sin embargo, en la práctica, las MIA tienen limitaciones para estimar adecuadamente los impactos, así como para establecer las acciones adecuadas para mitigar y compensar los mismos. Por ello, los mecanismos de compensación, como el presentado en este reporte, son considerados como complementarios a los MIA.

2.3.1.2. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE Y SU REGLAMENTO

La LGDFS y su Reglamento regulan el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. La SEMARNAT autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, demostrando

que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales deberán de depositar ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, una cantidad definida, la cual se utiliza para llevar a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

Con las reformas a la ley (DOF 13/04/2020) donde se definen los terrenos forestales, se excluyen como terrenos forestales, aquellos que están en zonas urbanas establecidas en un Programa de Desarrollo Urbano, siendo así que las zonas forestales de Mérida quedan vulnerables a cambios de uso de suelo.

Adicional a la normativa Federal, existen regulaciones específicas que son estatales y municipales que buscan complementar el marco normativo.

2.3.2. NIVEL ESTATAL

2.3.2.1. LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE YUCATÁN

La Ley de Protección al Ambiente del Estado de Yucatán regula las obras o actividades que puedan afectar el equilibrio ecológico o el ambiente. Aquellas personas que realicen obras o actividades deberán de prevenir, minimizar o reparar los daños, asumiendo los costos que dicha afectación implique. Los promoventes de proyectos deberán de presentar una Manifestación de Impacto Ambiental o Estudio de Riesgo. Al igual que la LGEEPA, la ley estatal no requiere una compensación por las pérdidas incurridas.

2.3.3. NIVEL MUNICIPAL

El desarrollo de un mecanismo de compensación por pérdida forestal para Mérida busca complementar el marco normativo para la planeación urbana y ordenamiento territorial del municipio, con los objetivos de: i) fortalecer los esfuerzos de conservación de áreas naturales y los SSEE que estas proporcionan y, ii) implementar la estrategia de Infraestructura Verde

El instrumento que norma la planificación de los asentamientos urbanos es el Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDUM). Este programa establece la zonificación a través del señalamiento de: Áreas Urbanizadas, Áreas Urbanizables y Áreas no Urbanizables. A través de las

áreas no urbanizables se busca evitar por completo potenciales impactos ambientales al definir la vocación de área natural y priorizar la conservación. Esto se logra a través de la zonificación en 4 Zonas, dos de ellas, la Zona de Regeneración y Desarrollo Sustentable (ZRS) y, la Zona de Conservación de los Recursos Naturales (ZRN) se ubican áreas no urbanizables.

La Zona de Regeneración y Desarrollo Sustentable busca la recuperación de los valores patrimoniales y la restauración de las condiciones ambientales y territoriales en deterioro, a través de estrictos criterios que promuevan la focalización de las acciones urbanísticas, públicas y privadas.

Por otro lado, la Zona de Conservación de Recursos Naturales busca la preservación de las áreas no urbanizadas. En áreas donde se fomenten las actividades socioeconómicas se promueve la realización de estas bajo ciertos criterios ambientales, promoviendo actividades agropecuarias bajo técnicas agroecológicas, turismo de baja densidad, así como actividades que involucren el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Las diferentes zonas y sus características se describen con mayor detalle en el Anexo 1.

El PDMU además señala la existencia de dos áreas sujetas a conservación ecológica que no se incluyen dentro de la zonificación primaria. Estas áreas están sujetas a conservación ecológica establecidas por el gobierno federal, estatal y/o municipal, en donde las acciones urbanísticas quedan sujetas a las disposiciones establecidas en sus respectivos Decretos, Declaratorias, Programas de Manejo y la normatividad aplicable en la materia vigente al momento de llevar a cabo dichas acciones.⁶ Entre estas áreas se encuentra el Parque Nacional Dzibilchaltún⁷ y la ZSCE Reserva Cuxtal,⁸ bajo jurisdicción estatal y municipal respectivamente.

Finalmente, en Zonas de Preservación Ecológica (ZPE)⁹ y en el Área de Cactáceas¹⁰ no es autorizada ninguna acción urbanística en áreas, predios y tablajes ubicados al interior de su delimitación. Estas medidas tienen el objetivo de evitar la pérdida de cobertura forestal y SSEE del área con terrenos forestales del municipio.

⁶ Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [LGEEPA]: DOF Número 19, 28 de enero de 1988 [Última Reforma en Número 18, 24 de enero del 2017], Artículo 44

⁷ Decreto por el que se declara el Parque Nacional, con el nombre de Dzibilchaltún: DOF Número 10, 14 de abril de 1987

⁸ Declaratoria: DOEY, 14 de julio de 1993

⁹ Zona no urbanizable establecida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales, reconocida en el PDUMM (2012).

¹⁰ Establecidas en el PDUMM como terrenos con presencia de cactáceas y especies arbóreas características de la selva baja caducifolia en peligro de extinción, donde se plantea como prioridad su preservación, mediante el mantenimiento y conservación de las condiciones naturales que prevalecen, así como la protección de los recursos naturales que las caracteriza, de manera que se determina como un Área no Urbanizable.

En las zonas urbanizadas y urbanizables, se buscan estrategias para reducir los impactos ambientales. Por ejemplo, las normativas municipales y estatales exigen que la vegetación debe mantenerse a una cierta distancia a áreas alrededor de cuerpos agua. Más información se puede encontrar en el Anexo 1. Por su parte la Ley Estatal de Desarrollo Inmobiliario de Yucatán requiere que 10% del área vendible debe ser entregada como donación. De esa área, 30% debe ser designada como área verde, y 70% para equipamiento. Estas disposiciones de deben de cumplir con el trámite de autorización estatal o municipal.

Aunque el municipio de Mérida cuenta con elementos normativos para la conservación, mediante decretos de ANP, así como la zonificación primaria del PMDUM, específicamente en las zonas 3 y 4, existen áreas donde buena parte del área es ejidal, y no cae dentro de la jurisdicción del ayuntamiento en cuanto a su lotificación. En estas áreas, los potenciales procesos de urbanización representan riesgos importantes de pérdidas de área forestal.

Debido a la presencia de estos riesgos, que no son abordados por la normativa vigente (incluyendo la actual reforma a la LDFS en reacción a la definición de terrenos forestales), se propone un esquema de compensación por pérdida forestal para el municipio de Mérida. Así, aunque un terreno este lotificado dentro del Registro Agrario Nacional (RAN), al solicitar los permisos para el cambio de uso de suelo (por ej., para desarrollos inmobiliarios, industriales, comerciales, de servicios, vialidades, etc.) se exigiría la compensación dependiendo del valor de la biodiversidad existente en el terreno del desarrollo.

Un esquema de compensación puede ayudar a disminuir la pérdida de SSEE ante el desarrollo en las zonas 3 y 4, y promover la implementación de estrategias de rehabilitación de áreas verdes tanto en la zona 2 como en la Zona 1.

2.4. COMPENSACIÓN FORESTAL

El mecanismo de compensación corresponde a la última etapa de la jerarquía de mitigación, y representa una alternativa para que los desarrolladores puedan compensar los impactos residuales generados, ya sea de forma voluntaria o regulada (Sutherland, 2009; Doswald et al., 2012). Su uso como herramienta de conservación ha crecido en popularidad desde su origen en los 1970s (Bull et al., 2013). Un número creciente de gobiernos han incluido estos mecanismos en sus leyes y políticas públicas, mientras que otros ya lo han hecho para satisfacer sus compromisos con el Convenio de la Diversidad Biológica para reducir la pérdida de biodiversidad (Crowe and ten Kate, 2010; TBC, 2013).

El objetivo del mecanismo es mantener la **equivalencia ecológica** entre lo que se pierde, en términos ambientales, con la conversión del suelo, y lo que se puede ganar para compensar estas pérdidas, logrando una pérdida neta cero. A través de inversiones adicionales en restauración, estas ganancias pueden lograr, por ejemplo, conservación o desarrollo de infraestructura verde que mejore la composición de las especies, la estructura del hábitat, el tamaño de población, las funciones, servicios ecosistémicos, etc.

Cuadro 2.1 – Ejemplos de tipos de políticas de compensación

- Compensación simple – Existe una relación fija entre deforestación y restauración. Es decir, si la restauración de 1 hectárea cuesta \$50,000, se cobra una compensación fija de \$50,000 por hectárea deforestada. Esto no garantiza que no haya pérdidas ambientales al fin del proceso (no se garantiza la equivalencia ecológica), pues la tasa no cambia según las características ecológicas del terreno.
- Compensación simple basada en la *similitud* ecológica - Existe una relación fija entre deforestación y restauración, pero, para que no haya la posibilidad de intercambiar áreas con distintos “valores ecológicos”, se permite únicamente el intercambio de áreas similares ecológicamente. Esto puede ser muy restrictivo (debido a la dificultad de encontrar áreas similares para la compensación), lo que puede resultar en que el mecanismo se vuelva no factible o muy costoso. Además, no incentiva a que no se deforeste en áreas de muy alto valor ecológico, pues, si existen áreas semejantes para compensar/restaurar, se va a compensar en estas áreas sin mayores problemas.
- Compensación por tasas flexibles de compensación que cambian según las características ecológicas de los terrenos deforestados – Se basa en los criterios de equivalencia ecológica utilizando tasas que desincentivan la deforestación en áreas prioritarias (costos de compensación mayores).
- Compensación de tasas flexibles de compensación que cambian según las características ecológicas de los terrenos deforestados y también restaurados (cuando hay la opción del propio desarrollador hacer la compensación directamente sin que los recursos sean administrados por un fondo ambiental central).

Actualmente, existen diversos ejemplos de este tipo de mecanismos en varios países. Australia, Estados Unidos, Canadá y Brasil son algunos ejemplos que se derivan de legislaciones

correspondientes a hábitat o especies. Otros países se encuentran en etapas tempranas para el desarrollo de mecanismos similares (Madsen et al., 2011).

2.4.1. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

En México, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) es la guía que proporciona los lineamientos para la compensación forestal, estableciendo que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la entidad responsable para autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales (Ver Sección 2.3.1.2). Los interesados en el cambio de uso de suelo deberán de depositar un monto al Fondo Forestal Mexicano (FFM), para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación, restauración y su mantenimiento.

La propuesta de política de compensación para Mérida sigue exactamente la normativa utilizada por SEMARNAT, proponiendo algunas adaptaciones para su realidad y contexto. Estos cambios incluyen algunos nuevos criterios para evaluación de la equivalencia ecológica y nuevos valores (o una ponderación) para el cálculo de las tasas de compensación según la metodología de valoración económica-ecológica propuesta¹¹. El análisis desarrollado considera las tasas flexibles de compensación definidas por las características del terreno donde se lleva a cabo el cambio de uso de suelo.

La compensación (inversión) se puede hacer de dos maneras: 1) Restauración, que ofrece una mejora en la calidad ambiental de un área degradada, buscando alcanzar un estándar ambiental definido; y/o 2) Conservación, que ofrece la protección de un área con calidad ambiental equivalente. Ambos enfoques apuntan a asegurar el mantenimiento de áreas de vegetación de valor ecológico igual o mayor que el de las áreas deforestadas.

La política de compensación forestal contribuye a priorizar la asignación de áreas de importancia ecológica a través de incentivos económicos, los cuales se establecen a partir del establecimiento de una relación entre los costos que el desarrollador del proyecto debe asumir por la deforestación y las características ecológicas del área deforestada, así como por actividades relacionadas a los procesos de restauración o conservación. Desde el punto de vista del desarrollador del proyecto, que evalúa las posibilidades de cambiar el uso de la tierra de un área natural a un área urbana, la deforestación se convierte en un costo que debe ser internalizado en su análisis financiero (privado) de viabilidad del proyecto. Un mecanismo de compensación forestal busca minimizar estos costos, mientras que promueve la conservación y restauración de zonas con mayor valor ambiental.

¹¹ Más detalles sobre el sistema de puntaje de la LGDFS en el Anexo.

El primer paso para el desarrollo de un mecanismo de este tipo es evaluar las características ecológicas del área que se va a deforestar. Cuanto más relevante es el área, mayor será la superficie que deberá ser compensada (ya sea por el promovente o por un tercero). Esta relación desalienta el cambio de uso de suelo en áreas de alto valor ecológico. Posteriormente, se deben evaluar las alternativas de compensación (conservación o restauración). Cuanto mayor sea el valor ecológico del área conservada a partir de la acción de compensación, menor será la tasa de compensación requerida (es decir, el promovente deberá de compensar un área menor), fomentando la asignación de áreas compensadas en estos lugares. Así, cuanto más relevante es un área desde un punto de vista ecológico, mayor es el beneficio de su conservación, lo que se recompensa con una tasa de compensación más baja. De igual manera, cuanto mayor sean las ganancias ecológicas esperadas para la restauración de un área, menor será la tasa de compensación requerida.

Existen diferentes maneras para determinar la equivalencia ecológica. Estas incluyen cálculos simples basados en el área, combinaciones de área y funcionalidad, o condición y requisitos de especies. A su vez, con respecto a cómo los desarrolladores (aquellos que llevan a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales) pueden compensar, hay tres posibilidades: (1) el desarrollador es directamente responsable de la ejecución del proyecto de restauración; (2) el desarrollador es responsable de pagar un proyecto de compensación que es implementado por un tercero y; (3) permitir a los desarrolladores la compra de créditos para compensar los impactos ambientales del proyecto.

2.4.2. IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS DE UNA POLÍTICA DE COMPENSACIÓN

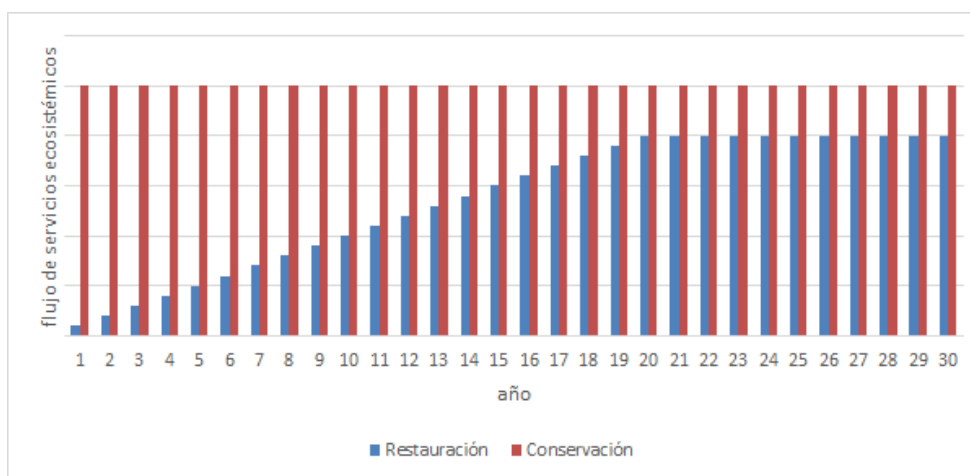
Son dos los principales efectos de una política de compensación: (1) es una fuente de recaudación para inversiones en mejoras ambientales, como la restauración; y (2) cambian los retornos económicos de inversiones en compras de terrenos, pues deja el “desarrollo”¹² más caro en comparación a un escenario anterior, donde las pérdidas naturales no necesitaban ser compensadas. Este cambio genera incentivos para que la ubicación de nuevos fraccionamientos se concentre en lugares con menores tasas de compensación (menor valor ecológico), lo que genera una reducción en la deforestación futura.

La política de compensación define **tasas de compensación** que garantizan la **equivalencia ecológica** entre costos y beneficios ambientales.

Se define que la tasa de compensación “patrón” se calcula por la comparación entre la pérdida de 1 hectárea de vegetación y los beneficios de la restauración de X hectáreas. Preferencialmente, la restauración debe ocurrir en áreas degradadas, para que se pueda garantizar que no vuelvan a ser degradadas en el futuro, y para que no sea necesario incurrir en el costo de comprar un terreno que tenga que ser restaurado.

Sin embargo, la restauración es un sustituto imperfecto de conservación. En el ejemplo abajo, para que la suma de los flujos de servicios ecosistémicos sea equivalente, sería necesaria la recuperación de *por lo menos* 2 hectáreas con las mismas características para compensar la pérdida de 1 hectárea de área conservada.

FIGURA 2.4.1 . EJEMPLO DE FLUJO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN



¹² Desarrollo puede referirse al desarrollo inmobiliario o a cualquier obra que conlleve a un cambio de uso de suelo en terrenos forestales

Además de eso, otras características ecológicas pueden influenciar la equivalencia entre alternativas. Sus definiciones como criterios objetivos y sus pesos (impactos de variaciones de sus niveles en la proporción que garantiza la equivalencia ecológica) es el tema clave de este estudio.

3. ENFOQUE METODOLÓGICO

El siguiente capítulo presenta el enfoque metodológico utilizado para abordar la problemática identificada en la sección anterior.

El sistema desarrollado, que se basó en los lineamientos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que ejecuta SEMARNAT y en los costos de referencia de restauración de CONAFOR, incluye criterios según el contexto específico de Mérida, ajustando pesos y valores según la sistematización de las preferencias de los expertos en el tema.¹³ Esto se logró a través de la combinación de dos métodos de valoración económica, (1) costo de reemplazo por restauración, ajustado según características ecológicas según (2) el método de valoración de "experimentos de elección" (preferencias declaradas).

El costo de reemplazo (o reposición) es la base de comparación entre la pérdida de un área, sus servicios ecosistémicos, y la reposición de un área mínimamente similar. Su costo mínimo es dado por el costo de referencia oficial de CONAFOR. Sobre ese nivel mínimo, hacemos un ajuste para garantizar la equivalencia ecológica en casos donde el valor ecológico del área es superior al valor "mínimo" del costo de referencia.

La definición de niveles de equivalencia ecológica sigue el enfoque del "uso de puntuación" utilizando el Método de Experimento de Elección, un método de valoración basado en la teoría económica de preferencias utilizado en diferentes áreas de conocimiento, como el medio ambiente, el transporte, la salud y el *marketing*, siendo una variación del método de Valoración Contingente que permite analizar escenarios complejos, con múltiples criterios y alternativas.

Este método, aplicado a esquemas de compensación ambiental, permite analizar los atributos específicos de un área según una serie de criterios ecológicos identificados como prioritarios. Este es un **método de priorización y evaluación de *trade-offs***, basado en la comparación de múltiples escenarios posibles (tipos de vegetación y uso de suelo). El método traduce el resultado de la priorización de escenarios en una ponderación (pesos) y le da un valor (en precios) a los criterios (Quéntier y Lavorel, 2011). Este método analiza los criterios de

¹³ La descripción del perfil de los expertos consultados está en el Anexo 5.

equivalencia ecológica, entre los criterios que describen un terreno, o proyecto, en función de las elecciones realizadas de acuerdo con el conocimiento y la experiencia de los especialistas.¹⁴

Estas elecciones se realizan comparando múltiples escenarios hipotéticos, descritos por un conjunto de atributos/criterios, lo que permite analizar la importancia de cada atributo por separado. Los encuestados eligen, dentro de un "menú de opciones" con diferentes composiciones de criterios, la alternativa que les parece la mejor. Luego, los pesos se calculan utilizando un modelo econométrico que vincula la importancia relativa atribuida a la probabilidad de elegir una alternativa sobre las demás.

A partir de la aplicación del método se espera alcanzar ciertos consensos con un grupo de expertos, sobre la importancia de cada uno de los criterios y, sobre cómo estos van a afectar las tasas de compensación, generando así un sistema de predicción de valores confiable.

El objetivo de este proceso es profundizar y adaptar la actual política de compensación de SEMARNAT a la realidad de Mérida, vinculando las tasas de compensación a valores monetarios que permitan ajustar los valores de cobros por compensación. Por ejemplo, si *Tasa de compensación* es igual a 2, esto significa que el área deforestada tiene un valor ecológico dos veces mayor que el área compensada, siendo necesario el doble del área original para mantener la equivalencia ecológica.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS

La identificación de los criterios para el diseño del experimento de elección se llevó a cabo a través de un proceso participativo con expertos. El grupo de trabajo hizo una base de datos sobre la información disponible, en base a la cual se podrían identificar los valores ecológicos y definir con más certidumbre criterios ecológicos reales y medibles. Los criterios están divididos en (1) tipo de vegetación y ubicación; (2) tipo de impacto. Estos serán también ponderados según el tamaño de las áreas.

Las tasas de compensación que garantizan la equivalencia ecológica se definen por un sistema de puntaje. Cada criterio tiene un puntaje que depende de su nivel (ej.: bueno o malo). Los niveles son presentados en la Tabla 3.1.¹⁵

¹⁴ Cristie et al. "An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies", 2012. Gasparinetti, P. Bruner, A. Vilela, T. (2017) Definição de níveis de equivalência ecológica para a lei de compensação florestal do Distrito Federal segundo o método de experimento de escolha. Conservação Estratégica. https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/csf_51.pdf

¹⁵ Descripción de los criterios en Anexo 2

TABLA 3.1. CRITERIOS ECOLÓGICOS IDENTIFICADOS

Tipo de Servicios Ecosistémicos Relacionados	Criterio	Niveles	Justificación
Agua, biodiversidad, turismo, conectividad	ANP (Zona de reserva de agua o biodiversidad)	ANP Cuxtal	Aquellas áreas que se encuentran dentro de una reserva natural, ya sea municipal, estatal o federal, se considera que tienen un mayor valor ambiental mayor. Por otro lado, desde el punto de vista ecológico, la fragmentación disminuye la calidad de servicios ecosistémicos. Así, es importante incentivar la conservación de bloques mayores de bosques, o sea, en áreas de amortiguamiento de áreas protegidas ya existentes. Este criterio puede considerar no sólo la cercanía, pero también las propias áreas protegidas (aunque estas son definidas con base en criterios que ya están en el análisis - como especies protegidas y estado de conservación de bosques - lo que puede generar una doble contabilidad).
		Otras ANP: ej.: Dzibilchaltun	Para este criterio se identificará si el área que se va a deforestar está dentro de Cuxtal o Dzibilchaltun, o fuera. Aunque los parques urbanos son también importantes, estos difícilmente pueden ser deforestados, por eso no es necesario incluirlos en el experimento de elección.
		Fuera de ANP	Ver: Metzger (2010), (Laurance et al. 2002); (Lees y Peres 2008); (Tubelis et al. 2004).
Estado de conservación del hábitat	Edad del ecosistema	> 30 años	El estado de conservación de las selvas está relacionado con la calidad de los servicios ecosistémicos. Así, se debe incentivar la conservación de las selvas más viejas en comparación a selvas más jóvenes. Si toda la vegetación en Mérida es secundaria, y hay un mapa con la edad de la vegetación, puede ser factible utilizar el mapa existente y la definición por edad.
		10 < años < 30 años	
		<10 años	Ver: Portela, R, Rademacher, I. "A dynamic model of patterns of deforestation and their effect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services", <i>Ecological Modelling</i> , 2001.
Biodiversidad	Biodiversidad	Alta	La presencia de biodiversidad de flora es un criterio importante. Entre mayor sea la diversidad, mayor valor ambiental tendrá el área. El índice de Shannon se utiliza en las manifestaciones de impacto ambiental para medir la diversidad de especies. Entre más alto sea el índice, mayor presencia de especies. La definición exacta de los niveles mínimos y máximos del índice (o composición con más índices) todavía debe ser definida por los expertos (biólogos).
		Media	Ver: Cristie et al. "An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies", 2012.
		Baja	

Tipo de Servicios Ecosistémicos Relacionados	Criterio	Niveles	Justificación
Presencia de especies amenazadas de flora	Presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059	Presencia	La presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 indica especies en riesgo. Aquellas áreas con especies de flora en riesgo, amenazadas o en peligro de extinción tendrán un mayor valor ambiental.
		Ausencia	
Presencia de especies amenazadas de fauna	Presencia de especies de fauna catalogadas en la NOM-059	Presencia	La presencia de especies de fauna catalogadas en la NOM-059 indica especies en riesgo. Aquellas áreas con especies de flora en riesgo, amenazadas o en peligro de extinción tendrán un mayor valor ambiental.
		Ausencia	
Rareza de la vegetación	Rareza	Si (Selva baja con asociación con cactáceas)	La rareza o escasez de un tipo de vegetación puede influir en la disponibilidad para conservar. En Mérida existen 18 especies de cactáceas, 3 están protegidas. Si en un terreno se observan cactáceas, esto suma al valor de es de terreno. La definición de la densidad mínima de cactáceas todavía debe ser definida por los expertos en el tema.
		No (Seva baja)	
Conectividad de hábitat	Características de la actividad u obra	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área (ej., líneas de alta tensión)	Como lo indica SEMARNAT en el Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el tipo de obra que se realiza en el predio puede tener un impacto mayor o menor dependiendo de las características del proyecto. Los trazos lineales tienen un impacto menor que un trazo poligonal. A su vez, un área con confinamiento tiene un impacto mayor a aquel que no lo tiene.
		Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área (ej. Construcción sin barda)	
		Trazo poligonal que implique el confinamiento del área (ej., construcción con barda)	
		Trazo lineal que implique el confinamiento del área (ej., carretera)	
Temporalidad del impacto y infiltración	Afectación a los recursos suelo/vegetación	Temporal (ej., el bosque se va a perder con una obra, pero esta área va a recuperar naturalmente en el futuro – camino de acceso temporal durante la construcción de otra obra)	Como lo indica SEMARNAT en el Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la temporalidad del impacto es un criterio importante a considerar. Aquellas áreas con un impacto temporal tendrán una menor puntuación que aquellas donde el impacto es permanente.
		Permanente (ej., ganadería – pastizal)	
		Sellamiento del suelo (ej., fabrica)	

La tasa de compensación para una hectárea con las características descritas por todos los criterios sigue los lineamientos de SEMARNAT, y es igual a la suma del puntaje de cada uno de los criterios.

3.2. DEFINICIÓN DE NIVELES BASE

Las tasas de compensación dependen de la definición del “nivel base” de compensación. Se define el nivel base (tasa mínima de equivalencia de 1:1) como una hectárea con las siguientes características:

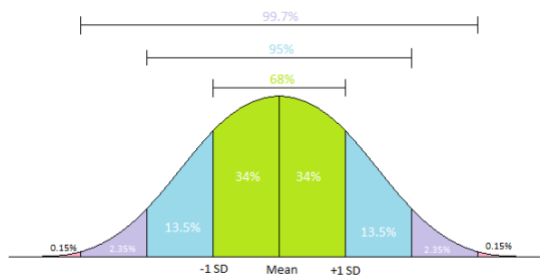
- Fuera de ANP
- No Rara
- Flora no catalogada
- Fauna no catalogada
- Biodiversidad media
- Vegetación con menos de 10 años
- Impacto Poligonal, sin barda
- Impacto Permanente, sin sellamiento

Sobre este nivel base, se evalúa el número de hectáreas adicionales que serían necesarias restaurar, para garantizar la equivalencia ecológica en casos de pérdidas de áreas con valor ecológico mayor al del nivel base.

Para algunos criterios, como de “biodiversidad”, el nivel base es “medio”, y no “bajo”, lo que hace que puedan existir niveles con valores negativos.

En estos casos, es importante que el nivel “medio” refleje la mayoría de los casos en Mérida, para que los terrenos con biodiversidad baja o alta representen la menor proporción de casos, por ejemplo, un 10% cada uno.

FIGURA 3.1. EJEMPLO PARA DEFINICIÓN DE NIVELES



El sistema propuesto limita las tasas de compensación finales para que sean menores a 1:1, aún cuando el puntaje final pueda ser negativo.

3.3. METODOLOGÍA DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN DE CRITERIOS

La definición de niveles de equivalencia ecológica sigue el enfoque del "uso de puntuación" utilizando el Método de Experimento de Elección, un método de valoración basado en la teoría económica de preferencias. Este método es aplicado en diferentes áreas de conocimiento, como el medio ambiente, el transporte, la salud y el marketing, siendo una variación del método de Valoración Contingente.

A través del el Método de Experimento de Elección es posible analizar escenarios complejos, con múltiples criterios y alternativas. Este método, aplicado a esquemas de compensación ambiental, permite analizar los atributos específicos de un área según una serie de criterios ecológicos identificados como prioritarios. Este es un método de priorización y evaluación de *trade-offs* basado en la comparación de múltiples escenarios posibles (tipos de vegetación y uso de suelo). El método traduce el resultado de la priorización de escenarios en una ponderación (pesos) y le da un valor (en precios) a cada uno de los criterios (Quéntier y Lavorel, 2011). Este método analiza los criterios de equivalencia ecológica, en función de las elecciones realizadas de acuerdo con el conocimiento y la experiencia de los especialistas.







Estas elecciones se realizan comparando múltiples escenarios hipotéticos (dilemas), descritos por un conjunto de atributos/criterios, lo que permite analizar la importancia de cada atributo por separado. Los encuestados eligen, dentro de un "menú de opciones" con diferentes composiciones de criterios, la alternativa que les parece la mejor. Luego, los pesos se calculan utilizando un modelo econométrico que vincula la importancia relativa atribuida a la probabilidad de elegir una alternativa sobre las demás.

A partir de la aplicación del método se espera alcanzar consensos con un grupo de expertos sobre la importancia de cada uno de los criterios y sobre cómo estos van a afectar las tasas de compensación, generando así un sistema de predicción de valores confiable.

3.3.1. EJEMPLO DE DILEMA DE EVALUACIÓN

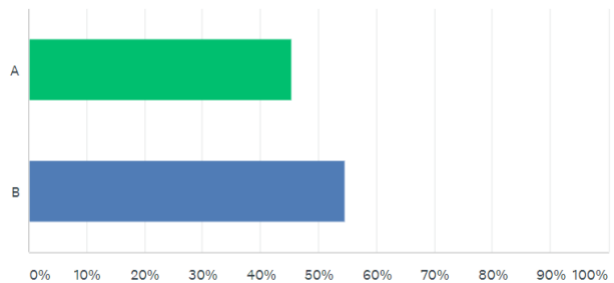
Uno de los 40 dilemas evaluados es presentado en la Figura 3.2. La pregunta planteada a los expertos fue: "Se va a llevar a cabo una obra de infraestructura en un predio de una hectárea. Si puedes elegir cuál de las dos llevar a cabo ¿cuál escenario (A o B) consideras que tendría lo mejor resultado ambiental, considerando la combinación entre impacto y ganancia de la compensación por restauración?"

FIGURA 3.2. EJEMPLO DE DILEMA DE EVALUACIÓN.

Escenario	Impacto		Compensación (Restauración en hectáreas)
	Edad de la vegetación	Tipo de impacto y obra	
A Convertir 1 ha y compensar (Restaurar)	30 años 	Trazo poligonal, permanente, con confinamiento y sellamiento del suelo 	8 ha 
B Convertir 1 ha y compensar (Restaurar)	20 años 	Trazo poligonal, permanente, con confinamiento y sin sellamiento del suelo 	2 ha 

Para aquellos que eligieron B, tendrían que restaurarse más de 6ha adicionales (8-2) para compensar la reducción de la calidad ambiental (pérdida de selva con 10 años adicionales de edad + el sellamiento del suelo).

El resultado de este dilema muestra la percepción de los expertos. La mayoría piensa que 6ha adicionales de restauración no sería suficiente para compensar un empeoramiento en el nivel de reducción ecológica de sólo estas dos características (edad y sellamiento) ecológicas en un tamaño constante de selva (1 hectárea).



4. RESULTADOS

La siguiente sección presenta los resultados obtenidos por el proceso de valoración y luego de aplicar los experimentos de elección. Los resultados estadísticos de la regresión, a través de la cual se generaron los puntajes, son presentados en el anexo.

El puntaje representa directamente las hectáreas adicionales respecto al nivel base (1:1), necesarias para garantizar la equivalencia ecológica de la restauración, en escenarios de pérdida de vegetación con diferentes características (Tabla 4.1)

TABLA 4.1. RESULTADO DE LOS PESOS DE LOS CRITERIOS

Criterio	Niveles	Puntaje
ANP (Zona de reserva de agua o biodiversidad)	ANP Cuxtal	7.6
	Otras ANP: ej: Dzibilchaltun	1.1
	Resto	0.0
Edad del ecosistema	> 30años	8.4
	10 < años < 30años	4.2
	<10 años	0.0
Rareza de vegetación	Selva baja	0.0
	Selva con asociación de cactaceas	4.4
Biodiversidad de flora	Alta	5.0
	Media	0.0
	Baja	-6.3
Presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059	Presencia	6.8
	Ausencia	0.0
Presencia de especies de fauna catalogadas en la NOM-059	Presencia	5.0
	Ausencia	0.0
Características de la actividad u obra	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	3.1

	Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	0.0
	Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	5.1
	Trazo lineal que implique el confinamiento del área	5.6
Afectación a los recursos suelo/vegetación	Temporal	-2.2
	Permanente sin sellamiento	0.0
	Permanente con sellamiento	4.3

Para un tipo terreno/obra, cada criterio tiene solamente un “nivel” con un puntaje respectivo. El valor final de compensación de 1 hectárea es igual 1 más a la suma de los valores de todos los criterios ecológicos y de impacto.

$$Tasa\ de\ Compensación = 1 + \sum\ criterios$$

El puntaje total puede variar entre 1 y 48 que está relacionada a una tasa de compensación y a un valor monetario. Este rango resulta de la suma de los valores máximos y mínimos de los puntajes asignados a los diferentes niveles y para todos los atributos. Por ejemplo: El puntaje de 7.6 para ANP Cuxtal quiere decir que, si se va a hacer un desmonte en un terreno de 1 hectárea, se debe compensar 7.6 hectáreas más. Es decir, si el área tiene características del nivel base, pero tiene el diferencial de estar ubicada en Cuxtal, su tasa de compensación será de 8.6 (1 + 7.6). Si, además de eso, la vegetación en Cuxtal no sólo tiene 10 años (nivel base), sino 20 años, la tasa final va a ser de 11.8 (1 + 7.6 + 4.2) para cada hectárea convertida.

Otras combinaciones posibles de características son presentadas como ejemplo de resultado de tasas de compensación.

Nivel Mínimo		Combinación		Nivel Máximo	
Fuera de ANP	0.0	Fuera de ANP	0.0	Cuxtal	7.6
No Rara	0.0	No Rara	0.0	Rara	4.4
Flora normal	0.0	Flora normal	0.0	Flora amenazada	6.8
Fauna normal	0.0	Fauna normal	0.0	Fauna amenazada	5.0
Bio Media	0.0	Bio Media	0.0	Bio Alta	5.0
Veg <10	0.0	Veg 30	8.4	Veg 30	8.4
Poligonal sin barda	0.0	Poligonal sin barda	0.0	Lineal con barda	5.6
Permanente sin sellamiento	0.0	Permanente sin sellamiento	0.0	Perm con sellamiento	4.3
Tasa de Compensación	1.0	Tasa de Compensación	9.4	Tasa de Compensación	48.2
Pesos/ha	23,246	Pesos/ha	218,848	Pesos/ha	1,119,741
Dolares/ha	1,069	Dolares/ha	10,067	Dolares/ha	51,508

Combinación 2		Combinación 3		Combinación 4	
Fuera de ANP	0	Cuxtal	7.6	Fuera de ANP	0
No Rara	0	Rara	4.4	No Rara	0
Flora normal	0	Flora normal	0	Flora amenazada	6.8
Fauna normal	0	Fauna normal	0	Fauna amenazada	5.0
Bio Alta	5.0	Bio Media	0.0	Bio Media	0.0
Veg 20	4.2	Veg 20	4.2	Veg 30	8.4
Poligonal sin barda	0	Poligonal sin barda	0	Lineal con barda	5.6
Temporal	-2.2	Permanente sin sellamier	0.0	Permanente con sellamie	4.3
Tasa de Compensación	8.1	Tasa de Compensación	17.2	Tasa de Compensación	31.1
Pesos/ha	187,377	Pesos/ha	400,767	Pesos/ha	723,846
Dolares/ha	8,619	Dolares/ha	18,435	Dolares/ha	33,297

El escenario base de pérdida ecológica mínima es semejante a una “limpieza de pastizal” establecido en un área sin relevancia ecológica diferenciada, es decir, perder una vegetación arbustiva con menos de 10 años. En comparación, la pérdida de 1 hectárea con valor ecológico máximo es 48 veces peor que la pérdida del escenario base.

En otro ejemplo, la primera “Combinación” muestra una mezcla posible de características, donde se va a perder permanentemente 1 hectárea de vegetación con 30 años de edad, con biodiversidad media, sin sellamiento del suelo – generando una tasa de 9.4.

En el siguiente ejemplo, se buscó representar una pérdida temporaria, poligonal, sin barda, de una vegetación con 20 años, alta biodiversidad, pero sin ninguna característica ecológica adicional. El puntaje de 8.1 resulta de la suma de (5.0 + 4.2 – 2.2).

La restauración es vista por los expertos como un sustituto “imperfecto” para la conservación - desde el punto de vista ecológico, hay que restaurar muchas hectáreas para compensar pérdida de vegetación ecológicamente prioritaria. Es decir, los expertos no intercambian fácilmente "cualidades ecológicas" por "cantidad" (área restaurada). Así, los expertos de Mérida consideran que la tasa de compensación de 6:1 (tasa máxima de SEMARNAT) muchas veces resulta insuficiente para compensar las pérdidas posibles. Sólo tasas más altas garantizarían pérdidas ambientales netas cero.

4.1. TRANSFORMACIÓN PARA VALORES MONETARIOS

La transformación de las tasas para valores monetarios está basada en el costo de referencia de restauración de CONAFOR para “zonas ecológicas tropicales”. El costo del documento original \$18,363.30 (2014) fue actualizado por la inflación, equivalente a \$23,246 en 2020.

Es decir, si la tasa de compensación es de 4:1, el valor monetario de pago será 4 veces \$23,838, igual a \$92,984 por hectárea convertida.

La compensación ambiental total es dada por la fórmula:

$$CA = (Po) (CR) (S)$$

Donde:

- **CA**= Compensación ambiental
- **Po** = Puntuación obtenida (tasa de compensación)
- **CR** = Costo de Referencia de Restauración
- **S**= Superficie por afectar.

Desde otra perspectiva, también se puede atribuir un valor monetario para cada uno de los cambios separados en los niveles de criterios, como por la siguiente Tabla 4.2.

TABLA 4.2. VALORES MONETARIOS DE LOS CRITERIOS

Criterio	Niveles	Puntaje	Valor por atributo (MN)	Valor (US\$)
ANP (Zona de reserva de agua o biodiversidad)	ANP Cuxtal	7.6	176,439	8,116
	Otras ANP: ej: Dzibilchaltun	1.1	25,570	1,176
	Resto	0.0	-	-
Edad del ecosistema	> 30años	8.4	195,602	8,998
	10 < años < 30años	4.2	97,971	4,507
	<10 años	0.0	-	-
Rareza de vegetación	Selva baja	0.0	-	-
	Selva con asociación de cactáceas	4.4	103,111	4,743
Biodiversidad de flora	Alta	5.0	116,345	5,352
	Media	0.0	-	-
	Baja	-6.3	- 145,313	- 6,684
Presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059	Presencia	6.8	159,097	7,318
	Ausencia	0.0	-	-
Presencia de especies de fauna catalogadas en la NOM-059	Presencia	5.0	115,788	5,326
	Ausencia	0.0	-	-
Características de la actividad u obra	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	3.1	71,501	3,289
	Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	0.0	-	-
	Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	5.1	118,306	5,442
	Trazo lineal que implique el confinamiento del área	5.6	129,859	5,974
Afectación a los recursos suelo/vegetación	Temporal	-2.2	- 50,185	- 2,309
	Permanente sin sellamiento	0.0	-	-
	Permanente con sellamiento	4.3	100,254	4,612

El Anexo 6 muestra ejemplo de cómo usar esta tabla de compensación.

5. DISCUSIÓN

5.1. IMPACTOS INDIRECTOS ECOLÓGICOS Y ECONÓMICOS

La política de compensación tiene efectos económicos directos e indirectos. El efecto directo tiene que ver con la recaudación del municipio para inversiones en proyectos de restauración o conservación, o proyectos de infraestructura verde. El efecto indirecto viene del cobro de compensación, que aumenta los costos para los nuevos desarrollos urbanos y obras. Este aumento puede generar incentivos (o desincentivos) económicos que contribuyan a reducir la expansión urbana y la deforestación en áreas clave.

$$\text{Aumento de Costos} = \text{Costo de Compensación} / \text{Costo de Terrenos}$$

Para ilustrar estos impactos se desarrolló un análisis de sensibilidad. Por ejemplo, vamos a considerar un terreno con precio de \$3,000,000/ha donde se quiere convertir el uso del suelo para un nuevo fraccionamiento. Si por el tipo de vegetación se va a cobrar una tasa de 13:1, generando un costo de cerca de \$300,000/ha, el costo del fraccionamiento va a ser un 10% mayor comparado a un escenario sin tasa de compensación¹⁶.

En ese nuevo escenario, parte de los compradores no van a estar dispuestos a pagar los costos adicionales de sus “primeras elecciones” de compras, y podrán cambiar sus decisiones para desarrollar áreas con menor valor ecológico y menores tasas de compensación (conocido como “efecto sustitución”), reduciendo la presión por deforestación en áreas clave – uno de los efectos más interesantes de la política.

5.1.1. EJEMPLO: ESCENARIO DE CAMBIOS DE USO DE SUELO EN LA RESERVA CUXTAL

El área total de Cuxtal es de 10,757ha, con 7,911ha (73%) de selva baja en el año de 1995. El pronóstico de Ortiz et al. (2017) es que hasta 2085 habrá una reducción de un 50% de su vegetación, o sea, una pérdida de 3,955ha.

Si existiera una tasa media de 13:1 en Cuxtal (\$300,000/ha), que aumente el costo de fraccionamiento en un 10%, se obtendrán dos efectos positivos de la política; (1) recaudación para restauración; (2) cambio de decisiones de ubicación de fraccionamientos y reducción de deforestación.

¹⁶ Este costo va a ser repasado a los compradores finales, como nuevos moradores de Mérida, migrantes y nuevas generaciones.

Considerando una “elasticidad precio de demanda” por tierras unitaria (1), un aumento de un 10% precio de fraccionamientos va a generar una reducción proporcional en la cantidad demandada por tierras en Cuxtal para conversión en un 10%. La pérdida de vegetación se va a reducir de un 50% para 45%, es decir, se va a evitar la pérdida de 396ha de vegetación, que va a pasar a ocurrir en áreas con menor valor ecológico fuera de Cuxtal. Además de este efecto, los 3,559 ha que todavía van a ser convertidos en Cuxtal pueden recaudar \$662 millones, suficientes para restaurar 28 mil hectáreas en tierras degradadas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proceso de valoración participativa para la construcción de la política de compensación fue exitoso, generando un sistema de puntaje que garantiza la equivalencia ecológica. Además del sistema de puntaje, algunas otras conclusiones son posibles.

La restauración es vista por los expertos como un sustituto “muy imperfecto” para la conservación. Los expertos no intercambian fácilmente “calidades ecológicas” por “cantidad” (área restaurada). Desde el punto de vista ecológico, hay que restaurar mucho para compensar pérdida de vegetación ecológicamente prioritaria.

Las tasas más altas probablemente no van a ser utilizadas, pues resulta que los desarrolladores van a poder tener alternativas con tasas más baratas en la ciudad de Mérida. Así, es posible que, entre todos los tipos de área y todos los valores posibles para compensación, los montos resulten cerca de lo que antes era el cobro en nivel federal, de cerca de \$80 mil pesos. Según los expertos de Mérida, la tasa máxima de compensación de SEMARNAT es menor a la tasa mínima que garantizaría la equivalencia ecológica. Por ejemplo, la tasa máxima de equivalencia ecológica de SEMARNAT¹⁷ es de 6:1 – que viene de la multiplicación del puntaje original de su sistema, por un factor de conversión (Fc) de 0.22. Del mismo modo, si es necesario adaptar los resultados técnicos a, por ejemplo, la tasa máxima de SEMARNAT se puede trabajar con el mismo sistema de multiplicación por un factor de adaptación.

Entre los efectos positivos de la política de compensación están la recaudación para inversiones en restauración, conservación o proyectos de infraestructura verde, y la reducción de deforestación en áreas ecológicamente valiosas, generadas por el aumento de costos en lugares con altas tasas de compensación (o alto valor ecológico).

¹⁷ Diario Oficial de 28 de septiembre de 2005 – Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, los criterios técnicos y el método que deberán observarse para su determinación.

En un escenario hipotético y considerando solo Cuxtal, entre 1995 y 2085, la política podría evitar la deforestación de 396 ha y generar \$82 millones de pesos en recursos para la reforestación de más de 46 mil hectáreas de tierras degradadas. Si esta proyección se amplía a toda el área donde podría tener incidencia esta política, el impacto sería mucho mayor y garantizaría simultáneamente la pérdida neta cero en términos ecológicos y un desarrollo urbano responsable con los costos ambientales generados. En un escenario general para Mérida, con demanda de expansión urbana de 9,577 ha entre 2017 y 2040, una política con una tasa media de compensación de 8:1 se podrá generar \$1.8 mil millones de pesos para inversión en, por ejemplo, la restauración de más de 76 mil hectáreas de tierras degradadas.

7. PRÓXIMOS PASOS

Algunas acciones necesarias para implementar política a partir de los resultados del estudio son:

Revisión y definición de criterios: Los valores específicos de algunos criterios de valor ecológico deberían ser revisados y definidos por biólogos, ecólogos y otros profesionales del Ayuntamiento de Mérida. Esta revisión es necesaria para validar los resultados y recomendaciones técnicas en base a su factibilidad política.

Diseño de la norma: El equipo legal de la UDS debe trabajar en un proyecto de norma que sea socializado con todos los actores relevantes, y considere los resultados del estudio técnico para orientar la política. La política de compensación de SEMART puede servir como ejemplo de los artículos que deben estar presentes en una política de compensación para Mérida. La adaptación para nivel federal debe ser hecha por los abogados de la mesa de trabajo jurídica creado en el ámbito de este proyecto.

Funcionamiento del Fondo: Se debe coordinar con el responsable contable/administrativo del Fondo Municipal Verde para averiguar detalles sobre cómo se podrían administrar los recursos que sean recaudados por el mecanismo a través del Fondo. Las conclusiones deberían ser consideradas en el diseño de la norma.

Definir el sistema de monitoreo del sistema para que los pagos estén de acuerdo con las tasas definidas por la política. Este sistema debería estar integrado a la ingeniería de funcionamiento del fondo.

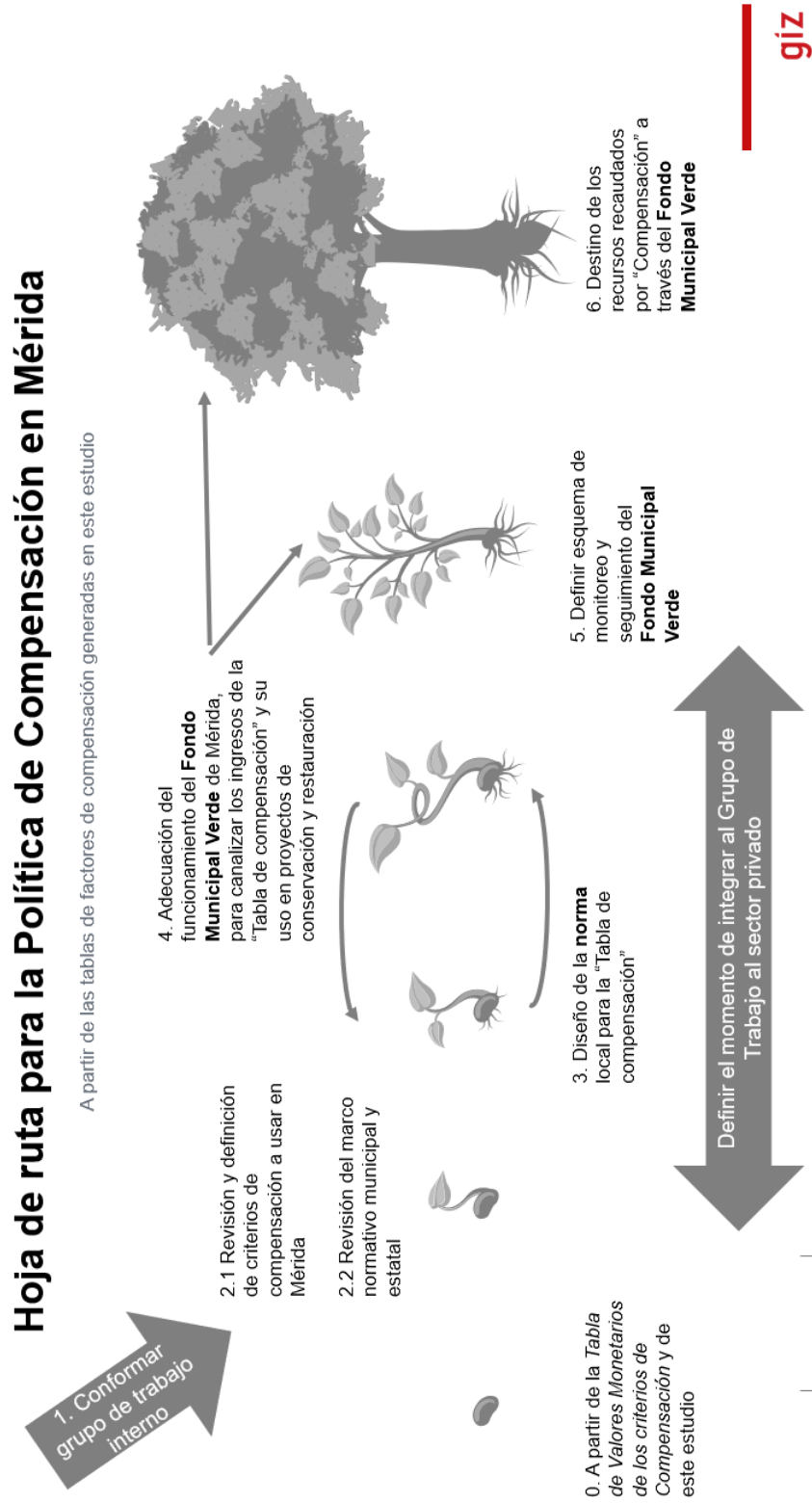
Involucrar el sector privado: La decisión sobre cuando involucrar el sector privado en las discusiones es una decisión política que puede afectar la probabilidad de aprobación o no de la

norma. Es importante que la UDS considere el mejor momento para que este proceso se lleve adelante.

Destino de los recursos recaudados: Es recomendable que la UDS tenga un portafolio de proyectos o políticas para direccionar las inversiones de los recursos que sean recaudados de manera transparente y previsible. Definir las posibilidades asociadas a: inversiones en proyectos de restauración; y/o compra de terrenos; y/o incentivos a agroforestería; y/o proyectos de infraestructura verde será importante para facilitar la implementación de la política.

La política de compensación tiene un alto potencial de recaudación, que puede ser manejado por un Fondo Municipal Verde y utilizado de distintas maneras, como, por ejemplo, en la restauración de tierras degradadas, la compra de terrenos para conservación, o apoyos a proyectos de infraestructura verde.

FIGURA 6.1. HOJA DE RUTA PARA LA POLÍTICA DE COMPENSACIÓN EN MÉRIDA.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boyle, K. (2003). *Contingent Valuation in Practice*. In P. Champ, K. Boyle, & T. Brown, *A Primer on Nonmarket Valuation*. Kluwer Academic Publishers.
- Bruner, A., Kessy, B., Mnaya, J., Wakibara, J., & Maldonado, J. (2015). *Tourist's Willingness to Pay to Visit Tanzania's National Parks: A Contingent Valuation Study*. CSF.
- Bolio, J. (2014) *Mérida Metropolitana. Evolución Histórica y Rasgos Actuales. Una Perspectiva Urbana*. En: *Crecimiento urbano y cambio social: escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida*. Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales. UNAM.
- BBOP (Business and Biodiversity Offsets Programme), 2012. *Biodiversity Offsets: Principles, Criteria and Indicators*. BBOP, Washington, D.C.
- Bull, J.W., Suttle, K.B., Gordon, A., Singh, N.J., and Milner-Gulland, E.J., 2013. Biodiversity offsets in theory and practice. *Oryx* 47, 360-380.
<http://dx.doi.org/10.1017/S003060531200172X>
- Carson, R. and Hanemann, M. (2005) *Contingent Valuation*, in *Handbook of Environmental Economics*. pp. 517–1103.
- CONANP-GIZ. 2017. *Valoración de los Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Cabo Pulmo*. Ciudad de México. *Proyecto de Valoración de Servicios Ecosistémicos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático (EcoValor MX)*.
- Cristie et al. "An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies", 2012.
- CONAFOR (2014) *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*.
- Crowe, M., and ten Kate, K. 2010. *Biodiversity offsets: policy options for government*. A BBOP Resource Paper. BBOP, Washington, D.C. http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3079.pdf
- Dominguez, M. y Garcia, A. (2012) *Indicadores de Desarrollo Zona Metropolitana de Mérida*. Reporte 2012.

- Doswald, N., Barcellos Harris, M., Jones, M., Pilla, E., and Mulder, I., 2012. Biodiversity offsets: voluntary and compliance regimes. A review of existing schemes, initiatives and guidance for financial institutions. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. UNEP FI, Geneva, Switzerland.
- De Groot, R., Fisher, B. and Christie, M. (2010). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In: TEEB, ed., *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations*
- FAO (2018). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Disponible en: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/> (Consulta: enero, 2018).
- Gasparinetti, P. Bruner, A. Vilela, T. (2017) Definição de níveis de equivalência ecológica para a lei de compensação florestal do Distrito Federal segundo o método de experimento de escolha. *Conservação Estratégica*. https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/csf_51.pdf
- Gaceta Municipal (2018) Acuerdo por el cual se aprueba la Modificación del “Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal”
- Haines-Young, R. y Potschin, M. (2012) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4. EEA Framework.
- Hewitt, J.A., y Hanemann, M. (1995) A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate pricing. *Land Economics*. 71(2). 173-192.
- INEGI (2010) Volumen y crecimiento. Población total según tamaño de localidad para cada entidad federativa, 2010.
- ICMM IUCN, 2012. Independent report on biodiversity offsets. Prepared by The Biodiversity Consultancy. www.icmm.com/biodiversity-offsets
- Iracheta, A., y Bolio, J. (2012) Mérida metropolitana. Una propuesta integral para su desarrollo. Fundación Plan Estratégico de Mérida.
- Jaramillo-Mosqueira, Luis (2005). “Evaluación Econométrica de la Demandade Agua de Uso Residencial en México”, *El Trimestre Económico*, Vol. 72, No. 286(2), pp. 367-390.
- Lindhjem, H y Tuan T (2012) Valuation of species and nature conservation in Asia and Oceania: a meta-analysis. *Environ Econ Policy Stud* 14:1–22

- López Santillán, R. et al., (2014) Crecimiento urbano y cambio social: escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida. Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales. UNAM.
- Mas, J., Lemoine Rodríguez, R., González, R., López Sánchez, J., Piña Garduño, A. and Herrera Flores, E. (2017). Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes de percepción remota. *Madera y Bosques*, 23(2), p.119.
- Medina, Carlos & Morales, Leonardo (2007). “Demanda por Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia y Subsidios: Implicaciones sobre el Bienestar”, Borradores de Economía, No. 467. Banco de la República, Colombia
- Mendizabal, C., Malky, A. Y Bruner, A (2019) Optimización de tarifas de ingreso en áreas protegidas de Bolivia. Conservation Strategy Fund. Documento de Trabajo.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC.: Island Press.
- Ministerio del Ambiente (2015) *Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural*. Perú. MA – GIZ.
- Mitchell, R. y R. T. Carson (2013). *Using Surveys to Value Public Goods*. Routledge.
- OECD (2007) *Assessing Environmental Policies - Policy Brief*. OECD. pp.3,4.
- Olander, L., Johnston, R.J., Tallis, H., Kagan, J., Maguire, L., Polasky, S., Urban, D., Boyd, J., Wainger, L. y Palmer, M. (2015) *Best Practices for Integrating Ecosystem Services into Federal Decision Making*. Durham: National Ecosystem Services Partnership, Duke University.
- Polasky, S. (2012) *Valuing Nature: Economics, Ecosystems Services, and Decision-Making*. En *Measuring Nature Balance Sheet of 2011 Ecosystem Services Seminar Series*. Palo Alto: Gordon and Betty Moore Foundation.
- Roesch-McNally, G.E, y Rabotyagov, S.S. (2016) *Paying for Forest Ecosystem Services: Voluntary Versus Mandatory Payments*. *Environmental Management* 57:585–600
- Ruiz-Sandoval, D., Arana-Coronado, J.J., Godbout, S., Sandoval-Salas, F., y Brambila-Paz, J. (2019) *Economic valuation of three ecosystem services before the establishment of a greenbelt of Quebec City forest, Canada*. *Revista Chapingo*. 25(1). 3-15.

Sutherland, G., 2009. Voluntary Biodiversity Offsets: Improving the environmental management toolbox. Cortex Consultants Inc.

TBC (The Biodiversity Consultancy), 2013. Government Policies on Biodiversity Offsets. The Biodiversity Consultancy. www.thebiodiversityconsultancy.com

Vásquez, F., Cerda, A., Orrego, S. (2007) Valoración Económica del Ambiente. Buenos Aires, Thomson editores, 2007

Vieyra, A y Larrazabal, A. (2014) Urbanización, Sociedad y Ambiente. Experiencias en Ciudades Medias. CIGA-UNAM.

ANEXO 1. ZONAS PRIMARIAS Y SUPERFICIES DESGLOSADAS

TABLA A.1.. ZONAS PRIMARIAS Y SUPERFICIES DESGLOSADAS

Zonas Primarias	ZCO	ZCR	ZRS	ZRN
Unidades espaciales				
Superficie total ¹	16,267 has	18,909 has	16,498 has	24,452 has
Área Urbanizada por Asentamientos Humanos	16,267 has	6,391 has	1,426 has	688 has
Usos extractivos ²	35 has	66 has	283 has	0 has ⁶
Áreas con Densidad Programada	322 has	3,895 has	240 has	0 has ⁶
Área Urbanizable	1,289 has ⁷	8,493 has ⁸	367 has ⁹	432 has ⁹
Zona de Preservación Ecológica SEMARNAT ³	NA	64 has	NA	NA
Área de Cactáceas ³	NA	NA	48 has	28 has

Zonas Primarias	ZCO	ZCR	ZRS	ZRN
Unidades espaciales				
Suelo en condiciones físico-naturales ⁴	NA	NA	14,134 has	23,304 has
Centros de Población ⁵				
Superficie en Centros de Población	NA	NA	969 has	904 has
Área Urbanizada por Asentamientos Humanos	NA	NA	602 has	472 has
Área Urbanizable	NA	NA	367 has ⁹	432 has ⁹

Elaboración: IMPLAN Mérida, 2017.

Notas:

has = hectáreas

¹ Incluye información de toda la superficie al interior de la jurisdicción territorial del Municipio de Mérida, incluyendo los Centros de Población y excluyendo la información en las ANPs.

² Bancos de materiales.

³ Áreas no Urbanizables por características ecológicas y ambientales.

⁴ Superficie no ocupada por Asentamientos Humanos o actividades económicas y sin programación urbanística al 2040 como Áreas con Densidad Programada y/o Área Urbanizable.

⁵ Incluye sólo información de los Centros de Población de la Zona 3 (ZRS) y Zona 4 (ZRN).

⁶ Los valores son menores a una hectárea.

⁷ Predios baldíos intraurbanos.

⁸ Áreas no urbanizadas al interior de la Zona 2 (ZCR) con susceptibilidad a convertirse en suelo urbano al 2040.

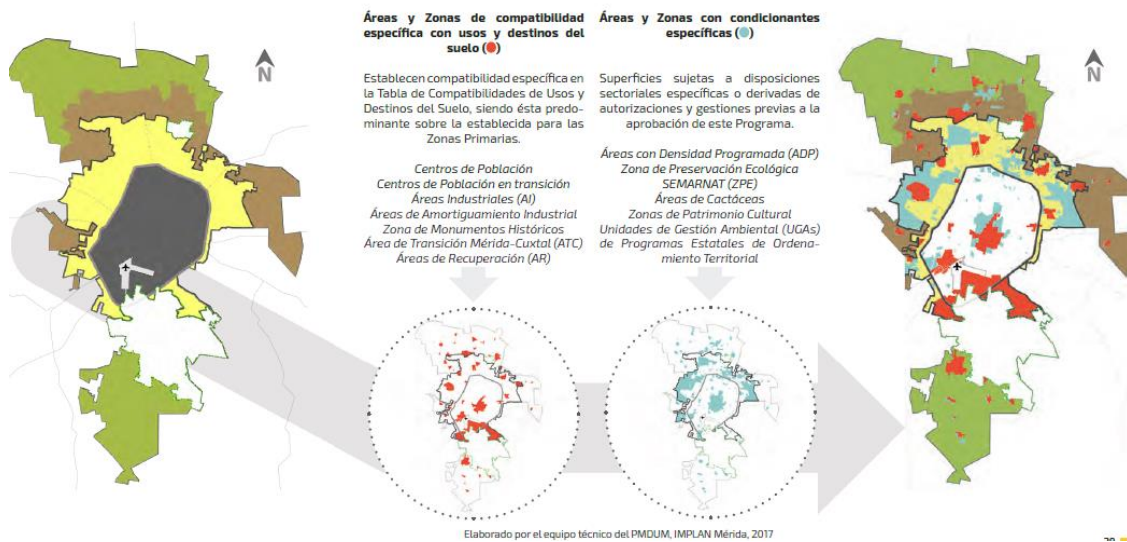
⁹ Áreas no urbanizadas al interior de los Centros de Población de la Zona 3 (ZRS) y Zona 4 (ZRN), con susceptibilidad a convertirse en suelo urbano al 2040.

TABLA A.2.. ÁREAS DE SALVAGUARDA

Restricción	Valores y descripción	Fuente de referencia
Cenotes, grutas y/o cuevas	<ul style="list-style-type: none"> 100 metros alrededor para ubicar espacios para realizar necesidades fisiológicas en el caso de no contar con servicio sanitario, partiendo de la boca de un cenote. 	Reglamento de Cenotes, Cuevas y Pozos Comunitarios del Municipio de Mérida
	<p>Partiendo de la boca del cenote, gruta o cueva:</p> <ul style="list-style-type: none"> 75 metros alrededor para ubicar bebederos y corrales en Usos Agropecuarios. 75 metros alrededor para ubicar biodigestores especiales en Usos Agropecuarios. 75 metros alrededor para aplicar y almacenar pesticidas, herbicidas o cualquier otro químico no biodegradable en Usos Agropecuarios. 50 metros alrededor para ubicación de construcciones. 75 metros alrededor para localizar servicios sanitarios. 1000 m Granjas o empresas 	Reglamento de la Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán
Cuerpo de Agua	<ul style="list-style-type: none"> No se permiten construcciones a 20 metros 	POETY, 2007
Sitios arqueológicos	<ul style="list-style-type: none"> 5,000 metros alrededor para ubicar bancos de materiales desde el borde del predio 	Propuesta SEDUMA
Zona de captación de agua	<ul style="list-style-type: none"> 10,000 metros alrededor para ubicar bancos de materiales desde el borde del predio 	

Fuente: IMPLAN, 2017

FIGURA A.1. DIAGRAMA DE INTEGRACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN PRIMARIA.



Fuente: IMPLAN Mérida, 2017

ANEXO 2 - LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE (LGDFS)

En México, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) es la guía que proporciona los lineamientos para la compensación forestal, estableciendo que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), es la entidad responsable para autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales. Los interesados en el cambio de uso de suelo deberán de depositar un monto al Fondo Forestal Mexicano (FFM), para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación, restauración y su mantenimiento.

De acuerdo al reglamento de la LGDFS, el monto económico de la compensación ambiental es determinado por la SEMARNAT según los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, establecidos a través de los costos de referencia para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, establecidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (CONAFOR, 2014). Los criterios que se consideran incluyen el tipo de ecosistema, estado de conservación de la vegetación, presencia de flora o fauna silvestres, servicios ambientales que se afectan, etc. Los criterios se muestran en la Tabla X. Dependiendo del puntaje obtenido por el proyecto, el desarrollador deberá de compensar un número definido de hectáreas como se muestra en la Tabla X según los niveles de equivalencia por unidad de superficie.

TABLA A.3.. CRITERIOS TÉCNICOS APLICABLES EN LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EQUIVALENCIA PARA LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL - SEMARNAT

I. TIPO DE ECOSISTEMA	PUNTOS
a. Semiárido, trópico seco	1
b. Humedales sin mangle, templado frío, excepto bosque mesófilo de montaña, trópico húmedo, excepto selva alta perennifolia	3
c. Humedales con mangle, vegetación de galería, bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia	5
II. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN	
a. Vegetación secundaria en proceso de degradación	1
b. Vegetación secundaria en proceso de recuperación o en buen estado de conservación	2

c. Vegetación primaria en proceso de degradación	3
d. Vegetación primaria en proceso de recuperación o en buen estado de conservación	4
III. PRESENCIA DE ESPECIES DE FLORA O FAUNA SILVESTRE LISTADAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO DE ACUERDO CON LA NOM-59-SEMARNAT-2001	
a. Sujetas a protección especial	1
b. Amenazadas	2
c. En peligro de extinción	3
* Si cualquiera de las especies presentes es endémica se suma un punto adicional	(+1)
IV. SERVICIOS AMBIENTALES ESTABLECIDOS EN LA LGDFS QUE SE AFECTAN	
a. Cuando se dejen de prestar hasta cuatro servicios ambientales	1
b. Cuando se dejen de prestar más de cuatro servicios ambientales	2
V. PRESENCIA DEL PROYECTO EN ÁREAS DE CONSERVACIÓN	
a. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's) o Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's)	1
b. Áreas Naturales Protegidas de carácter municipal, estatal o federal consideradas como de aprovechamiento restringido	2
c. Áreas Naturales Protegidas de carácter municipal, estatal o federal consideradas como de conservación o protección	3
VI. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD U OBRA	
a. Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	1
b. Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	2
c. Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	3
d. Trazo lineal que implique el confinamiento del área	4
VII. AFECTACIÓN A LOS RECURSOS SUELO/VEGETACIÓN	
a. Afectación de la vegetación de manera temporal	1
b. Afectación de la vegetación de manera permanente	2
c. Afectación de la vegetación con sellamiento del suelo	3

VIII. BENEFICIO	
a. Ambiental	0
b. Social	1
c. Particular	2

Fuente: CONAFOR, 2014

TABLA A.4. NIVELES DE EQUIVALENCIA POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Niveles de equivalencia por unidad de superficie	
Puntaje obtenido por la aplicación de los criterios técnicos	Nivel de equivalencia de compensación por hectárea afectada
6	1 : 1.3
14	1 : 3.0
20	1 : 4.4
27	1 : 6.0

Las actividades de compensación las lleva a cabo la CONAFOR a través de convenios de colaboración. El Fondo Forestal Mexicano en mecanismo financiero a través del cual se canalizan los recursos para llevar a cabo las actividades correspondientes.

ANEXO 3 – DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL MÉTODO DE VALORACIÓN

El experimento de elección sigue el modelo de utilidad aleatoria (*Random Utility Model - RUM*), en el que un individuo i elige una alternativa j en lugar de otras j' si la utilidad de j es mayor que la utilidad de j' (Louviere et al., 2000).

La utilidad de un individuo i asociado con la alternativa j es:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, J, \quad (1)$$

Donde V_{ij} es la parte determinista de la función de utilidad, que puede explicarse por las variables recopiladas por el investigador, y ε_{ij} es un componente no observado (aleatorio) de la utilidad. La probabilidad de elegir la alternativa j sobre la otra j' está relacionada con la utilidad de j que es mayor que la utilidad de j' :

$$\begin{aligned} P(U_{ij} > U_{ij'}) &= P(V_{ij} + \varepsilon_{ij} > V_{ij'} + \varepsilon_{ij'}) \quad (2) \\ &= P(\varepsilon_{ij'} - \varepsilon_{ij} < V_{ij} - V_{ij'}) \end{aligned}$$

Esta ecuación muestra la idea básica del modelo, que la utilidad de j será mayor que la de j' si la diferencia en los parámetros de utilidad no observados es menor que la diferencia en los parámetros de utilidad observados. La utilidad observada V es capturada por las variables incluidas en el modelo, mientras que el término ε describe factores no predichos por el modelo, que pueden afectar las elecciones de los participantes pero que no se refieren a las cualidades utilizadas para describir los escenarios.

El modelo de Logit condicional se obtiene suponiendo que los parámetros de utilidad no observados ε se distribuyen de forma idéntica e independiente (IID) de acuerdo con una distribución de Gumbel (también llamada valor extremo de tipo I). Esta distribución es apropiada para el enfoque de utilidad aleatoria, ya que la diferencia entre dos variables del tipo de valor extremo está distribuida logísticamente (Train, 2009).

La probabilidad de elección es la integral del producto de una distribución acumulativa de P / ε_{ij} sobre todos los valores de ε_{ij} . Después de algunas transformaciones matemáticas, la probabilidad de elección logística está dada por la siguiente ecuación: (Haab y McConnell, 2002).

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{j'=1}^J \exp(V_{ij'})} \quad (3)$$

La ecuación 3 muestra el vínculo definitivo entre la utilidad individual y la probabilidad de observar al individuo i eligiendo la alternativa j sobre j' .

Este estudio utiliza el modelo Logit condicional para estimar los efectos de los atributos que componen la fórmula de equivalencia ecológica. En este caso, β_k representa la utilidad marginal de un atributo, que se describe mediante la variable X_k .

$$V_{ij} = \sum_{k=1}^k \beta_{jk} X_{ijk} \quad (4)$$

El factor de conversión (F_k) para un cambio en un atributo k es igual a la tasa marginal de sustitución entre el parámetro β_k de un atributo y la utilidad marginal del área, dada por el parámetro del atributo de área restaurada.

El concepto utilizado para calcular los niveles de equivalencia ecológica es el de la tasa marginal de reemplazo, un concepto económico que mide el número de unidades de un bien Y que cedería por unidad de un bien X , manteniendo así el nivel de satisfacción (utilidad) constante. En este caso, es la tasa la que mantiene la equivalencia ecológica es una relación entre los parámetros de calidad ecológica y el parámetro de área restaurada.

$$TMR = \Delta V_x / \Delta V_y \quad (6)$$

ANEXO 4 - RESULTADOS ESTADÍSTICOS

El modelo estadístico llamado “conditional logit”, que relaciona los patrones de elección (probabilidades de elección) con la importancia relativa de los criterios generó los siguientes resultados:

Criterio	Coef.	Std. Err.	z	P>z
Cuxtal	1.557	0.334	4.670	0.000
Otras_ANP	0.209	0.266	0.790	0.431
Veg. Rara	0.910	0.219	4.160	0.000
Flora_catalog	1.404	0.203	6.910	0.000
Fauna_catalog	1.022	0.226	4.510	0.000
Bio alta	1.027	0.222	4.630	0.000
Bio baja	- 1.282	0.252	- 5.080	0.000
Edad20	0.865	0.188	4.610	0.000
Edad30	1.726	0.250	6.900	0.000
Temporal	0.443	0.237	1.870	0.062
Perm_con_sella	- 0.885	0.227	- 3.890	0.000
Lineal_con_barda	- 1.146	0.348	- 3.290	0.001
Lineal_sin_barda	- 0.631	0.284	- 2.220	0.026
Poligonal_bard	- 1.044	0.332	- 3.150	0.002
Compensacion	0.205	0.046	4.470	0.000

- Log likelihood = -500.1
- Number of obs = 1774
- Wald chi2(16) = 171.49
- Pseudo R2 = 0.1857
- Prob > chi2 = 0.000

Para todas las variables categóricas, los niveles base de cada criterio no aparecen explícitamente en el modelo. Por ejemplo, para “edad del ecosistema”, su nivel base es “Edad 10”, que no aparece en los resultados, pues su coeficiente es, por definición, igual a cero, y las demás categorías (edad 20 y edad 30) representan la diferencia de valor en comparación al nivel base.

El modelo tuvo un buen ajuste, y casi todas las variables fueron significativas (“P>z” < 0.05 o <0.1), es decir, tuvieron una influencia estadísticamente considerable en las elecciones de los participantes, y así, en el valor ecológico de los criterios. La única variable no significativa fue “Otras ANP”. Es decir, aunque fue atribuido mayor valor a la mayor ANP (Cuxtal), que tiene importancia adicional, por ejemplo, en términos de captación de agua, “otras ANP”, como Dzibilchaltun, no fueron percibidas como teniendo un valor significativamente diferenciado en comparación a otras áreas con la misma vegetación, pero fuera de ANP. Por una cuestión del

tamaño del muestreo y heterogeneidad de percepción de los participantes, el puntaje para el criterio de ubicación en “Otras ANP” no fue “estadísticamente diferente de cero”. Sin embargo, si se utiliza un nivel de significancia menos restrictivo, el puntaje de este nivel sería igual a 1.1

Con base en los coeficientes calculados, estos fueron traducidos para el puntaje de compensación como la proporción entre los coeficientes de medias (ΔV_x) de los criterios y el coeficiente del criterio “compensación” (ΔV_y), que evalúa la sensibilidad entre característica cualitativas y cuantitativas (área variable de **restauración** utilizada como compensación).

$$TMR = \Delta V_x / \Delta V_y$$

ANEXO 5 – EXPERTOS CONSULTADOS PARA LA DEFINICIÓN DE LAS PONDERACIONES

Nombre	Institución
Adriana García	UDS
Alexia Lizarraga Quintero	Kanan Kab Protección del Mundo A.C
Andres Cruces Casellas	DIMYGEN-CEGES
Andrés Rojo	GIZ
Cinthia Gadd	Ayuntamiento de Mérida UDS
David Burgos	Ayuntamiento de Mérida - UDS
Diana Karen Raya Herrera	SDS
Eugenia Correa Arce	Unidad de Desarrollo Sustentable
Gerardo Garcia Gil	UADY
Javier Enrique Sosa Escalante	Grupo DIMYGEN-CEGES
John Ehrenberg	Arboretum
Karla Rodriguez Medina	Unidad de Desarrollo Sustentable
Leticia Roche	UDS
Leticia Torres M. E.	ESC ARQ. UNIVERSIDAD MODELO
Lia Arcila	OPMD Reserva Cuxtal
Lucero Márquez	Ayunt Mérida, Unidad de Desarrollo Sustentable
Manuel Jesus Parra Rubio	IMDUT
Margarita Negrete Morales	IMPLAN
Norka Iugo	Universidad modelo
Rodrigo Migoya von Bertrab	Niños y Crías AC
Sandra García P	Reserva Cuxtal
Seidy Acosta	Desarrollo Urbano
Sigfredo Escalante	CICY

ANEXO 6 – EJEMPLO DE USO DE TABLAS DE COMPENSACIÓN

La compensación ambiental total es dada por la fórmula:

$$CA = (Po) (CR) (S)$$

Donde:

CA= Valor de Compensación ambiental

Po = Puntuación obtenida (tasa de compensación)

CR = Costo de Referencia de Restauración (\$23,246)

S= Superficie por afectar (# hectáreas)

$$Po = 1 + \Sigma \text{ criterios (suma del puntaje de todos los criterios)}$$

Cada criterio debe tener 1 solo valor.

Criterio	Niveles	Puntaje	Valor por atributo (MN)	Valor (US\$)
ANP (Zona de reserva de agua o biodiversidad)	ANP Cuxial	7.6	176,439	8,116
	Otras ANP: ej. Dzibichaltun	1.1	25,570	1,176
	Resto	0.0	-	-
Edad del ecosistema	> 30 años	8.4	195,602	8,998
	10 < años < 30 años	4.2	97,971	4,507
	<10 años	0.0	-	-
Rareza de vegetación	Selva baja	0.0	-	-
	Selva con asociación de cactáceas	4.4	103,111	4,743
Biodiversidad de flora	Alta	5.0	116,345	5,352
	Media	0.0	-	-
	Baja	-6.3	-145,313	-6,684
Presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059	Presencia	6.8	159,097	7,318
	Ausencia	0.0	-	-
Presencia de especies de fauna catalogadas en la NOM-069	Presencia	5.0	115,788	5,326
	Ausencia	0.0	-	-
Características de la actividad u obra	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	3.1	71,501	3,289
	Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	0.0	-	-
	Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	5.1	118,306	5,442
	Trazo lineal que implique el confinamiento del área	5.6	129,859	5,974
	Temporal	-2.2	-50,185	-2,309
	Permanente con sellamiento	0.0	-	-
Afectación a los recursos suelo/vegetación	Permanente con sellamiento	4.3	100,254	4,612

La compensación ambiental total es dada por la fórmula:

$$CA = (Po) (CR) (S)$$

Donde:

- CA= Valor de Compensación ambiental
 - Po = Puntuación obtenida (tasa de compensación)
 - CR = Costo de Referencia de Restauración (\$23,246)
 - S= Superficie por afectar (# hectáreas)
- $Po = 1 + \sum$ criterios (suma del puntaje de todos los criterios)
 - $1 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1$

Nivel Mínimo	
Fuera de ANP	0.0
No Rara	0.0
Flora normal	0.0
Fauna normal	0.0
Bio Media	0.0
Veg <10	0.0
Poligonal sin barda	0.0
Permanente sin sellamiento	0.0
Tasa de Compensación	1.0
Pesos/ha	23,246
Dolares/ha	1,069

Criterio	Niveles	Puntaje	Valor por atributo (MN)	Valor (US\$)
ANP (Zona de reserva de agua o biodiversidad)	ANP Cuxtal	7.6	176,439	8,116
	Otras ANP: ej. Dzibichaltun	1.1	25,570	1,176
	Resto	0.0	-	-
Edad del ecosistema	> 30 años	8.4	195,602	8,998
	10 < años < 30 años	4.2	97,971	4,507
	<10 años	0.0	-	-
Rareza de vegetación	Selva baja	0.0	-	-
	Selva con asociación de cactáceas	4.4	103,111	4,743
	Alla	5.0	116,345	5,352
Biodiversidad de flora	Media	0.0	-	-
	Baja	-6.3	- 145,313	- 6,684
	Presencia	6.8	159,097	7,318
Presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059	Ausencia	0.0	-	-
	Presencia	5.0	115,788	5,326
	Ausencia	0.0	-	-
Características de la actividad u obra	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	3.1	71,501	3,289
	Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	0.0	-	-
	Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	5.1	118,306	5,442
Afectación a los recursos suelo/vegetación	Trazo lineal que implique el confinamiento del área	5.6	129,859	5,974
	Temporal	-2.2	- 50,185	- 2,309
	Permanente sin sellamiento	0.0	-	-
Permanente con sellamiento	4.3	100,254	4,612	

La compensación ambiental total es dada por la fórmula:

$$CA = (Po) (CR) (S)$$

Donde:

- **CA**= Valor de Compensación ambiental
- **Po** = Puntuación obtenida (tasa de compensación)
- **CR** = Costo de Referencia de Restauración (\$23,246)
- **S**= Superficie por afectar (# hectáreas)
- **Po** = 1 + Σ criterios (suma del puntaje de todos los criterios)
- 1 + 5.0 + 4.2 - 2.2 = **8.1**

Combinación 2	
Fuera de ANP	0
No Rara	0
Flora normal	0
Fauna normal	0
Bio Alta	5.0
Veg 20	4.2
Poliagonal sin barda	0
Temporal	-2.2
Tasa de Compensación	8.1
Pesos/ha	187,377
Dolares/ha	8,619

Criterio	Niveles	Puntaje	Valor por atributo (MN)	Valor (US\$)
ANP (Zona de reserva de agua o biodiversidad)	ANP Cuxtal	7.6	176,439	8,116
	Otras ANP: ej: Dzibilchaltun	1.1	25,570	1,176
	Resto	0.0	-	-
Edad del ecosistema	> 30años	8.4	195,602	8,998
	10 < años < 30años	4.2	97,971	4,507
	<10 años	0.0	-	-
Rareza de vegetación	Selva baja	0.0	-	-
	Selva con asociación de cactaceas	4.4	103,111	4,743
	Alta	5.0	116,345	5,352
Biodiversidad de flora	Media	0.0	-	-
	Baja	-6.3	-145,313	-6,684
	Presencia	6.8	159,097	7,318
Presencia de especies de flora catalogadas en la NOM-059	Ausencia	0.0	-	-
	Presencia	5.0	115,788	5,326
	Ausencia	0.0	-	-
Características de la actividad u obra	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	3.1	71,501	3,289
	Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	0.0	-	-
	Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	5.1	118,306	5,442
	Trazo lineal que implique el confinamiento del área	5.6	129,859	5,974
	Temporal	-2.2	-50,185	-2,309
	Permanente sin sellamiento	0.0	-	-
Afectación a los recursos suelo/vegetación	Permanente con sellamiento	4.3	100,254	4,612

La compensación ambiental total es dada por la fórmula:

$$CA = (Po) (CR) (S)$$

Donde:

- CA= Valor de Compensación ambiental
- Po = Puntuación obtenida (tasa de compensación)
- CR = Costo de Referencia de Restauración (\$23,246)
- S= Superficie por afectar (# hectáreas)
- Po = 1 + Σ criterios (suma del puntaje de todos los criterios)
 - 1 + 7.6 + 4.4 + 4.2 = 17.2

Combinación 3	
Cuxtal	7.6
Rara	4.4
Flora normal	0
Fauna normal	0
Bio Media	0.0
Veg 20	4.2
Poligonal sin barda	0
Permanente sin sellamiento	0.0
Tasa de Compensación	17.2
Pesos/ha	400,767
Dolares/ha	18,435