



**Valoración económica de los
servicios ecosistémicos de los
humedales de montaña
La Kisst y María Eugenia,
San Cristóbal de las Casas,
Chiapas**



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO

Valoración económica de los servicios ecosistémicos de los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia, San Cristóbal de las Casas, Chiapas

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Directorio

Dr. Agustín Ávila Romero

Encargado del Despacho de la Dirección General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Dra. Margarita Caso Chávez

Coordinadora General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología

ELABORACIÓN

Mtra. María del Pilar Salazar Vargas

Directora de Economía Ambiental y de Recursos Naturales

Lic. Aram Rodríguez de los Santos

Subdirector de Instrumentos Económicos para el Crecimiento Verde

Mtra. Cruz Arcelia Tánori Villa

Subdirectora de Vulnerabilidad Socioambiental y Adaptación

M.C. Martha Pérez Méndez

Profesional Ejecutivo

Lic. Lucero Adriana Alva Solís

Profesional Ejecutivo

Forma de citar:

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2022. Valoración económica de los servicios ecosistémicos de los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, (INECC), México Pp. 20

Imagen de portada: Cortesía de Lucero Alva

D.R. © 2022 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Boulevard Adolfo Ruíz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México, C.P. 14210.

<https://www.gob.mx/inecc>

Índice

Antecedentes	5
Alcance y metodología del análisis	10
Análisis económico	
Provisión de agua a la población de San Cristóbal	11
Calidad de agua afectada por fosfato, coliformes fecales y sólidos disueltos	13
Control de inundaciones y arrastre de sedimentos	15
Captura y almacenamiento de carbono	18
Potencial de servicios de recreación	19
Análisis cualitativo	
Especies endémicas catalogadas de protección especial	20
Derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua, al saneamiento y a la vivienda	22
Resumen de resultados y conclusiones	23
Referencias	24

Antecedentes

San Cristóbal de Las Casas es una de las cinco ciudades más importantes del Estado de Chiapas en los aspectos económicos, políticos, culturales y sociales al ser el centro de la región Altos de Chiapas caracterizada por presentar la mayor marginación del Estado y a la par, la mayor diversidad cultural.

Esto aunado a la importancia de tipo histórico de la ciudad de San Cristóbal, que es una ciudad mestiza en medio de un territorio indígena cuya población es cada vez más importante no solo en términos demográficos y territoriales, sino sociales, económicos y políticos, y al mismo tiempo confluyen habitantes y visitantes de todo el mundo, lo que le da un carácter de pueblo universal y mágico por su multiculturalidad, patrimonio edificado y entorno natural.

Respecto al entorno natural, los humedales de montaña de San Cristóbal de Las Casas son ecosistemas localizados en suelos inundados de forma permanente o temporal, y alimentados por manantiales y arroyos de la cuenca. Estos se conocen como humedales de montaña por encontrarse a una altitud de 2000 msnm, lo que los hace especiales, ya que son pocos los que existen en estas altitudes (Gobierno del Estado de Chiapas, 2022). En estos humedales de montaña ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción de importancia para la existencia y supervivencia de las diferentes especies de peces, aves, anfibios y mamíferos.

Los humedales cumplen con funciones ecológicas fundamentales para la provisión de diferentes tipos de ecosistemas que contribuyen al bienestar humano, por lo cual, algunos grupos que viven cerca de estos y que son dependientes de estos servicios, se ven directamente afectados cuando estos son degradados (Evaluación de los Ecosistemas del milenio, 2005). Algunos servicios ecosistémicos de acuerdo con su clasificación son:



Tabla 1. Servicios ecosistémicos que proveen los humedales

Tipo de servicio	Ejemplo
De aprovisionamiento	
Alimento	Producción de pescados, camarones, cangrejos, caracoles, etc., caza, frutas y granos. Además, el mantenimiento de la biodiversidad natural de especies de aves, reptiles y otros organismos que tienen un papel fundamental en el control biológico de plagas
Agua dulce	Almacenamiento y retención de agua; purificación y detoxificación de desechos. Abastecimiento de agua entubada o potable para la ciudadanía de San Cristóbal de las Casas.
Fibra y combustible	Producción de troncos, leña, turba, forraje
Bioquímicos	Extracción de compuestos bioquímicos para la producción de medicamentos y otros productos.
Materiales genéticos	Genes para la resistencia a patógenos de plantas, especies ornamentales, etc.
De regulación	
Regulación del clima	Fuente y sumidero de gases de efecto invernadero; a nivel local y regional influyen sobre la temperatura, la precipitación y otros procesos climáticos. Participan en la regulación de gases de la atmósfera y del clima (temperatura, precipitación y otros procesos).
Regulación del agua (flujos hidrológicos)	Recarga y descarga de agua subterráneas. Permiten la infiltración de agua a importantes mantos freáticos y su almacenamiento en reservorios de agua subterránea
Purificación del agua, aire y tratamiento de residuos	Retención, recuperación y eliminación del exceso de nutrientes y otros contaminantes en agua, suelo y aire. Tratamiento y detoxificación de una variedad de desechos, como la reducción de la concentración de nitratos en más de un 80%.
Retención de suelo, regulación de desastres naturales	Control de inundaciones y protección contra las tormentas. Las llanuras inundables de los principales ríos actúan como depósitos naturales de almacenamiento, lo que permite que el exceso de agua desborde por una zona extensa, reduciendo con ello la profundidad y velocidad que adquieren las aguas. Ayudan a prevenir sequías e inundaciones. También Funcionan como bioindicadores por la vegetación propia que crece en este ecosistema de áreas de riesgo para la construcción de centros de población, al tratarse de terrenos inundables
Polinización	Hábitat para polinizadores



Culturales	
Espirituales y de inspiración	Para algunos grupos sociales los humedales tienen un significado espiritual o religioso
Recreativos	Zonas turísticas o dónde se pueden realizar actividades recreativas. Dentro de los humedales existen espacios donde se brinda este servicio ecosistémico y en beneficio de la población.
Estéticos	Valores estéticos en aspectos de los humedales. Muchas personas encuentran valor estético en aspectos de los ecosistemas de humedal
Educativos	Espacios para la educación formal y no formal o capacitaciones
De apoyo	
Formación de suelos	Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica
Ciclo de nutrientes	Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes

Fuente: Elaboración propia con datos de Evaluación de los Ecosistemas del milenio, 2005 y Gobierno del Estado de Chiapas, 2022.

La vegetación predominante se compone de pastos y manchones de tulares y se encuentra inmerso en la mancha urbana de la ciudad de San Cristóbal de las Casas. Los humedales de montaña de San Cristóbal se encuentran en estado crítico de degradación y agotamiento severo debido al crecimiento urbano insostenible y la contaminación, derivado de las actividades inherentes al uso del suelo habitacional, invasiones de áreas naturales, rellenos ilegales, cambios de uso de suelo y urbanización.

El humedal La Kisst se encuentra compuesto en su mayoría por pastos y manchones de tulares, en sus alrededores la vegetación original ha desaparecido para dar paso al establecimiento de centros habitacionales, siendo este humedal uno de los últimos refugios para las especies sujetas a alguna categoría de protección y endémicas con que cuenta el valle de San Cristóbal. La gran importancia de conservar esta zona radica, además de lo comentado, en que provee el 70% del agua potable que se distribuye a los habitantes de la ciudad de San Cristóbal de las Casas.

Aunado a esto, San Cristóbal de las Casas se encuentra dentro de los 1448 municipios más vulnerables del país; y según su clasificación las plantas forrajeras presentan un nivel alto de vulnerabilidad climática debido al estrés hídrico y la ganadería presenta un nivel medio por esta misma razón, de acuerdo con Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático del INECC (2022a). Respecto a las proyecciones del clima para los próximos años y las siguientes décadas, el municipio de San Cristóbal de las Casas presenta desde un alza de 1.04 grados centígrados respecto a su temperatura promedio actual para el periodo 2021-



2024 (SSP1 RCP 2.6), hasta de 5 grados para el período 2081 – 2100 (SSP5 RCP 8.5). A su vez, las precipitaciones podrían llegar a disminuir hasta un 15% en el largo plazo.

Actualmente se ha puesto en marcha una estrategia para la recuperación, restauración y conservación del hábitat crítico de los humedales de montaña la Kisst y María Eugenia, la cual aborda:

- Sitio Ramsar número 1787 Humedales de Montaña “La Kisst” con una superficie de 35.7 hectáreas
- Sitio Ramsar número 2045 Humedales de Montaña “María Eugenia” con una superficie de 85.95 hectáreas
- Zona sujeta a conservación ecológica conocida como Humedales de Montaña la KISST” 110-13-60 hectáreas (ciento diez hectáreas, trece áreas, sesenta centiáreas)
- Zona sujeta a conservación ecológica conocida como Humedales de Montaña “María Eugenia”, que comprende una superficie total de 115-21 hectáreas (ciento quince hectáreas, veintiún áreas)

De acuerdo con la información de los sitios Ramsar mencionados (IHNE, 2008 y 2010), el tipo de humedal predominante es el de pantanos, esteros o charcas¹. Estas zonas ascienden a un total de 347 hectáreas aproximadamente, de las cuales de acuerdo con el Acuerdo Secretarial para el establecimiento del hábitat crítico (Figura 1):

- 70% se dedicará a las áreas específicas de conservación prioritaria
- 4% de estas se dedicarán a las áreas específicas de uso sustentable
- 10% son de áreas de restricción urbana
- Se esperaría que 16% restante se asigne a áreas específicas de recuperación ambiental.

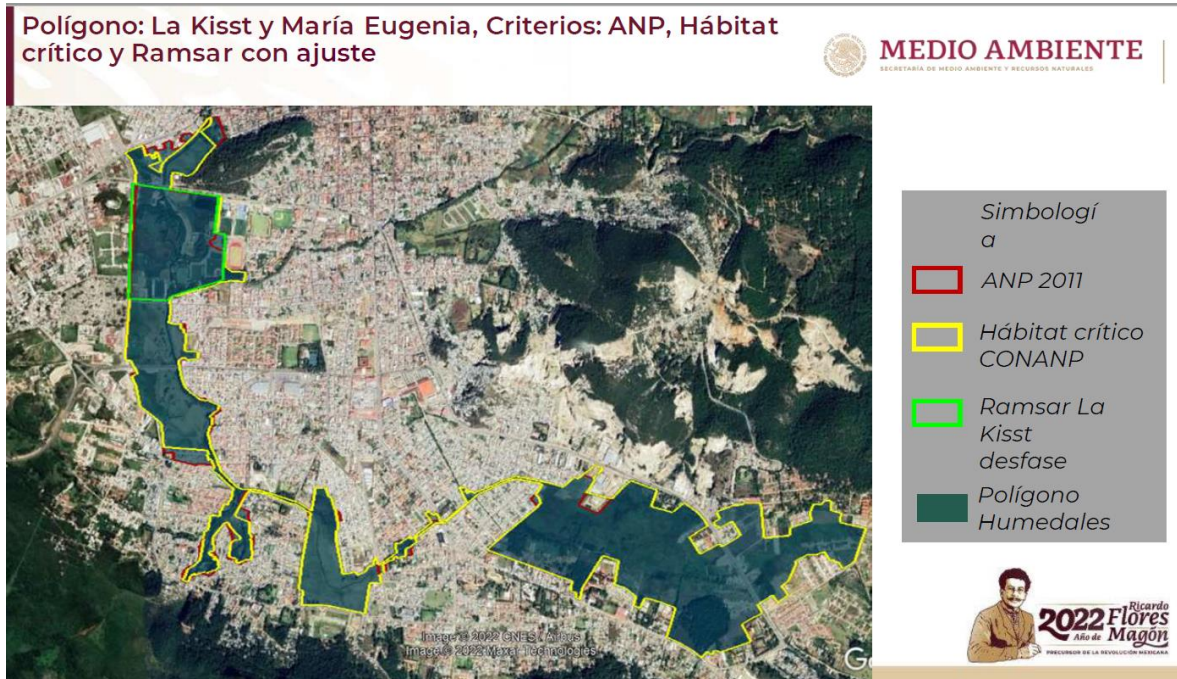
Por tanto, se estimarán las pérdidas potenciales de servicios ambientales para el 86% de las 347 hectáreas correspondientes a áreas de conservación y recuperación, las cuales ascienden a 298.42 hectáreas. Por otro lado, se estimará el valor de los servicios ecosistémicos para el 4%, es decir 13.87 hectáreas correspondiente a servicios de recreación, considerando turismo. El 10% de territorio de restricción urbana será analizado respecto a los riesgos de

¹ De acuerdo con las fichas RAMSAR, el tipo de humedal predominante son los de Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce; charcas (de menos de 8 ha) (Tp) y Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos (Ts).



inundaciones que presentan únicamente, debido a que corresponde a un área ya impactada y cuyas actividades competen al ámbito legal y judicial.

Figura 1. Polígono de atención



Fuente: INECC, 2022b.

Como parte de esta estrategia se prevé generar información que pueda contribuir a comprender tanto los beneficios económicos de su conservación como de los costos económicos de su degradación y pérdida. El propósito de este reporte consiste justamente en estimar los costos económicos que representaría una posible pérdida de servicios ecosistémicos provistos por estos humedales (Gobierno de Chiapas, 2010).



Alcance y metodología del análisis

En el caso de los servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas a menudo están subvalorados en comparación a los usos comerciales del suelo, lo que provoca su degradación y pérdida global, por lo que la valoración económica de los servicios ecosistémicos que ofrecen los ecosistemas es una herramienta que ofrece la ventaja de incluir el concepto de valor de los ecosistemas en los procesos de toma de decisiones políticas y, en este caso, en la gestión de los recursos.

La metodología general consistirá en la identificación de área impactada de cada servicio ecosistémico, reconocimiento de costos unitarios vía información secundaria a través de estudios de valoración económica de ecosistemas y/o servicios similares y estimación total de pérdidas por rubro de análisis de servicios ecosistémicos. De acuerdo con la literatura revisada, los servicios ecosistémicos que se encuentran en riesgo de agotamiento y degradación, los cuales se analizarán en este documento, son:

Servicios ecosistémicos analizados a partir de métodos de valoración económica

1. Provisión de agua a la población de San Cristóbal
2. Calidad del agua afectada por fosfato, coliformes fecales y sólidos disueltos
3. Control de inundaciones y arrastre de sedimentos
4. Captura y almacenamiento de carbono
5. Servicios de recreación y belleza escénica

Servicios ecosistémicos analizados cualitativamente

6. Especies endémicas catalogadas de protección especial
7. Derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua, al saneamiento y a la vivienda

Análisis económico

1. Provisión de agua a la población de San Cristóbal

Para el municipio de San Cristóbal de las Casas las principales fuentes de agua potable comprenden los acuíferos y los manantiales, que surgen del agua de lluvia que se infiltra sobre las laderas del cordón montañoso perteneciente al macizo volcánico Huitepec-Tzontehuitz (SAPAM, 2021).

El 70% del agua potable que se distribuye a los habitantes de la ciudad de San Cristóbal de las Casas proviene de la zona de humedales (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del Estado de Chiapas, 2010a y b; Flores, 2008). El humedal La Kriss proporciona agua a 14,000 usuarios del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal (SAPAM), cerca del 32.5%, mientras que el humedal María Eugenia alimenta a manantiales que SAPAM utiliza para abastecer agua a la zona sur de la ciudad.

En este municipio se ha presentado una crisis de agua que, como bien destaca el SAPAM, no está relacionada con el déficit sino por falta de infraestructura para su distribución y por la contaminación proveniente de las ciudades (Portal ambiental, 2022).

A continuación, se estiman los costos de reemplazo que ha tenido que asumir la población para suplir sus fuentes de agua por medio del servicio de pipas, así como el cálculo ante el escenario de agotamiento del 70%.

Costos actuales

El número de personas que no cuenta con agua entubada se ha mantenido relativamente constante entre 2000 y 2020. Sin embargo, aunque las viviendas cuentan con el servicio de agua entubada, algunas familias consideran conveniente hacer la compra de agua potable a través de pipas, cuyo número ha incrementado sobre todo en los últimos diez años, en casi 3 veces (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios sobre la disponibilidad de agua para el 2000, 2010 y 2020 para el municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas

Categorías	2000	2010	2020
Viviendas que no disponen de agua entubada	3,091	2,995	3,030
Viviendas que disponen de agua entubada	23,460	37,543	49,463
Viviendas que utilizan agua por medio de pipas	105	254	746

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2000); (2010); (2020).

Los desembolsos de las familias en compra de agua en pipas han ascendido de 4.2 millones de pesos (mdp) en 2010, a un aproximado de cerca de 18 mdp en 2020, considerando que mensualmente necesitaran alrededor de dos pipas (20,000 litros; Tabla 2).

Tabla 2. Estimación de los costos por la compra de pipas de agua potable para el municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas 2000-2020

Rubro de análisis	2000	2010	2020
No. de familias que obtienen agua potable por pipas	105	254	746
Consumo promedio diario de agua potable por persona (litros)	166.25	166.25	166.25
Integrantes por hogar en promedio (personas)	4.9	4.4	4.1
Consumo diario estimado de agua potable por familia (litros)	814.6	731.5	681.6
Estimación de duración de pipa de agua potable por hogar (días)	12.3	13.7	14.7
Costo de pipa de agua potable (pesos)	\$444	\$689	\$1,005
Monto mensual estimado para la compra de pipas de agua potable (pesos)	\$93,341	\$350,125	\$1,499,505
Monto anual estimado para la compra de pipa de agua potable (pesos)	\$1,120,090	\$4,201,495	\$17,994,057

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2000); (2010); (2020); BANXICO (2022); PROFECO (2021). Nota: Se consideró como base una pipa de agua potable de 10,000 litros.

Costos ante un escenario de agotamiento

De acuerdo con el SAPAM (2022), existen 42,967 tomas de agua en San Cristóbal de las Casas que consumen 10,690,000 de m³ al año, de los cuales 70% proviene de los humedales. Asimismo, de acuerdo con INEGI (2020), se tienen en promedio 4.1 habitantes por vivienda en San Cristóbal, por lo que puede asumirse que los humedales proveen 7,483,000 de m³ a 123,315 personas anualmente, es decir soportan el consumo diario de 166.25 litros por persona.

Suponiendo el agotamiento de esta fuente de provisión de recursos hídricos y que será sustituido por pipas traídas de comunidades cercanas, se traduce en un desembolso económico estimado de \$752 mdp al año (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación de los costos por la pérdida de provisión de agua desde los humedales de montaña para el municipio de San Cristóbal de las Casas en 2020

Rubro de cálculo	Valor
Habitantes que consumen agua de los humedales	123,315
Cantidad diaria de agua que proveen los humedales (litros)	20,501,370
No. de pipas diarias necesarias de 10,000 litros	2,050
Costo estimado diario de provisión de agua a través de pipas	\$2,060,250
Costo estimado anual de provisión de agua a través de pipas	\$751,991,250

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020); PROFECO (2021), Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del Estado de Chiapas (2010a y b), Flores (2008).

Nota: Se consideró como base una pipa de agua potable de 10,000 litros.

2. Calidad de agua afectada por fosfato, coliformes fecales y sólidos disueltos

Como se comentó, otra problemática importante es la contaminación del agua de los humedales. De acuerdo con el SAPAM de San Cristóbal de las Casas, una de las fuentes de abasto de agua potable para la ciudad es el manantial La Kist que provee el servicio a 76 colonias (SAPAM, 2022).

La región donde se ubica la cuenca de San Cristóbal de las Casas, con relación al resto del país, se caracteriza por ser una de las zonas con mayores rezagos en materia de servicios: los niveles de coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento son muy bajos y existe una degradación acelerada del medio ambiente; aunado a esto carece de planta de tratamiento de las aguas residuales (Benez, 2008).

A la fecha el municipio no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, además, la apertura de un canal de desagüe artificial permitió el escurrimiento de todas las aguas generadas por las zonas urbana y rural con diferentes tipos de contaminantes (Benez, 2008), lo que denota el problema de calidad del agua en la zona.

Los principales contaminantes antrópicos de los ríos de San Cristóbal de las Casas son: 1) bacterias coliformes ya que, al no existir una planta de tratamiento, las aguas residuales terminan en los ríos, 2) residuos sólidos por el mal manejo de la basura y 3) sólidos disueltos producto de la erosión del suelo proveniente de minas de grava y posiblemente de las laderas que han sido deforestadas (Chediack, 2018).

En ese sentido, se destaca la importancia de generar opciones de respuesta que permitan reducir la carga de contaminantes al recurso hídrico de la zona mediante, por ejemplo, una planta potabilizadora. Mediante los costos de mercado de infraestructura hídrica se busca estimar el costo de la instalación y operación de plantas potabilizadoras que tendrían que adquirirse para atender esta problemática.

De acuerdo con datos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX, 2020), en 2022 el costo de una planta potabilizadora asciende a \$65,000,000 pesos, con un gasto de 80 litros por segundo (l/s) o de 6,912,000 litros por día (l/día), y con costos de operación de \$1,000,000 pesos al año, que contemplan todos los gastos operativos, incluyendo los mantenimientos y reparaciones.

Como se ha mencionado, el consumo diario de agua proveniente de los humedales por las familias de San Cristóbal de las Casas asciende a 20.5 millones de litros al día. Es decir, que se necesitan al menos tres plantas potabilizadoras para proveer de agua potable a toda la población del municipio; lo que genera un costo de inversión de \$195 millones de pesos y un costo de mantenimiento anual por \$3 millones de pesos, es decir un desembolso en el primer año de \$198 millones de pesos (Tabla 4).

Tabla 4. Estimación de los costos por la instalación y mantenimiento de plantas potabilizadoras para el municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas dentro del periodo 2000-2020

Rubro de cálculo	Valor
Habitantes que consumen agua de los humedales	123,315
Agua provista al día por los humedales (l/día)	20,501,370
Caudal de planta potabilizadora al día (l/día)	6,912,000
Número de plantas potabilizadoras necesarias para abasto diario	3
Costo total de inversión para plantas potabilizadoras	\$195,000,000
Costo total por mantenimiento de plantas potabilizadoras	\$3,000,000

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020); (Chediack, 2018); Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del Estado de Chiapas (2010a y b); Flores (2008); SACMEX (2020). Nota: Se consideró como base una pipa de agua potable de 10,000 litros. Nota: Se recomienda validar estas estimaciones con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Este tipo de infraestructura permitirá en el mediano y largo plazo mejorar las condiciones de los humedales, coadyuvando a su recuperación natural, que permitirá mejorar el servicio ecosistémico de provisión de agua y garantizar que el efluente sea apto para la población.

3. Control de inundaciones y arrastre de sedimentos

Dentro de los valores hidrológicos que prestan los humedales alpinos o de montaña, se puede mencionar, que de manera natural regulan las condiciones climáticas, juegan un papel fundamental en el control de inundaciones, oxigenan el agua subterránea, mantiene los niveles de los mantos freáticos y funcionan como biofiltro de carbono (IHNE, 2008 y 2010). Este servicio resulta de vital importancia ante las reducciones del agua disponible de la zona tanto por temporadas de estiaje como por la sobreexplotación.

Los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia ayudan a la reducción del peligro de inundaciones y a la prevención de daños a las propiedades, infraestructuras o medios de vida en la zona, por lo que tomando en cuenta que respecto a las inundaciones a nivel urbano en San Cristóbal de las Casas, las zonas de los humedales y alrededores presentan una intensidad alta por desbordamiento de los ríos (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011), por lo que, el servicio ecosistémico que prestan de control de inundaciones resulta vital, y que

en caso de no existir los humedales, las pérdidas económicas que generan las inundaciones en el municipio podrían ser de una magnitud mayor a las ya observadas.

Después de 1994 se invadieron algunos terrenos federales donde se fueron rellenando los humedales remanentes que permitían recargar los mantos freáticos. Esto ha contribuido a que durante la temporada de lluvias las corrientes de agua fluyan con mayor fuerza y constituyan un elemento de amenaza que incrementa la vulnerabilidad y el riesgo para las colonias construidas en las márgenes de las corrientes fluviales. Los ríos se pueden desbordar en el Municipio de San Cristóbal de las Casas son: El Amarillo, Fogótico y el Chamula, así como sus afluentes Navajuelos, La Albarrada y Mercaltos (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011).

Con el fin de determinar la posible pérdida del servicio de control de inundaciones, se retomaron valores de referencia² de los lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales, de Groot, et al (2007). De acuerdo con estos valores y las áreas destinadas y la conservación y recuperación ambiental, el valor asociado a los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia, que asciende a \$26.9 millones de pesos anuales por el servicio de control de inundaciones (Tabla 5).

Tabla 5. Valor del servicio ecosistémico de control de inundaciones en área de conservación y recuperación ambiental

Valor económico unitario	Área destinada a conservación y recuperación ambiental	Estimación total del valor del servicio ecosistémico	
\$4,539 dólares ha/año	298.42 ha	\$1,354,528.38 dólares anuales	\$26,887,388.34 pesos anuales

Riesgo de inundaciones en zona invadida. Suponiendo que el 10% correspondiente a áreas de restricción urbana, en la que se espera recuperar, desocupar o desalojar, con lo que, posterior a una restauración, podría

² Se considera el Valor Económico Total (VET) del servicio ecosistémico de control de inundaciones, el cual deriva de valores mundiales medios que provienen de dos estudios de síntesis: Schuijt y Brander, 2004 (calibrados para 2000), y Costanza y otros, 1997 (calibrados para 1994) que en conjunto cubren más de 200 estudios de caso y que se reportan en Groot, et al (2007).

recuperarse cuando menos parcialmente el servicio de control de inundaciones (Tabla 6).

Tabla 6. Valor del servicio ecosistémico de control de inundaciones en área invadida

Valor económico unitario	Área invadida	Estimación total del valor del servicio ecosistémico	
\$4,539 dólares ha/año	34.7 ha	\$157,503.30 dólares anuales	\$3,126,440.51 pesos anuales

Fuente: Elaboración propia.

Riesgo de inundaciones en colonias bajo áreas inundables. De acuerdo con el Atlas de Riesgo Naturales del Municipio de San Cristóbal de las Casas, hasta 2011 al menos 48 colonias se encuentran en riesgo de inundación, el área inundable es de 420 hectáreas (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011) (Tabla 7).

Tabla 7. Valor del servicio ecosistémico de control de inundaciones en áreas inundables externas

Valor económico unitario	Áreas inundables externas	Estimación total del valor del servicio ecosistémico	
\$4,539 dólares ha/año	420 ha	\$1,906,380 dólares anuales	\$37,841,643.00 pesos anuales

Fuente: Elaboración propia.

Resultado total

- Valor económico del valor ecosistémico de control de inundaciones, incluyendo el área a la recuperación ambiental, el área invadida y áreas inundables externas: \$3,418,411.68 dólares anuales, lo que equivale a **\$67.8 millones de pesos anuales**.
- Esta información podría complementarse a partir de la actualización de colonias inundables, escenarios de cambio climático y vulnerabilidad futura ante inundaciones.
- Se puede refinar si se dispone del dato específico del número de viviendas en estas áreas inundables.

4. Captura y almacenamiento de carbono

Este apartado presenta la estimación de valor económico del servicio ecosistémico de captura y almacenamiento de carbono para el 86% de las 347 hectáreas correspondientes a áreas de conservación y recuperación, las cuales ascienden a 298.42 ha. Se emplearon los siguientes valores de entrada:

- Áreas específicas de conservación prioritaria: 242.9 ha
- Áreas específicas de recuperación ambiental: 55.52 ha
- Costos unitarios, desde la perspectiva de mercado se emplean los precios de mercados voluntarios³: \$5.80 dólares por tonelada de CO₂
- Costos unitarios, desde la perspectiva de los costos sociales evitados se emplea el costo social del carbono⁴: \$25.83 dólares por tonelada de CO₂
- Factores empleados para suelo, masa aérea, hojarasca y materia muerta:

Tabla 8. Valores de referencia provistos por el IPCC para el modelo EX ACT para los subsistemas tropicales de montaña (Stm) en tonelada de carbono por hectárea

Tipo de vegetación	Sobre el nivel del suelo	Por abajo del nivel del suelo	Hojarasca	Madera muerta
Stm	35.1	9.5	0	11.8
Stm plantados	45.8	12.4	0	11.8

Fuente: FAO, s/f.

Para el cálculo, a través del uso del módulo de humedales terrestres de la herramienta EX ACT de la FAO⁵, se determinaron los siguientes valores de toneladas de CO₂ equivalentes que contienen dichas hectáreas. Esta estimación obtuvo el total de carbono en áreas de conservación prioritaria de 51,474 tCO₂e anuales y 14,542 tCO₂e anuales en áreas específicas de recuperación ambiental, lo que asciende a un total 66,016 tCO₂e anuales.

³ Precio de la tonelada de carbono en los mercados voluntarios internacionales para proyectos forestales y de cambio de uso de suelo en 2021, de acuerdo con Ecosystem Marketplace, 2022.

⁴ Entendido como el costo económico que ocasiona una tonelada adicional de CO₂ emitida a la atmósfera sobre las actividades económicas, el bienestar social y los ecosistemas, por lo que se tomó como base el estimado por la Alatorre et al. (2019), donde se estimó un costo aproximado de \$25.83 dólares por tonelada de CO₂.

⁵ EX-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT). La Herramienta de balance de carbono EX-Ante (EX-ACT) se basa en la metodología del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) para los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). EX-ACT proporciona a sus usuarios una forma consistente de estimar y rastrear los resultados de las intervenciones agrícolas sobre las emisiones de GEI. EX-ACT es la única herramienta de contabilidad de GEI que cubre todo el sector agrícola, incluida la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), los humedales interiores y costeros, la pesca y la acuicultura, los insumos agrícolas y la infraestructura.

Como resultado se obtuvo el valor anual del servicio de captura y almacenamiento de carbono de las 298.42 hectáreas asciende a:

- Perspectiva de mercado: \$382 mil dólares anuales, es decir, \$7.6 millones de pesos mexicanos anuales.
- Perspectiva de costos evitados: \$1.7 millones de dólares anuales, \$33.8 millones de pesos mexicanos anuales.

Tabla 9. Resumen de resultados

Enfoque	Dólares	Pesos
Perspectiva de mercado	\$ 382,892.80	\$ 7,600,422.08
Perspectiva de costos	\$ 1,705,193.28	\$ 33,848,086.61

Fuente: Elaboración propia.

5. Potencial de servicios de recreación

De acuerdo con los planes de manejo de ambos humedales de 2010 y 2011 de Zona Sujeta a Conservación Ecológica Humedales de Montaña La Kisst y Zona Sujeta a Conservación Ecológica Humedales de Montaña María Eugenia, respectivamente, las actividades recreativas de bajo impacto son permitidas, las cuales incluye al ecoturismo o turismo de bajo impacto, a través de la realización de recorridos y visitas guiadas en rutas o senderos de interpretación ambiental (Gobierno del estado de Chiapas, 2010 y 2011).

Dentro de los humedales Maria Eugenia, se encuentra la zona de recreación y esparcimiento, el parque de los humedales es una red de más de 6 kilómetros de humedal, con instalaciones como andadores, palapas, parques, juegos infantiles, renta de lanchas y estacionamiento. De acuerdo con el Programa de Manejo (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011), esta zona tiene 3.93 hectáreas que equivalen al 3.42% del área de la reserva.

El acceso al parque tiene un costo de \$10 pesos, más el transporte desde San Cristobal cuesta \$40 pesos, por lo que el costo de viaje es de \$50 pesos. Se desconoce el numero de visitantes al año, por lo que sería vital conocerlo a fin de calcular los ingresos directos y derrama económica que podrían dejarse de percibir.

Sin embargo, si empleamos el valor estimado del servicio ecosistémico de recreación de un ecosistema similar, como son los humedales de alta montaña en los Andes tropicales (humedales de Caripe en el altiplano boliviano) de Gandarillas et al. (2016), se encuentra un valor de \$17 dólares por hectárea al año, lo que significaría un valor ecosistémico de recreación de \$66.81 dólares anuales, es decir, \$1,326.17 pesos anuales.

Respecto al valor de recreación en las hectáreas adicionales consideradas en el Acuerdo Secretarial emitido, que ascienden a 13.87 ha y que refiere a las oportunidades adicionales para las actividades recreativas de los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia, se estima un valor de \$235.79 dólares por año (Tabla 10).

Tabla 10. Valor del servicio ecosistémico de recreación de los humedales

Valor del servicio ecosistémico	Área destinada a turismo y/o recreación	Estimación total del valor del servicio ecosistémico	
\$17 dólares ha/año*	13.87 ha	\$235.79 dólares por año	\$4,680.43 pesos por año

Fuente: Elaboración propia. Dato obtenido de Gandarillas et. Al. 2016.

- Puede realizarse un refinamiento de datos por medio de recopilación de información primaria en campo sobre precios de tours y visitas.

Análisis Cualitativo

6. Especies endémicas catalogadas de protección especial

En el año 2010 se publicó el Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Humedales de Montaña La Kisst”, y un año después se publicó un programa similar para los “Humedales de Montaña María Eugenia” (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011). Dichos programas se realizaron con el propósito de promover a largo plazo la conservación de los recursos naturales y establecer un esquema regional de oportunidades para el desarrollo de los habitantes de las zonas de protección; asimismo, cuentan con información que sobre las características biológicas y otros aspectos relevantes de los sitios mencionados.

En el 2008 se designó a los Humedales de Montaña La Kisst como Sitio Ramsar, ya que es un área que posee manantiales, poblaciones de peces, reptiles y anfibios, incluyendo 10 especies endémicas o bajo alguna categoría de amenaza, como el pez endémico popoyote (*Profundulus hildebrandi*) y el chipe cabeza plateada (*Ergaticus versicolor*), ambos en peligro de extinción. En la categoría de especies bajo amenaza se encuentra el tecolote ocotero (*Otus barbarus*); y sujeto a protección especial se está la ranita arbícola (*Plectrohyla pycnochila*) y la rana ladrona (*Eleutherodactylus glaucus*). También alberga especies endémicas como el abaniquillo adornad de Chiapas (*Anolis anisoleppis*), el dragoncito de labio rojos (*Abronia lythrochila*), la nauyaca tzotzil (*Cerrophidion tzotzilorum*), la

culebra ocotera (*Adelphicos nigrilatus*) y el dominico corona negra (*Carduelis atriceps*). El humedal se considera un área de protección de varias aves migratorias al ser un sitio de descanso en su recorrido migratorio.

En los últimos años se ha reducido la superficie del humedal, su vegetación y fauna, y se ha puesto en peligro las especies endémicas. De acuerdo con el Programa de Manejo las amenazas más importantes para la supervivencia de este ecosistema y las especies que alberga son el aumento constante de la población y la desorganizada expansión de la vivienda, que ha llevado a que la zona disminuya de tamaño y a su deforestación, así como al agotamiento del agua por bombeo, provocando la desecación de muchos sectores de los humedales.

Asimismo, señala que “los ecosistemas originales se han alterado y transformado desde hace varias décadas; de tal forma que han sido reemplazados y poblados por otras especies oportunistas de la región y algunas más agresivas. Como consecuencia se puede observar dentro de los terrenos humedales muy transformados y pobres, dominados por pastizales o pequeños matorrales de especies arbustivas” (Gobierno del Estado de Chiapas, 2010, p. 18).

En estos humedales las especies están siendo reemplazadas, además de que se observa la extirpación de algunos grupos de fauna, sobre todos de vertebrados con tamaño corporal mediano y grande. Entre las especies con alguna categoría de amenaza se encuentra la musaraña o topo de San Cristóbal y también ocho especies de aves que aparecen bajo alguna categoría de riesgo NOM-O59-Ecol-2001. Cabe mencionar que en muchos casos se ha introducido vegetación con fines forrajeros alterando el ecosistema original (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011).

De acuerdo con información proporcionada por La Red Ambiental del Valle de Jovel y el Consejo General de Colonias del Sur y de los humedales de San Cristóbal de Las Casas, en los humedales de montaña María Eugenia “se tienen más de 10 especies endémicas y ese es su único espacio para vivir” (La Jornada, 2021).

7. Derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua, al saneamiento y a la vivienda

En febrero de 2022 se publicó un comunicado de prensa mediante el cual la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) hace del conocimiento público una recomendación a la Semarnat, Conagua, PROFEPA y al Gobierno de Chiapas, por la invasión y destrucción de Humedales de Montaña en la zona urbana de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Esta recomendación deriva de las afectaciones por la ausencia de medidas para la protección y conservación de los humedales de montaña “La Kisst” y “María Eugenia, y que afecta los derechos al medio ambiente, al agua, a la vivienda y por la invasión y destrucción de los humedales. Las evidencias muestran que los habitantes del Municipio de San Cristóbal de las Casas, principales usuarios de agua, no cuentan con infraestructura soportada en autorizaciones requeridas por dichas instancias públicas y con la información necesaria sobre volúmenes de agua, así como los títulos de asignación y el destino real del recurso en la red de agua potable.

Posteriormente la Secretaría elaboró y publicó en abril de 2002 el Acuerdo mediante el cual se establece el Hábitat Crítico para la conservación de la vida silvestre en los Humedales de Montaña “La Kisst” y “María Eugenia”, en el municipio de San Cristóbal de las Casas, en Chiapas. Este Acuerdo considera la participación de propietarios, comunidades y habitantes para impulsar programas y proyectos de turismo sustentable, actividades productivas sustentables de bajo impacto y se promover actividades de educación y conciencia ambiental, mitigación y adaptación al cambio climático, así como de tipo biocultural (Semarnat, 2022).

Resumen de resultados y conclusiones

Los análisis presentados previamente resaltan el innegable valor de los servicios ecosistémicos que brindan los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia al municipio de San Cristóbal de las Casas y en general a la microcuenca asociada, así como su importancia económica, ecológica, social y cultural. El total asciende a **\$1,077.275 millones de pesos anuales** (Tabla II).

Tabla II. Resultados del análisis económico de los servicios ecosistémicos en riesgo de agotamiento y degradación de los humedales de montaña La Kisst y María Eugenia

Rubro	Subrubro	Costo por subrubro (mdp)	Subtotal por rubro (mdp)
Provisión de agua a la población de San Cristóbal	Monto anual para la compra de pipas de agua potable (a 2020)	\$17.99	\$769.98
	Costo anual por la pérdida de provisión de agua para el municipio	\$751.99	
Calidad del agua afectada por fosfato, coliformes fecales y sólidos disueltos	Instalación de plantas potabilizadoras para el municipio*	\$195.00	\$198.00
	Mantenimiento anual de plantas potabilizadoras para el municipio	\$3.00	
Control de inundaciones y arrastre de sedimentos	Valor anual del servicio ecosistémico de control de inundaciones	\$67.85	\$67.85
Captura y almacenamiento de carbono	Perspectiva de mercado	\$7.60	\$41.44
	Perspectiva de costos evitados	\$33.84	
Servicios de recreación	Valor de recreación en parque los humedales	\$0.0013	\$0.005
	Valor de recreación en hectáreas del Acuerdo	\$0.004	
Total			\$1,077.275

Fuente: Elaboración propia. * La instalación de plantas se considera como gasto único, no anual. Es importante resaltar el papel del Acuerdo Secretarial como instrumento que permita la articulación de políticas y acciones tendientes a la recuperación y restablecimiento de los recursos naturales y de las especies que habitan en los humedales.

Referencias

BANXICO (Consultada el 12 de agosto de 2022). SISTEMA DE INFORMACIÓN ECONÓMICA. Recuperado de

<https://www.banxico.org.mx/tipcamb/main.do?page=inf&idioma=sp>

Benez, M. C. (2008). Percepciones de la calidad y de la gestión de las aguas superficiales de la cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. (Doctor). El Colegio de la Frontera Sur.

Chediack, S.E. (2018). El agua y los humedales de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/322926007_El_agua_y_los_humedales_de_San_Cristobal_de_las_Casas_Chiapas_Mexico

CNDH, (2022). Recomendación a SEMARNAT, CONAGUA, PROFEPA y gobierno de Chiapas, por la invasión y destrucción de humedales de montaña en la zona urbana de san Cristóbal de las casas. Recuperado de:

<https://www.cndh.org.mx/comunicado/5529/comunicado-352022>

Evaluación de los Ecosistemas, (2005). Guía de los informes de evaluación del Milenio. Recuperado de: <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

FAO, s/f The EX-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT). Recuperado de:

<https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/ex-act/en/>

Gandarillas et. Al, (2016). Assessing the services of high mountain wetlands in tropical Andes: A case study of Caripe wetlands at Bolivian Altiplano.

Recuperado de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221204161630081X>

Gobierno del Estado de Chiapas (2011). Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Humedales Montaña María Eugenia”. Recuperado de:

https://sistemaestatalambiental.chiapas.gob.mx/siseiach/descargas/etj_anp/ma_eugenia.pdf

Gobierno del Estado de Chiapas, (2011). Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Cristóbal de las Casas 2011. Recuperado de:

http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_07078_AR_SAN_CRISTOBAL.pdf

Gobierno del Estado de Chiapas, (2010). Programa de manejo de la zona sijeta a conservación ecológica “Humedales de montaña la Kist”. Recuperado de:

https://sistemaestatalambiental.chiapas.gob.mx/siseiach/descargas/pm_anp/PROGRAMA_DE_MANEJO_HUMEDALES_DE_MONTA%C3%91A_LA_KISST_2010.pdf

Gobierno del Estado de Chiapas, (2022). Humedales en Chiapas. Recuperado de: <https://www.nuestroshumedales.chiapas.gob.mx/humedales/index.php/humedales/humedal>

Gómez, T. (2022). México: la defensa ciudadana de los últimos humedales de San Cristobal de las Casas. Recuperado de: <https://es.mongabay.com/2022/02/mexico-la-defensa-ciudadana-de-los-ultimos-humedales-de-san-cristobal-de-las-casas/>

Instituto de Historia Natural y Ecología, IHNE (2008). Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). Recuperado de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1787RIS.pdf>

Instituto de Historia Natural y Ecología, IHNE (2010). Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). Recuperado de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX2045RIS.pdf>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC (2022a). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Recuperado de: <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/municipios/index.html?munId=7078&entId=07>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC (2022b). AVANCES DE LA ESTRATEGIA PARA LA RECUPERACIÓN, RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT CRÍTICO DE LOS HUMEDALES DE MONTAÑA LA KISST Y MARÍA EUGENIA EN SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS, Dr. Agustín Ávila Romero, presentación power point.

INEGI (2000). XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>

INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2020 Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

La Jornada, (2021). Reportan grave situación de los humedales en San Cristóbal de las Casas". Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/04/22/estados/reportan-grave-situacion-de-los-humedales-en-san-cristobal-de-las-casas/>

Portal ambiental (2022). La falta de infraestructura restringe el acceso al agua en Chiapas. Recuperado de <https://www.portalambiental.com.mx/impacto-ambiental/20210322/la-falta-de-infraestructura-restringe-el-acceso-al-agua-en-chiapas>



Valoración económica de los servicios ecosistémicos de los humedales de montaña
La Kisst y María Eugenia, San Cristóbal de las Casas, Chiapas

PROFECO (2021). Quién es quién en los precios. Pipas de agua potable.

Recuperado de

https://www.profeco.gob.mx/precios/canasta/pipas/2021/QQPPIPAS_051021.pdf

Ramsar, (2007). Valoración de humedales. Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales.

Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-27-es.pdf>

SACMEX (2020). Programa Estratégico para Garantizar el Derecho al Agua. 2020-2024. Recuperado de

<https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Proyectos/programa-estrategico-2020-2024.pdf>

SAPAM, (2021). San Cristóbal de Las casas y sus sitios Ramsar: los humedales de montaña. Recuperado de <http://sapam.gob.mx/site/san-cristobal-de-las-casas-y-sus-sitios-ramsar-los-humedales-de-montana/>

SAPAM (2022). Fuentes de abasto. Recuperado de:

<http://sapam.gob.mx/site/fuentes-de-abasto/>

SAPAM (2022). Abastecimiento, servicio de agua en San Cristóbal de las Casas.

Recuperado de: <http://sapam.gob.mx/site/quienes-somos/abastecimiento/>

SAPAM (2022). ¿De dónde viene el agua para San Cristóbal de Las Casas?.

Recuperado de <http://sapam.gob.mx/site/de-donde-viene-el-agua-para-san-cristobal-de-las-casas/#:~:text=En%20consecuencia%2C%20las%20principales%20fuentes,monta%C3%B1oso%20que%20circunda%20al%20valle.>

Semarnat (2022). Prensa “Se establece el Hábitat Crítico en los Humedales de Montaña “La Kisst” y “María Eugenia”, en San Cristóbal de las Casas, Chiapas”.

Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/se-establece-el-habitat-critico-en-los-humedales-de-montana-la-kisst-y-maria-eugenia-en-san-cristobal-de-las-casas-chiapas?idiom=es>

Universidad de Caldas, (2016). Valoración de los servicios ecosistémicos de investigación y educación como insumo para la toma de decisiones desde la perspectiva de la gestión del riesgo y el cambio climático. Recuperado de:

<https://www.redalyc.org/journal/3217/321753629003/html/>





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO