

ALIMENTAR A MÉXICO SIN DEFORESTAR



CONABIO

ALIMENTAR A MÉXICO SIN DEFORESTAR



CONABIO

COMISION NACIONAL PARA
EL CONOCIMIENTO Y USO
DE LA BIODIVERSIDAD

Coordinación

José Sarukhán Kermez y Xochitl Ramírez Reivich

Revisión de los textos

Julia Carabias Lillo

Diseño y producción editorial

Rosalba Becerra

Corrección de estilo

Dora Almeida Valles

Foto de portada

Samuel Velázquez / CONABIO-SEMAR

Primera edición, agosto de 2019

D.R.© 2019 Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad
Liga Periférico Insurgentes Sur 4903
Parques del Pedregal, Tlalpan 14010
Ciudad de México
www.gob.mx/conabio

Forma sugerida de citar: CONABIO. 2019. *Alimentar a México sin deforestar*.
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.

ISBN: 978-607-8570-24-9 (digital)

Editado en México

Este libro describe una herramienta de toma de decisiones para la asignación de subsidios agrícolas en nuestro país, basada en criterios de conservación de las áreas prioritarias, y en la no duplicación de subsidios conceptualmente incompatibles entre las actividades agrícolas y las de conservación del capital natural del país. Aunque la herramienta en sí se desarrolló en CONABIO en unos cuantos meses en la segunda mitad de 2018, es el resultado de la acumulación de información, conocimiento, datos y experiencia adquiridas a lo largo de un cuarto de siglo, con la participación de una gran parte de la comunidad académica mexicana que trabaja en la amplia gama de disciplinas que constituyen las llamadas ciencias de la biodiversidad, pero especialmente con el desarrollo de las actividades de CONABIO y otras instituciones del sector ambiental como la CONANP y la CONAFOR. Muchas personas (cientos) han participado en la construcción de la obra que aquí se relata y no es posible mencionarlos a todos. Sin embargo, lograr la síntesis y la cristalización de todos esos esfuerzos requirió de un pequeño grupo interinstitucional que trabajó de manera enormemente eficiente en generar la herramienta que permite, por primera vez a México, usar con efectividad criterios ambientales para la asignación de los recursos y subsidios requeridos para la actividad agrícola del país. El grupo de trabajo estuvo formado por las siguientes instituciones y personas:

SEMARNAT: Rafael Pacchiano Alamán, Rodolfo Lacy Tamayo, Javier Warman Diamant, Arturo Flores Martínez, Xochitl Ramírez Reivich, Consuelo Juárez Mendoza, Edda Veturia Fernandez Luiselli, Gertrudis Cleotilde Arellano Molina, Ricardo Ríos Rodríguez, Diana Lahoz Gómez y Andrés Juárez Muñoz.

CONABIO: Raúl Jiménez Rosenberg, Rainer Ressler, Michael Schmidt, José Manuel Dávila Rosas, Abraham Cuevas González y Pedro Díaz Maeda

CONANP: Valeria Towns, Cristian Lomelin Molina e Ignacio March Mifsut.

SAGARPA: Jorge Armando Narváez Narváez, Santiago Argüello Campos y Mirna Yadira Aragón Sánchez.

SIAP: Patricia Ornelas Ruiz y Javier Vicente Aguilar Lara.

CONAFOR: Hilda Guadalupe González Hernández, Raúl Rodríguez Franco, Oswaldo Ismael Carrillo Negrete y Carmen Meneses Tovar.

José Sarukhán Kermez
CONABIO

ÍNDICE

Presentación	9
Introducción	11
PRIMER APARTADO BIODIVERSIDAD EN MÉXICO	13
<i>Francisca Acevedo, Caroline Burgeff, Patricia Koleff, Sylvia P. Ruiz, José Sarukhán, Tania Urquiza-Haas</i>	
I. Importancia de la biodiversidad en México	15
II. La biodiversidad agrícola de México	15
III. Desarrollo de capacidades para el conocimiento y manejo sustentable de la biodiversidad	17
SEGUNDO APARTADO ACUERDOS PARA UNA AGENDA PÚBLICA	21
<i>Andrés Juárez Muñoz, Diana Lahoz Gómez, Xochitl Ramírez Reivich</i>	
IV. Producción de alimentos y conservación de los ecosistemas	23
El espacio rural en México	23
Integrar políticas para el desarrollo rural sustentable	26
V. La amenaza de la deforestación	30
Deforestación en México	31
Participación de los productores rurales para enfrentar la deforestación	32
El manejo comunitario forestal	34
VI. La agenda global y su influencia sobre las políticas públicas nacionales	35
Esfuerzos por conservar los ecosistemas	35
Convenio sobre la Diversidad Biológica	35
Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad, Cancún, 2016	36
VII. Una agenda pública para integrar la biodiversidad en el sector productivo	38
Siglo XXI. Retos inéditos	38
TERCER APARTADO EL INSTRUMENTO DE INFORMACIÓN	43
<i>Rainer Ressler, Michael Schmidt, José Manuel Dávila, Pedro Díaz Maeda, Isabel Cruz López, Raúl Jiménez Rosenberg</i>	
VIII. Cobertura de suelo México 2015	45
Hacia un sistema integral de monitoreo forestal	46
El desarrollo de MADMEX	47
El primer mapa nacional de alta resolución	49
No sólo son mapas de colores	52
IX. Sistema Nacional Para la Consulta de Incentivos Concurrentes (SINACIC)	54
SAGARPA y las Reglas de Operación (RO)	55
Insumos cartográficos para la plataforma de consulta	56
La Matriz de decisión	56
Diseño, desarrollo e implementación de la plataforma SINACIC	57
Reporte	58
Conclusiones	59

ANEXO	61
Reglas de Operación (RO) de SAGARPA del año 2018	63
Frontera Agrícola (FA)	64
Cobertura de suelo de la República Mexicana	65
Áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales y voluntarias	66
Pago por Servicios Ambientales (PSA)	67
Aprovechamiento Forestal (AF)	69
Incendios y Áreas Quemadas (AQ)	70
Integridad Ecosistémica (IE)	72
Manglares de México	73
Otros insumos cartográficos para la caracterización espacial	75
La Matriz de decisión	76
Arquitectura del Sistema	77
Desarrollo e implementación	78
Funcionalidades y criterios del sistema	78
Acercamiento al mapa de cobertura de suelo de México a la Reserva de la Biósfera Montes Azules en la zona de la Selva Lacandona, Chiapas	83
Referencias	85

Presentación

En junio de 2018, se promulgó la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, cuyo Artículo 24 establece la obligación de coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA ahora SADER) para diseñar, en el ámbito de sus respectivas competencias, políticas públicas integrales de conservación de bosques y selvas. La medida legal se encamina a que el Estado mexicano evite la deforestación, eliminando subsidios regresivos para la agricultura y apoye la conservación de la biodiversidad remanente más importante para el país. Para lograrlo, la Ley establece la creación de un *Instrumento de Información* y consulta que permita visualizar las zonas de tierras destinadas a la agricultura y las zonas que tienen cobertura de ecosistemas conservados, incluyendo Áreas Naturales Protegidas, áreas con Pago por Servicios Ambientales, áreas con Aprovechamiento Forestal, Índice de Integridad Ecosistémica, entre otras capas de información biológica y geográfica. Antes de decidir entre otorgar un subsidio para realizar actividades agropecuarias o para la conservación de la biodiversidad, ambas dependencias deberán usar el *Instrumento* como herramienta de visualización espacial del predio que solicita dicho subsidio.

Este libro tiene como propósito describir las características del Instrumento de Información y explicar su alcance y potencial, Está formado por tres partes: 1] El nivel del conocimiento de la biodiversidad de México y la importancia que tiene tanto para el sector estratégico de la agricultura como para la conservación de los ecosistemas remanentes de mayor importancia para el bienestar de la población en general, 2] La construcción del espacio rural, de los territorios y de la agenda pública para la alineación de la biodiversidad en la agricultura de acuerdo a los lineamientos generales de Naciones Unidas y 3] La descripción del Instrumento de Información.

Para poner en perspectiva la importancia de la biodiversidad de México, recurrimos a mencionar los datos más relevantes sobre ecosistemas, especies, recursos genéticos, así como plantas agrícolas de las que México es centro de origen y diversificación, todo lo que nos hace formar parte del selecto grupo de países megadiversos y uno de los más ricos en patrimonio biocultural. En la primera parte del libro se incluye información para afirmar y comprender que el país no puede seguir por la ruta de tratar por separado a la biodiversidad y a la seguridad alimentaria. La biodiversidad y la agricultura ocurren ampliamente en los territorios de nuestro país y la relación entre ambas se define por la interacción entre sociedad y gobierno, cuyo actuar se establece mediante agendas públicas que deben tener como fin el bien general de toda la población. En esa primera parte se hace también un breve resumen de las capacidades de México para comprender y mantener el conocimiento sobre nuestra enorme riqueza biológica gracias a una institución clave para ello, lo cual ha sido el mandato central de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

La segunda parte del libro provee elementos sobre la construcción social del espacio rural, la dicotomía rural-urbana, la revalorización de los diversos medios de vida rurales y la población rural, que incluye al campesinado, como aliado en la conservación ambiental, la agricultura de pequeña escala como baluarte del resguardo de la agrobiodiversidad y del patrimonio biocultural, el avance de la frontera agrícola expresado en el problema de la deforestación y la construcción de la agenda global y la pública nacional que llevó a tomar decisiones para la integración del sistema de consulta sobre subsidios.

En la tercera parte del libro se describe el proceso seguido para contar con un mapa base del 2015 con una mayor precisión que la carta de uso del suelo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, usada hasta este año como fuente de información geográfica. Esta nueva carta de coberturas del suelo, que diferencia hasta 31 tipos de cobertura, será entregada al país como la herramienta para instrumentar lo que la Ley dispone en cuanto a la aprobación de subsidios agropecuarios en áreas aun no abiertas a la producción agrícola y pecuaria. También se detallan aspectos técnicos y políticos del Instrumento de Información que busca solucionar la carencia de herramientas para establecer una comunicación entre instituciones, para identificar la posible duplicidad de subsidios a un mismo predio, la identificación conjunta de la frontera forestal y agrícola, las posibles afectaciones a los recursos naturales por subsidios que implicarían el cambio de uso de suelo en ecosistemas conservados y así encaminarnos a detener el problema grave y evidente de deforestación causado por el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias, en general en condiciones inadecuadas para una producción agrícola eficiente.

México es un país megadiverso en el que existen numerosos pueblos originarios con sus propias formas culturales de producción agrícola y/o utilización de los recursos naturales que poseen. Dado que, además de esta riqueza ambiental y cultural, México cuenta con instituciones tomadas como ejemplo en el mundo entero para racionalizar la conservación y el uso del capital natural del país como la CONABIO, SEMARNAT y SAGARPA (ahora SADER) encargaron a esta institución la provisión de la información necesaria sobre biodiversidad, el acopio de la información de agricultura y la integración del Instrumento de Información.

8 DE NOVIEMBRE DE 2018

Introducción

El territorio de nuestro país cuenta con casi todos los ecosistemas del mundo: selvas, bosques templados, bosques lluviosos, desiertos, manglares, mares y costas. Esta riqueza natural se ha visto modificada hasta contar con un sistema de paisajes productivos que van desde las terrazas y chinampas prehispánicas, agriculturas tradicionales en laderas y altiplanos hasta grandes valles de agricultura industrializada, extensas superficies de producción bajo invernadero, granjas acuícolas y pesquerías. Es con ese capital natural y cultural con el que México ha enfrentado en su historia el inmenso reto de alimentar a una población creciente y dinámica.

Nuestro territorio es como un “documento” que puede ser leído a lo largo y a lo ancho de ese territorio. En dicho “documento” se pueden leer los rastros de culturas milenarias originarias de Mesoamérica, pero también rastros del desarrollo cultural y tecnológico de civilizaciones de Europa y Asia, e incluso África. A lo largo de más de quinientos años, se ha configurado un complejo conjunto de paisajes bioculturales que nos provee una gran identidad y fuerza. Con el trabajo y la cultura de estas civilizaciones milenarias se ha intervenido un territorio que, por su ubicación geográfica, historia geológica, tamaño e historia evolutiva, cuenta con una amplia diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos que le confiere el título de país megadiverso, ya que forma parte del grupo de 12 países que albergan 70% de la diversidad de especies conocidas en el mundo y que es centro de domesticación de numerosas y muy importantes plantas cultivadas.

Uno de los ejemplos más claros de la relación entre la amplia riqueza natural y cultural se expresa en la variedad de alimentos y sus formas de preparación, que han producido una gastronomía considerada por las Naciones Unidas como un patrimonio intangible de la humanidad (UNESCO 2010) además de lenguas, costumbres y tradiciones que más allá de admirar, debemos valorar cabalmente.

Durante décadas, la sociedad mexicana y los diferentes gobiernos se han planteado el mismo problema: cómo utilizar el capital natural, nuestra base de recursos naturales, conservándolo para las generaciones futuras y al mismo tiempo erradicar el hambre, combatir la desnutrición, la pobreza y la desigualdad sociales. Conforme se diseñaron soluciones para incrementar la producción de alimentos, por ejemplo, la llamada revolución verde (FAO 1996) que implicó el uso intensivo de maquinaria y de insumos basados en combustibles fósiles, fueron creciendo problemas colaterales como el deterioro del medio ambiente, la contaminación de cuerpos de agua, la pérdida severa de bosques y selvas. Es por ello que quien recorre el país puede “leer” los impactos que como sociedad le hemos producido a nuestro territorio.

Pero fue hacia finales del siglo xx cuando la misma sociedad comenzó a preguntarse cómo se podría alimentar adecuadamente a la población y, al mismo tiempo, proteger y mantener el capital natural del país, deteniendo el deterioro y agotamiento de los recursos naturales, principalmente de los bosques y selvas. Se realizaron cumbres interna-

cionales, encuentros entre sociedad civil y gobiernos, diagnósticos y líneas base, se incrementó el conocimiento en muchas materias basados en la información científica con participación de la academia nacional; se retomaron acuerdos multilaterales para ir construyendo, poco a poco, una agenda pública que propiciara la toma de decisiones y llegar a un acuerdo como nación: la urgencia de diseñar y ejecutar políticas públicas que integrasen las dos soluciones: fortalecer la sustentabilidad de la seguridad alimentaria y la conservación, para el futuro, de los ecosistemas de los que depende el bienestar de toda la sociedad. Todo ello está alineado con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en particular con los objetivos 2: Cero Hambre y el 15: Vida en la Tierra.

Con este propósito se logró la firma de un *Acuerdo por la conservación de bosques y selvas y por el fortalecimiento de la seguridad alimentaria*, en el marco de la decimotercera Conferencia de las Partes del Acuerdo sobre Diversidad Biológica realizada en Cancún en 2016. El Acuerdo firmado entre SAGARPA (SADER) y SEMARNAT derivó en modificaciones a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, para que la coordinación intersectorial tuviera lugar desde el mes de junio de 2018, con carácter obligatorio. Esta coordinación incluye la armonización de los subsidios que ambas secretarías otorgan con fines productivos y de conservación de la biodiversidad.

Por primera vez, México cuenta con un arreglo institucional sólido, un marco legal actualizado y un instrumento de política pública que incrementa la capacidad gubernamental para decidir sobre cuáles subvenciones de recursos públicos aplican para actividades agrícolas y en qué lugares pueden ser otorgados. En otras palabras, el país cuenta ahora con un instrumento sólido para detener la deforestación originada por políticas públicas y subsidios para la producción de alimentos contradictorias con las políticas de conservación del capital natural. Ahora, con la aplicación de este instrumento, será posible evitar que la deforestación sea financiada con recursos públicos destinados a la producción de alimentos.

En el presente libro, detallamos el proceso y las características del Instrumento de Información que le confiere al país una capacidad de avanzada a nivel mundial en esta materia.

PRIMER APARTADO

BIODIVERSIDAD EN MÉXICO

Francisca Acevedo

Caroline Burgeff

Patricia Koleff

Sylvia P. Ruiz

José Sarukhán

Tania Urquiza-Haas

I. Importancia de la biodiversidad en México

Las diversidades biológica y cultural que alberga México son excepcionales, y están fuertemente relacionadas. Nuestro país se ubica en la intersección de dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical, lo que, aunado a su posición latitudinal, sus complejas topografía, orografía y geología, la variedad de climas así como su forma y tamaño, han resultado en una alta diversidad biológica. Se estima que nuestro país alberga entre 10 y 12% de la diversidad biológica conocida del mundo y una gran proporción de ella es endémica a México (Espinosa Organista *et al.* 2008, Halffter *et al.* 2008, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008).

Dicha biodiversidad ha sido la base del desarrollo de muchos grupos culturales. México destaca junto con Indonesia por tener simultáneamente una elevada diversidad biológica y cultural. Se ubica en primer lugar en el continente americano y quinto del mundo por el número de lenguas vigentes en su territorio (291 lenguas vivas en el país), cuya distribución corresponde cercanamente con las áreas de mayor biodiversidad (De Ávila 2008).

Los grupos étnicos que han vivido en el territorio, han jugado un papel central en la domesticación y diversificación de numerosos cultivos, algunos de ellos de gran importancia global. México es uno de los principales centros de origen y domesticación de plantas cultivadas definidos por Vavilov (1994a, 1994b), cuyos parientes silvestres que amplían la gran diversidad genética de esos cultivares, se encuentran distribuidos ampliamente en nuestro territorio (Wegier *et al.* 2011, Arteaga *et al.* 2016, Caldu-Primo *et al.* 2017, Romero Navarro *et al.* 2017).

II. La biodiversidad agrícola de México

México no sólo es un país reconocido por ser megadiverso, sino que también es centro de origen y de diversidad genética de un gran conjunto de plantas de importancia para la agricultura y la alimentación, que constituye un patrimonio económico, agrícola, biológico y cultural con valores estratégicos para la humanidad. La contribución que México ha hecho al mundo en términos de especies agrícolas relevantes es simplemente invaluable.¹

México hoy sigue albergando a los parientes silvestres de sus plantas cultivadas en las zonas de bosques y selvas y la variación de las especies cultivadas que se han originado en su territorio, como parte de Mesoamérica, una de las fuentes mismas de la agricultura (Casas *et al.* 2007). El conjunto de especies abarca una enorme diversidad genética que ha sido sujeta a la selección natural por millones de años, en el caso

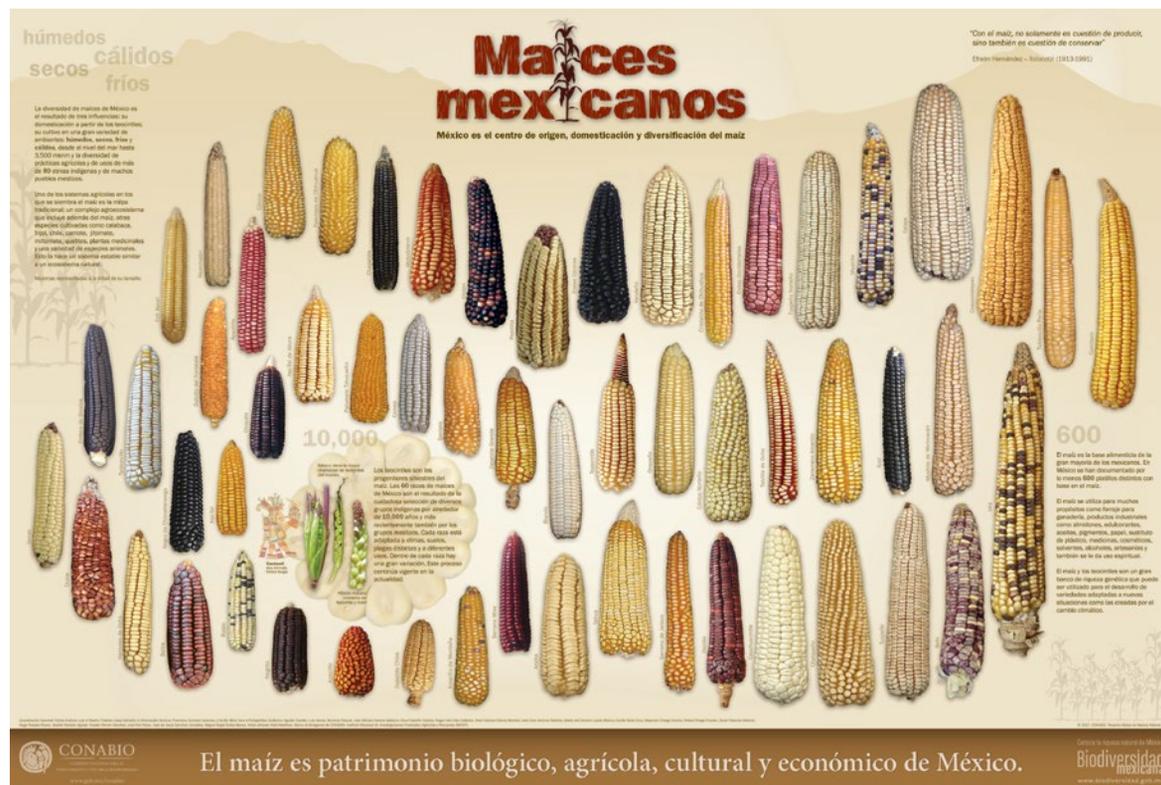
¹ Para conocer más de la agrobiodiversidad visitar <<https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/agrobiodiversidad.html>>.

de los parientes silvestres, y por miles de años en el caso de las cultivadas (por selección natural y también humana).

La diversidad genética existente en su territorio y la diversidad cultural, expresada en grupos indígenas y comunidades locales, han propiciado que se siga practicando la agricultura tradicional en México y, con ello, que se mantengan, generen y fomenten los procesos que permiten que estas especies evolucionen y se continúen adaptando, por estar constantemente sujetas a las diferentes condiciones climáticas y geográficas en el país (Bellon *et al.* 2018). La diversidad genética existente alberga las soluciones potenciales a los problemas de cambio ambiental a los que los humanos nos tendremos que seguir enfrentando a futuro, y su constante evolución mediante prácticas agrícolas tradicionales constituye una garantía para la permanencia de dicha diversidad.

Para el futuro de la agricultura y la alimentación de México y del mundo, es clave conocer, proteger y fomentar las condiciones de la variada representación de poblaciones silvestres y cultivadas que conjuntamente conforman a estas especies. Estos parientes silvestres se encuentran presentes en todo el territorio mexicano, muchos de ellos en bosques y selvas. El uso sostenible y el manejo asociado a diversas prácticas agrícolas permiten y fomentan su conservación. En esto radica la importante relación entre ecosistemas naturales y tierras de cultivo.

Los procesos que generan, mantienen y fomentan la evolución de la diversidad genética de las especies cultivadas de México siguen existiendo en el contexto de la agricultura tradicional en México, por lo que,



para asegurar que estas condiciones favorables y necesarias subsistan y se fortalezcan, es absolutamente indispensable prestar la debida y justa atención a los pequeños productores, motor central de estos procesos evolutivos (Mastretta-Yanes *et al.* 2018).

Además de las especies cultivadas, sus parientes silvestres y la diversidad genética, la agricultura se beneficia de la biodiversidad representada por especies de plantas y animales de los ecosistemas colindantes. Las áreas naturales adyacentes a las tierras de cultivo, que forman parte de los paisajes productivos, prestan servicios ambientales a la agricultura con polinizadores, controles biológicos y plantas que generan nutrientes. Existen flujos de información, energía y materiales entre ecosistemas y las tierras de cultivo. Sin las áreas naturales la agricultura se vuelve más vulnerable y menos productiva. Por lo anterior, preservar la integridad territorial y conocer las principales amenazas a los ecosistemas, entre ellas la deforestación, resulta fundamental.

III. Desarrollo de capacidades para el conocimiento y manejo sustentable de la biodiversidad

México tiene una larga tradición de estudio de la biodiversidad, así como un importante número de instituciones y personas dedicadas a ello. El conocimiento sobre nuestra biodiversidad se origina desde tiempos prehispánicos, y la sociedad colonizadora incorporó a sus prácticas agrícolas una parte mínima de ese conocimiento. El trabajo de algunos naturalistas locales y venidos de España en los siglos XVI, XVII y XVIII, contribuyeron de manera importante al conocimiento de la diversidad biológica del país. A principios del siglo XIX se realizaron importantes estudios y recolectas en el territorio mexicano que resultaron en acervos sobre diversos taxones ubicados en diversas colecciones, principalmente de Europa. La institucionalización científica nacional inició a finales de la década de 1860; se crearon los primeros centros de investigación, sociedades científicas, centros de colecciones y publicaciones y se apoyó la realización de estudios y publicaciones académicas. Sin embargo, toda esta actividad se perdió durante la Revolución y solo hasta la década de 1930 dio inicio la institucionalización actual de la biología en México. Se fundaron las facultades e institutos en universidades y otras instituciones públicas dedicadas al estudio de la biología, así como las primeras sociedades de especialidades biológicas como botánica y zoología y se crearon programas nacionales de apoyo a la investigación y becas para estudiantes. Con el paso del tiempo se han ido consolidando e incrementando estas capacidades, junto con las colecciones científicas biológicas que documentan sistemáticamente y preservan distintos registros de la biodiversidad (Llorente-Bousquets *et al.* 2008, Sarukhán *et al.* 2016).

El desarrollo de las capacidades para generar conocimiento y las iniciativas de computarización de los datos de las colecciones biológicas de la década de 1980, fueron la base para que en 1992 se creara

la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que innovó en el ámbito mundial en las ciencias de la biodiversidad y el desarrollo de herramientas bioinformáticas, actuando como una “institución puente” para incorporar la ciencia en la toma de decisiones. La CONABIO se creó por acuerdo presidencial, en respuesta al compromiso que adquirió el gobierno mexicano con el cuidado de la biodiversidad mediante la firma del Convenio sobre la Diversidad Biológica. La misión de la CONABIO, desde su creación, ha sido “aportar a la nación —a sus órganos de decisión gubernamental, a la academia y a la sociedad en general— información científica pertinente, certera y oportuna que permita el ejercicio de la indispensable rectoría del Estado en la conservación y el uso sustentable del capital natural de todos los mexicanos” (CONABIO 2017).

Entre las principales atribuciones de la Comisión está la de desarrollar y mantener actualizado el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), que durante casi tres décadas ha generado, compilado y depurado datos sobre diversos aspectos de la diversidad biológica para establecer una infraestructura sólida para seguir avanzando en la construcción del conocimiento sobre la riqueza natural de México, su cuidado y su uso racional (CONABIO 2017). Casi ningún otro país cuenta con un organismo gubernamental comparable a las capacidades de generación de información e inteligencia sobre sus recursos naturales, como el que el nuestro tiene.

Las cifras de los datos del SNIB se actualizan e incrementan día a día, pero al presente integra: 1] información referente a cerca de 14 millones de registros, tanto de ejemplares de numerosas colecciones de México y el extranjero, así como información de observaciones en campo; 2] un acervo de información cartográfica con más de 10 000 temas ambientales y sociales, de los cuales se encuentran disponibles al público más de 8 000, y más de 562 500 imágenes que provienen de sensores remotos (incluyen vuelos aéreos, imágenes de satélite, etc.), entre otros productos; 3] información creciente de observaciones sobre biodiversidad de las redes ciudadanas aVerAves y NaturaLista; 4] un enorme acervo de imágenes satelitales de alta resolución; 5] una de las mayores capacidades geomáticas y de manejo e interpretación de imágenes satelitales del país, (Jiménez *et al.* 2016, CONABIO 2018a).

El incremento sustancial de información, en particular del número de las imágenes y los productos satelitales ha llevado al desarrollo de múltiples herramientas y productos; en particular sistemas operacionales y de monitoreo, con el propósito de mejorar la toma de decisiones que afectan el capital natural de México (Jiménez *et al.* 2016). Algunos ejemplos de estos sistemas son el de alerta temprana de incendios (Ressl y Cruz 2010), el sistema de información y análisis de cambios de cobertura del suelo (CONABIO *et al.* 2017), el monitoreo de manglares (Jiménez 2010, Valderrama-Landeros *et al.* 2017, que recibió el Premio Geospatial Application Excellence Award, Conabio 2014) y el Sistema de Información y Análisis de Ecosistemas Marinos de México (CONABIO 2018b).

Sin duda, la participación de la gran mayoría de la comunidad científica que investiga y trabaja en el tema de la diversidad biológica de México, constituida en redes de especialistas, es pieza clave en la conformación y el desarrollo del SNIB, al aportar no solo datos e información, sino conocimiento, que se incorpora al sistema, lo cual proporciona fortaleza, robustez y credibilidad a la información del SNIB. (Jiménez *et al.* 2016).

El desarrollo bioinformático iniciado por la CONABIO hace más de 25 años, revolucionó el acceso a datos e información sobre la biodiversidad del país que se encontraba dispersa, en distintos formatos y sin digitalizar, es decir, prácticamente inaccesible. La información sobre biodiversidad junto con la geoinformación que se compila y genera, ha permitido el desarrollo de diversos productos y modelos para atender los diversos desafíos y demanda de información de muy diversos usuarios.

Un ejemplo emblemático de la importancia de la integración de esa información y la participación de especialistas es la obra *Capital natural de México* (CONABIO 2008-2016) en el que participaron 750 académicos, mexicanos en su mayoría, es una evaluación sobre el estado de conocimiento, conservación y uso sustentable de la biodiversidad de México, que ha sido un referente importante para identificar prioridades de atención en diversas áreas de investigación, así como en la gestión para la conservación y manejo sustentable de la diversidad biológica de nuestro país, y ha sido la base para la formulación de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030. Esta obra se distingue en particular por la participación de más de 850 especialistas, lo que representa un esfuerzo sin precedente para brindar información fundamentada que proporcione sólidos elementos de juicio para quienes toman decisiones.

El trabajo desempeñado por la CONABIO ha dado reconocimiento a México, por su liderazgo en estos temas de cómo generar y hacer disponible este conocimiento para el desarrollo de normas, leyes y sentencias de la Suprema Corte, así como la generación de políticas públicas (Edwards *et al.* 2000, SCBD 2010).

Los aspectos antes señalados muestran de forma muy sintética los antecedentes que han permitido producir un mapa de las características y la utilidad que se describen en el libro. Dicho de otra forma, las capacidades desarrolladas por el gobierno federal en la CONABIO durante más de cinco lustros, han sentado bases sólidas, resultado de una amplia colaboración con diversas instituciones y especialistas para generar productos que responden a necesidades específicas y que ayudan a la gestión sustentable de la riqueza biológica de México, esencial para el bienestar de todos los mexicanos.

SEGUNDO APARTADO

ACUERDOS PARA UNA AGENDA PÚBLICA

*Andrés Juárez Muñoz
Diana Lahoz Gómez
Xochitl Ramírez Reivich*

IV. Producción de alimentos y conservación de los ecosistemas

La agricultura y los ecosistemas forman un mosaico de paisajes, tradiciones, técnicas y cultura que constituyen en conjunto el espacio rural. Ese espacio, al igual que los bienes materiales que se encuentran en él, se construye en virtud de un conjunto de decisiones que toma la sociedad y de sus relaciones de producción, consumo y definiciones identitarias, y se transforma continuamente con sus costumbres y su tecnología, generando a la vez nuevas expresiones del territorio. El territorio así entendido contiene tanto los espacios de producción primaria, los centros de población urbanos y las áreas naturales bajo esquemas de conservación y/o de aprovechamiento sustentable. Los productores rurales, principalmente los pueblos originarios, son los agentes de construcción del espacio rural. Ellos pueden ser un factor disruptivo, pero si armonizan su agricultura con la conservación de su capital natural, son un factor clave para el desarrollo territorial sustentable. Es por esta razón que cuando las políticas son adecuadas, la conservación de las áreas naturales y las actividades productivas pueden estar en armonía.

El espacio rural en México

Desde hace siglos, la enorme variedad de ecosistemas, los ríos y la agricultura han definido el mosaico de coberturas del suelo. El ser humano generó la agricultura y ésta a su vez ha configurado a la sociedad. En torno a la agricultura se han formado “asentamientos humanos, organizaciones sociales, instituciones políticas, culturas, redes sociales, poblaciones, patrimonios, tradiciones, historia, sentimientos, afectos, economías y hasta ciudades” (Echeverri 2012). Los ecosistemas sustentan la vida de las comunidades y cuando su población desarrolla sus actividades productivas y de servicios, esto es, cuando interactúa la población con el paisaje, se *construye* el territorio. Al sumar la cultura y las formas en que cada grupo social se expande o se contrae, se observa que el espacio se construye de manera desordenada y hasta contradictoria con la producción de bienes y servicios. La forma que adquiere el territorio facilita o corta los flujos que lo configuran “hay flujos de energía, materias primas, productos acabados, mano de obra, capitales” (Lefebvre 1974), que determinan el paisaje como una consecuencia política y resultado de la confrontación entre poderes. Por ello es relevante comprender el paisaje como esta *construcción social*, asumiendo también el impacto en cualquier sentido de las intervenciones del poder público por la vía de inversiones, subsidios a la agricultura y a la conservación de la biodiversidad y otras subvenciones.

“Lo rural no es únicamente una delimitación geográfica, sino que se refiere a territorios con poblaciones de baja densidad y determinadas características socioeconómicas. El espacio rural es un tejido económico

social, comprende un conjunto de personas, territorios, culturas y actividades diversas, que sirve de amortiguador y de espacio regenerador para el equilibrio ecológico. Así, tenemos al territorio, como un espacio que acoge y en el que se desarrolla la vida social, la actividad económica, la organización política de una comunidad” (Cordero 2013).

En el proceso de construcción social del territorio juega un papel primordial la dicotomía urbano/rural. En tanto que el espacio urbano procesa bienes extraídos del espacio rural, conforme se expanden las ciudades se alteran tierras de cultivo y se carcomen los ecosistemas. En México la sociedad se ha tornado urbana al pasar de “poco menos de 43% en 1950 a casi 78% en 2010” (INEGI 2010). El crecimiento económico de México durante la segunda mitad del siglo XX fue, sin duda, un factor que detonó el éxodo rural. Sin embargo, el espacio rural sigue en constante transformación y construcción.

En México las localidades de 2 500 habitantes son consideradas ciudades, aunque los modos de vida y costumbres de la gente que vive en ellas están asociadas al espacio rural. Por ello, definir la ciudad con base en el número de pobladores es un enfoque basado en una “falsa equivalencia entre modernización y descampesinización” (Gordillo 2018). La dicotomía urbano-rural ha sido un enfoque en el que se basan los estudios territoriales y, aunque con el tiempo se han ido desdibujando las fronteras entre cada espacio, es un enfoque necesario en el diseño de políticas territoriales integradas, ya que las ciudades son agentes demandantes de productos rurales como alimentos, artesanías, agua y de servicios como los espacios naturales de recreación.

En México los recursos naturales están en manos de ejidos, comunidades indígenas y pequeños propietarios que además de producir alimentos, son responsables de resguardar los ecosistemas. Esta doble tarea requiere de especialización y formación que dista mucho de la caracterización que muchos autores hacen sobre las comunidades campesinas como “agregados amorfos, carentes de estructuras propias”, o como

Vida rural campesina de México.

FOTOS DE IZQUIERDA A DERECHA:

BIBIANA ROJAS, LAURA ROJAS / CONABIO



“tradicionales”... “ligadas a la tradición” y juzgándolas como “lo opuesto a lo moderno” (Wolf 1971, citado por Lazos 2013). Por el contrario, las comunidades campesinas son contemporáneas y cosmopolitas en la medida en que acumulan conocimientos y tecnologías de distintas culturas, de diferentes momentos históricos.

Las comunidades campesinas, constructoras del espacio rural, con sus tradiciones y su economía de pequeña escala, incluyendo la producción agrícola y su movimiento interno como autosubsistencia e intercambio local, persisten y resguardan la biodiversidad. Los productores agropecuarios de pequeña escala son guardianes de la naturaleza, no solamente porque se encuentran en zonas de importancia natural estratégica, sino por el conocimiento que han adquirido de su entorno a través de generaciones. Los subsidios a la agricultura o la ganadería son insuficientes para asegurar la calidad de vida de la población, mientras los ecosistemas que complementan las actividades productivas en los territorios permanecen en vulnerabilidad.

Las políticas públicas convencionales agropecuarias, que no han considerado la diversidad cultural y natural del país, y que han aplicado criterios homogéneos en todo el territorio de la República mexicana, han provocado interrupciones en las tradiciones y por lo tanto en los paisajes. Los resultados han sido deterioro ambiental y pobreza. Los subsidios, instrumentos de estas políticas, se han dirigido al fomento indiscriminado de la frontera agropecuaria sin considerar las características del paisaje ni a los ecosistemas naturales. El daño por la deforestación en el espacio rural es muy alto, destruyendo ecosistemas naturales, poniendo en peligro la biodiversidad y disminuyendo los servicios ecosistémicos, con lo cual se erosiona la base de desarrollo de las comunidades locales, de la región y del país.

FOTOS DE IZQUIERDA A DERECHA:
ADALBERTO RÍOS/CONABIO, BIBIANA
ROJAS



Integrar políticas para el desarrollo rural sustentable

La diversificación de actividades económicas dentro de las unidades familiares campesinas y las comunidades, genera oportunidades que los ayudan a mantenerse como dueños de sus medios de producción y salvaguardar sus estilos de vida y los ecosistemas de los que dependen (Rosas-Baños 2013). Apoyarlos para que aprovechen esas oportunidades requiere de una generación de políticas integradoras para el desarrollo rural, entendido como un “proceso de cambio social y crecimiento económico sustentable, que tiene por finalidad el progreso permanente de la comunidad rural y de cada individuo integrado en ella” (Valcárcel-Resalts 1992 citado por Cordero 2013). Sin embargo, no existe una política nacional para promover, estimular e impulsar empresas sociales que le den una mayor independencia a las comunidades en el medio rural. Existen diferencias como el nivel de tecnificación, de inversión financiera, el acceso a mercados, el destino de su producción para abasto familiar, etcétera, que deben ser consideradas en la focalización de políticas y al afinar los mecanismos de distribución de apoyos gubernamentales de manera integral, atendiendo la lógica de la diversidad de territorios, esto es, políticas con enfoque territorial (Yúñez *et al.* 2013).

Para que el Estado continúe cumpliendo las funciones de atender a la población de escasos recursos, incentivar actividades productivas y conservar el capital natural del país, se requiere de este enfoque territorial y que los subsidios no resulten regresivos por generar deterioro ambiental y agotamiento de los recursos naturales. Hay que volver la mirada a los productores de pequeña escala, revalorar “el potencial que tiene este tipo de agricultores para producir alimentos y otros productos del campo de manera más eficiente y, con ello, reducir continuamente la pobreza rural y los riesgos de volver a caer en ella por parte de los hogares” que construyen el espacio rural y los territorios integrados (Yúñez *et al.* 2013).

La coordinación intersectorial es indispensable para aplicar políticas con enfoque territorial que armonicen la producción de alimentos con la conservación de los ecosistemas naturales. Pero ¿cómo diseñar una política integral en un entorno que favorece su segmentación? La coordinación de acciones gubernamentales en el nivel nacional debe reflejarse en la articulación de recursos financieros en la escala local, es así como se valora el papel de las pequeñas unidades de producción rural. Es un gran reto lograr esto en México.

Según el Censo Agrícola y Ganadero 2007 (INEGI 2007), en el país hay 4 millones 69 mil 938 unidades de producción que reportan actividades agropecuarias y forestales, de las cuales 68% son menores a 5 hectáreas. Si se le suman las unidades que van

Tierras degradadas.
FOTO: ANDRÉS JUÁREZ



de 5 a 10 hectáreas, 82% de las unidades de producción en el país son de pequeña y mediana escala. El minifundio es la característica predominante en el campo mexicano y es la unidad que más ha crecido en 80 años: su crecimiento fue de 708.7% al pasar de 332 mil unidades de producción que existían en 1930 a 2.6 millones en el 2007 (Robles-Berlanga 2013).

El maíz y el frijol se producen mayoritariamente por pequeños productores que además se encuentran en las más diversas condiciones ambientales, orográficas y sociales. Los pequeños productores constituyen la principal fuerza de producción alimentaria en México y son a la vez los principales constructores del espacio rural y los garantes de la conservación de su agrobiodiversidad. El minifundio representa un reto tanto para los productores, en el sentido del mantenimiento de las condiciones ambientales de la producción, como para el ejercicio del gasto público debido a la dificultad de la distribución de apoyos y subvenciones a un gran número de productores con pequeños predios.

El problema central en el campo mexicano es la pobreza por ingresos estructurales y coyunturales (bajas dotaciones y productividad, pero también escaso acceso a la protección social). El minifundio asociado a la pobreza se vuelve un nudo gordiano que requiere atención. “En México, 11.4 millones de personas se encuentran en condiciones de pobreza extrema, de las cuales la mitad viven en un medio rural. Del total de los hogares rurales, cerca de la mitad padecen pobreza extrema” (Gordillo 2018). Por esta razón, el Estado mexicano debe atender este rezago social, pero al hacerlo debe cuidar no deteriorar el capital natural en el que se basa el desarrollo presente y del futuro.

Agricultura a pequeña escala.

FOTO: XÓCHITL RAMÍREZ



Por otro lado, en las dinámicas de producción del espacio rural se suma el tema de la propiedad de la tierra. “Los ejidos y comunidades agrarias son la forma de tenencia de la tierra que abarca mayor superficie en el campo mexicano; ellos ofertan una importante producción agropecuaria y en sus suelos están la mayor parte de los montes, áreas forestales, manglares, costas, agua, minas y diversos atractivos naturales” (Morett-Sánchez 2017). “En los casi 32 mil ejidos y comunidades, más de 5.6 millones de ejidatarios, comuneros y posesionarios ofertan al país y, en algunos casos, al mercado externo, alimentos, ganado, materias primas y forrajes, pero también materiales de construcción, artesanías y servicios turísticos; además, brindan [el mantenimiento] de invaluable servicios ambientales, de conservación de la biodiversidad, captura de carbono y recarga de acuíferos” (Morett-Sánchez 2017).

Casi dos terceras partes del territorio se encuentran en propiedad social, es decir, bajo resguardo de ejidos y comunidades que estructuran instituciones locales para la toma de decisiones sobre el manejo colectivo de recursos naturales. Al mismo tiempo, tienen asignado un espacio de producción agropecuaria bajo responsabilidad individual. Por ello, los campesinos de México ejercen una doble función: por un lado son actores centrales en la seguridad alimentaria y, por otro, de la conservación y preservación de los ecosistemas naturales.

En los ecosistemas naturales y agroecosistemas más importantes del país habitan además una diversidad de pueblos originarios que han heredado la cultura de cientos de generaciones. La conjugación de territorios, sus componentes naturales, la cultura, historia y tradiciones de los pueblos originarios conforman el patrimonio biocultural del país. Los componentes del patrimonio biocultural se desglosan en “recursos naturales bióticos intervenidos en distintos gradientes de intensidad por el manejo diferenciado y el uso de los recursos naturales según patrones



Producción de milpa a pequeña escala. FOTO: ANDRÉS JUÁREZ

culturales, los agroecosistemas tradicionales, la diversidad biológica domesticada con sus respectivos recursos fitogenéticos desarrollados y/o adaptados localmente.” (Toledo 1993, citado por Boege 2010). Los pueblos originarios, al ser los más antiguos pobladores de México, han sido los que más contribuyeron a la construcción del espacio rural, del paisaje y de la configuración del territorio en su conjunto, principalmente con sus prácticas de producción de alimentos, convencionalmente llamadas uso y conocimiento tradicional de la biodiversidad, adaptadas a lo largo de siglos a lugares específicos para manejar y aprovechar sosteniblemente el entorno.

Según la FAO, “los pueblos indígenas pueden dar respuestas a la inseguridad alimentaria [a la conservación de la biodiversidad] y a los desafíos del cambio climático” (FAO 2017) porque sus prácticas agrícolas son resilientes al cambio climático, conservan y restauran los bosques y los recursos naturales. Los alimentos autóctonos amplían y diversifican las dietas, sus cultivos son elegidos y están adaptados a condiciones particulares, “los estilos de vida de los pueblos indígenas se adaptan a los espacios que habitan y son respetuosos con los recursos naturales” y en sus territorios se localiza hasta 80% de la biodiversidad.

La extensión de suelos agrícolas en el país es finita, por lo que incorporar nueva superficie significa arrebatarla a los bosques y selvas y con ello entrar al círculo vicioso de la degradación de la tierra, toda vez que los ecosistemas mantienen la capacidad productiva de los suelos agrícolas. Los pequeños productores pueden ser agentes que aceleren el deterioro o, por el contrario, sostengan la capacidad productiva y establezcan la frontera forestal. En cualquier caso, el ejercicio del gasto público puede ser el fiel de la balanza que defina cuál de las dos tendencias domina. Solamente el trabajo conjunto del gobierno federal con los sesenta y ocho pueblos indígenas y miles de comunidades campesinas, en zonas de alta biodiversidad y áreas naturales protegidas que construyen el espacio rural y producen los alimentos que nos sostienen en millones de pequeñas unidades de producción, llevará a la eficacia de las políticas integradoras del desarrollo rural del país. La tarea no puede estar desligada de lo que proponen las agendas ambientales a nivel global y nacional, pero debe tener un referente que posibilite la acción local. La política con enfoque territorial hacia el campo mexicano requiere un diseño para cada caso particular, adecuada a su diversidad de condiciones físicas y culturales, basadas en los acuerdos locales para el manejo del territorio y en la lógica de los productores diversificados y utilizando el mejor conocimiento disponible acerca de la agricultura y los ecosistemas de cada territorio.

V. La amenaza de la deforestación

Frenar la deforestación y degradación de los recursos forestales, y en consecuencia conservar los bienes y servicios que brindan debe ser una prioridad. México ha desarrollado acciones en este sentido, pero aún está lejos de alcanzar la meta de cero deforestación.² La necesidad de obtener beneficios en el corto plazo, la demanda de tierras para mayor número de personas y las inversiones públicas dispersas, son motores de la deforestación. La pérdida de bosques y selvas en el campo mexicano es un problema que no se ha detenido y es propiciada por la falta de una política con enfoque territorial como la descrita arriba.

La deforestación es un proceso de “gradientes de perturbación” de la estructura de las zonas forestales. Incluye modificaciones que van desde el empobrecimiento en la composición florística y la alteración de los bosques, hasta la completa eliminación del estrato arbóreo con fines de cambio en el uso de suelo (Velázquez *et al.* 2011). Las consecuencias de los cambios en la cobertura de suelo comprometen las funciones que desempeñan los bosques, tales como su participación esencial en el ciclo del agua, conservación de los suelos, fijación de carbono y protección de los hábitats. Igualmente afecta a la seguridad alimentaria de cientos de millones de personas, para quienes los recursos forestales constituyen una fuente de alimentación y de provisión de medicinas y energéticos, entre otros muchos beneficios.

Los problemas para la agricultura asociados con la degradación forestal y deforestación son la erosión y la consecuente sedimentación de lagos y ríos, la disminución en la captación de agua y recarga de mantos acuíferos, las violentas inundaciones, y la pérdida de fertilidad de suelos,

² Incluida en la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional que México presentó ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: Alcanzar en 2030 una tasa 0% de deforestación.



Tierras deforestadas para establecimiento de agricultura

FOTO: BIBIANA ROJAS

entre otros; estos en conjunto son causa del aumento de la pobreza, la migración no ordenada hacia las ciudades y la vulnerabilidad ante desastres naturales.

La deforestación anula el papel que tienen los bosques para enfrentar el cambio climático debido a que son “sumideros de carbono”.³ Según datos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), mientras que los bosques han absorbido casi 30% del CO₂ emitido a la atmósfera desde 1750, este proceso se ve anulado, en buena parte, por las emisiones generadas por la deforestación (IPCC 2014).

Deforestación en México

Según datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 (último inventario de cobertura del suelo disponible para México), aproximadamente 71% del territorio nacional está ocupado por vegetación forestal⁴ y el 29% restante corresponde a usos del suelo distinto al forestal, principalmente agrícolas, pecuarios, zonas urbanas y acuícolas, entre otros.

Estos recursos siguen siendo amenazados por la expansión de estos usos de suelo. Establecer la tasa de deforestación de México supone una tarea compleja, debido a la gran cantidad de criterios, métodos y objetivos que acompañan a este tipo de evaluaciones y que arrojan diferentes cifras (Velázquez *et al.* 2011), pero de acuerdo con la FAO la tasa de deforestación de México se ha ido reduciendo desde 1990 (cuadro 1). Independientemente de esta reducción, sigue siendo necesario hacer cambios en el ámbito productivo para detener el deterioro de nuestros recursos forestales. Más aún cuando las proyecciones del crecimiento poblacional indican que para el año 2030 en nuestro país habrá 15.4 millones de personas más que las que existían en 2016 (Conapo 2018), lo que implica una mayor demanda de bienes y servicios ambientales que proveen los ecosistemas.

³ Depósito natural o artificial que absorbe el carbono y contribuye a reducir su cantidad en la atmósfera.

⁴ El término de vegetación forestal que se usa en este documento es el que define la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable: *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.*

Figura 1. Superficie forestal en México. FUENTE: CONAFOR, 2012



Cuadro 1. Tasas de deforestación para México calculadas por FAO

Periodo	1990-2000	2000 - 2005	2005 - 2010	2010-2015
Miles de ha / año	354	235	155	91.6

Fuente: Cifras de FAO 2010 y 2015.

Las principales causas de deforestación en México son la apertura de tierras para agricultura y ganadería, la tala ilegal relacionada con conflictos por la tenencia de la tierra y delincuencia organizada y los incendios forestales originados en un 40% por el inadecuado uso del fuego en prácticas agropecuarias (CONAFOR 2010). La Comisión Nacional Forestal reporta que en México, durante el periodo 2008-2017, se han incendiado un promedio de 348,480 hectáreas al año, 8% de las cuales es superficie forestal arbolada y lo demás corresponde a los estratos herbáceo y arbustivo (CONAFOR 2018a).

Participación de los productores rurales para enfrentar la deforestación

Cuando las comunidades realizan un manejo diversificado de sus ecosistemas naturales, planificado, con reglas, bajo sistemas productivos múltiples como el manejo forestal comunitario, las unidades de manejo y conservación de la vida silvestre y el ecoturismo, entre otros, se logra el doble objetivo de conservar sus recursos naturales, preservar sus modos de vida comunitario y aumentar los ingresos de las personas.

Experiencias de trabajo comunitario en bosques templados han sido documentadas por el Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMSS) que ha realizado diversos estudios y trabajos en campo con los que se demuestra que el manejo forestal comunitario es



Incendios forestales.

FOTO: ALDONZA MÉNDEZ

la forma más eficiente de combinar el aprovechamiento económico de los recursos naturales, la sustentabilidad y la conservación de los bosques (CCMSS 2018). El manejo comunitario de bosques demanda la construcción de mecanismos de gobernanza, soporte técnico para realizar actividades económicas sostenibles, regulaciones estrictas del gobierno y estrechas redes de confianza y transparencia.

Son múltiples los ejemplos que demuestran empíricamente que entre mayor desarrollo del manejo forestal comunitario, menor es la deforestación. El estudio *Procesos de deforestación en el Estado de Quintana Roo, México: el papel del uso de la tierra y la silvicultura comunitaria*, (Edward Ellis *et al.* 2017) concluye que en los ejidos en donde no se practica el manejo forestal comunitario, la deforestación tiene un porcentaje alto y viceversa; que la apropiada administración de las tierras por parte de las comunidades campesinas es la forma más efectiva de proteger el bosque y que en Quintana Roo, y en muchos otros bosques y selvas del país, se tiene que apostar por el manejo comunitario de los bosques apoyando a las comunidades para que administren sus tierras, de lo contrario la deforestación continuará elevando sus cifras.

El ecoturismo ha demostrado ser igualmente eficiente para frenar la deforestación en regiones tropicales donde la viabilidad del manejo forestal sigue siendo aún escaso y porque los impactos al medio ambiente son altos y la productividad limitada y muy vulnerable. “El ecoturismo puede convertirse en un significativo instrumento de conservación, en una alternativa productiva que promueva el desarrollo sustentable y mejore la calidad de vida de los pobladores, y en una oportunidad para que la propia comunidad aprecie su patrimonio cultural y natural” (De la Maza *et al.* 2015).

Los ejidos no son en sí la causa de deforestación y hay que reforzar sus capacidades para realizar actividades productivas. De igual manera, las causas centrales de la deforestación en regiones como la península



Agricultura cerca de bosques.

FOTO: ALDONZA MÉNDEZ

de Yucatán, pueden mitigarse con apoyos al campo a través de la milpa, fomentando la diversificación productiva, la silvicultura comunitaria y otras actividades como la apicultura y el ecoturismo; y finalmente, mediante redes de comunicación y trabajo comunitario, se podrían proteger y restaurar bosques, especialmente ante los incendios (Ellis *et al.* 2017).

El manejo comunitario forestal

Se entiende el manejo comunitario forestal como aquél que incorpora actividades productivas diversificadas y de valor agregado como las que hemos mencionado y no solamente la silvicultura comunitaria. Es primordial entender la complejidad del paisaje productivo para el mejor diseño y ejecución de políticas públicas integradas de conservación de la biodiversidad y mejoramiento de la seguridad alimentaria. Es urgente detener la deforestación, estabilizar las fronteras agropecuaria y forestal, gestionar los bosques de manera sostenible y restaurar los bosques degradados. Con todo ello será posible evitar consecuencias potencialmente perjudiciales para el planeta y sus habitantes.

Pastoreo cerca de recursos forestales. FOTO: ANDRÉS JUÁREZ



VI. La agenda global y su influencia sobre las políticas públicas nacionales

La degradación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales tienen su ámbito de manifestación y de origen en el espacio físico local, aunque normalmente con impactos directos o indirectos en la esfera global. El análisis de las causas debe seguir una lógica desde el territorio, pero la agenda global contribuye en la construcción de las soluciones locales. En este capítulo se hace una breve síntesis de los compromisos internacionales que México ha asumido en materia ambiental y que enmarcan las decisiones del país para alinear sus políticas de conservación y aprovechamiento sustentable con las de seguridad alimentaria.

Esfuerzos por conservar los ecosistemas

Río de Janeiro, Brasil, fue sede de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992, conocida como la *Cumbre de la Tierra*. Entre sus logros se encuentran la creación de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible y la adopción de tres acuerdos de gran relevancia: *la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el Programa 21 y la Declaración de Principios Forestales*. Se originaron también los instrumentos internacionales más importantes para la conservación de los ecosistemas, conocidos como las Convenciones de Río:

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- El Convenio sobre la Diversidad Biológica
- La Convención de Lucha contra la Desertificación

Durante la construcción de la agenda en las Convenciones de Río, la participación de la sociedad civil en el diagnóstico, discusiones y formulación de propuestas para responder a los desafíos ambientales globales provenía de la fuerza del trabajo desde los territorios, entendidos como un conjunto de ciudades y espacios naturales.

Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, cuando fue ratificado por treinta países, con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios obtenidos del uso de los recursos genéticos (CDB 2018).

En Nagoya, Japón, se realizó la COP 10, la reunión del órgano rector del CDB. Allí se adoptó el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica (2011-2020) que contiene las *Metas de Aichi para la Diversidad Biológica*.

ca. En particular la meta 7 que establece que “Para 2020, las zonas destinadas a agricultura, acuicultura y silvicultura se gestionarán de manera sostenible, garantizándose la conservación de la diversidad biológica”. Esta meta, a la que México quedó comprometido, incrementa la necesidad del país para crear políticas públicas transversales y sus respectivos instrumentos para la gestión sostenible de la agricultura y los bosques, particularmente para detener la deforestación (CDB 2010).

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad, Cancún, 2016

La decimotercera Conferencia de las Partes (COP13) se llevó a cabo en Cancún en diciembre de 2016. La propuesta de México para la COP13 fue la “*Integración de la Biodiversidad para el bienestar*”. Durante 2015 y 2016, la sociedad civil, organismos internacionales y agencias de gobierno de los sectores agrícola, forestal, pesquero y turístico, trabajaron de manera coordinada para transversalizar el tema en sus agendas. La propuesta de *integración* implica que la biodiversidad se considere parte integral del funcionamiento de los sectores productivos y de servicios. El objetivo es reducir y, eventualmente, eliminar las prácticas que perjudican a la biodiversidad, mitigando sus impactos negativos para que los ecosistemas se mantengan sanos y sean resilientes ante los daños, asegurando así, el suministro de servicios esenciales para el bienestar humano.

Se llevó a cabo de manera innovadora el Segmento de Alto Nivel previo a los trabajos sustantivos de la COP13, y los Ministros –de los sectores ambiental, forestal, pesquero y turístico– suscribieron la *Declaración de Cancún*, en la cual los gobiernos de los Países Parte se comprometieron a integrar la biodiversidad en sus legislaciones y marcos institucionales, incorporando una visión incluyente (económica, social y cultural) a sus actividades de conservación y uso sustentable de la biodiversidad, que lograra la transversalización de las acciones ambientales.

Dentro de los resultados más relevantes de la COP13 están los siguientes:

- Se adoptaron por consenso decisiones respecto a temas de gran relevancia: integración de la biodiversidad; polinizadores y seguridad alimentaria; uso sustentable de la vida silvestre; pueblos indígenas y comunidades locales; planificación espacial marina; contaminación marina; áreas protegidas; especies en riesgo; cambio climático y, bosques y restauración.
- Respecto a la *Integración de la biodiversidad*, se lograron avances significativos relativos al desarrollo de estrategias sectoriales a nivel nacional en los ámbitos agrícola, forestal, pesquero y turístico.
- México alcanzó un *Acuerdo para la Preservación de Bosques y Selvas, así como para la sustentabilidad alimentaria entre el sector ambiental y el de producción de alimentos*, que posteriormente

se convirtió en parte medular de las transformaciones a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento. Se asumió el compromiso para alinear las políticas forestal y agropecuaria, con la finalidad de impulsar estrategias vinculadas para alcanzar el desarrollo rural sustentable y detener el cambio en el uso de suelo de los terrenos forestales.

- Como compromiso nacional, México se planteó diseñar políticas públicas que armonicen subsidios de protección ambiental y de explotación agrícola y forestal. Así mismo, políticas que promuevan sinergias entre temas ambientales de interés global, es decir, acciones que conserven biodiversidad y potencien la mitigación y adaptación al cambio climático y el control de la degradación de tierras y la desertificación.

México consideró las aportaciones de la sociedad civil, academia, pueblos originarios y organismos internacionales para definir una estrategia de alineación y transversalización de la biodiversidad en el sector agrícola, y además en los sectores turístico, pesquero, minería, infraestructura y manufactura, salud y energía. Por otro lado, sobrepasó los límites de las convenciones internacionales para aterrizar en leyes, reglamentos e instrumentos de política, precisamente como el Instrumento de Información para la armonización de subsidios concurrentes en México que se describe en el tercer apartado de este libro.

VII. Una agenda pública para integrar la biodiversidad en el sector productivo

Es necesario empatar los compromisos internacionales con la política nacional y con las aspiraciones de diversos actores sociales que han demandado el diseño y aplicación de políticas integrales dirigidas al campo para enfrentar retos crecientes.

Siglo XXI. Retos inéditos

Hoy demandamos servicios y recursos como nunca antes en la historia. A causa de la explosión demográfica, se calcula que somos más de siete mil 300 millones de personas en el mundo y llegaremos a alrededor de ocho mil 500 millones para el 2030 (ONU 2015). Consumimos anualmente 2 100 millones de toneladas de cereales (FAO 2009), 80% de las aguas residuales retornan a los ecosistemas sin ser tratadas o reutilizadas (ONU 2017a) y 80% del consumo de energía proviene de combustibles fósiles (Banco Mundial 2015). La consecuencia de haber provisto servicios y recursos como alimentos, agua potable, drenaje y luz, entre otros, sin considerar la conservación del ambiente, es la degradación de los ecosistemas: 13 millones de hectáreas de bosques desaparecen cada año y el aumento en la degradación de las zonas áridas provoca la desertificación de 3 600 millones de hectáreas. La pérdida de bosques y la desertificación amenazan el equilibrio de los ecosistemas y afectan directamente a casi 75% de personas en condición de pobreza a nivel mundial (ONU 2017b).

Producción agrícola.

FOTO: MIGUEL ÁNGEL SICILIA / CONABIO



La población mexicana en 2018 se estima en poco más de 125 millones de personas y será de 138 millones para el 2030 (CONAPO 2018). Para satisfacer la demanda de alimentos se siembran 24.6 millones de hectáreas y se destinan a la ganadería otros 109.8 millones de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP 2016).

Al mismo tiempo estamos viviendo un cambio de paradigmas en los ámbitos político y social, resultado de los avances científicos y tecnológicos. Una de las transformaciones más importantes es la creciente participación de todos los sectores de la población en la toma de decisiones. Frente a estas nuevas realidades la humanidad ha llegado a un consenso: es urgente resolver la paradoja de alimentar a miles de millones de personas sin aumentar la presión que ejercemos sobre los recursos naturales, tomando en cuenta la opinión de todos los sectores sociales.

Para atender tal reto global, México, en acuerdo con el resto del mundo, se sujeta a una agenda para garantizar la seguridad alimentaria sin agotar los ecosistemas. En el 2015 la comunidad internacional adoptó en sesión de la ONU el documento *Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), 169 metas y 230 indicadores. Reconociendo el grave problema de deforestación, degradación de ecosistemas y vulnerabilidad de los territorios rurales, de la agricultura y, por consecuencia, de la seguridad alimentaria de la población, México se propuso crear políticas integrales e instrumentos para ejecutarlas. Esto se enmarca en el objetivo 15 de los ODS: *Vida de ecosistemas terrestres. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad. También tiene su referencia*

Bosque fragmentado
por agricultura.

FOTO: IVÁN MONTES DE OCA /
CONABIO



en el Objetivo 2: Cero Hambre, que busca terminar con todas las formas de desnutrición y hambre para 2030 y garantizar el acceso durante todo el año a una alimentación suficiente y nutritiva (ONU 2019).

Desde la academia y la sociedad civil, la demanda es impulsar la productividad del ámbito rural, conservando la biodiversidad de la que son herederas y custodias las poblaciones indígenas y los pequeños productores rurales (Carabias 2018).

En este contexto, el gobierno de México trabaja junto con una sociedad dinámica y diversa, que fluye del espacio rural hacia los centros urbanos y, aunque en menor medida, de la ciudad al campo; una sociedad con demandas masivas y, al mismo tiempo, especializadas de productos agropecuarios y de espacios naturales, sociedades que se caracterizan por “[...] la *complejidad* de su estructura y funcionamiento, que se atribuye a la interdependencia de recursos entre los actores (políticos, económicos e intelectuales, locales, nacionales, internacionales) [...] saben que se necesitan y dependen los unos de los otros, por carecer cada uno, de los recursos que les son indispensables para realizar sus fines particulares o los fines sociales generales [...]” (Aguilar 2016).

Cuando el país diseña políticas que corrigen la contradicción de la aplicación de subsidios en el territorio para la conservación de los ecosistemas y el fomento agropecuario, se atienden los acuerdos internacionales, al mismo tiempo que se responde a la demanda de la sociedad civil y de los pequeños productores rurales. Con este propósito, SAGARPA y SEMARNAT firmaron en la COPI3 el “*Acuerdo de colaboración y coordinación para preservar los bosques y selvas y fortalecer la sustentabilidad alimentaria del país*”. Las dos Secretarías convinieron diseñar políticas públicas integrales que promuevan la preservación de los bosques y selvas de cambios de uso de suelo para actividades agropecuarias. Esta iniciativa permitió que, por primera vez en México, se tengan instrumentos concretos de política pública para estabilizar la frontera agropecuaria, diseñados conjuntamente como resultado de un laborioso trabajo intersectorial.

Para hacer operativo el Acuerdo, se instalaron formalmente Grupos de Trabajo Técnico y Jurídico interinstitucionales que alcanzaron dos resultados principales: la creación del Sistema Nacional Para la Consulta de Incentivos Concurrentes que se describe detalladamente en el capítulo IX de este libro, y la actualización del marco normativo de las instituciones de ambos sectores que fortalecen su capacidad de cumplir con lo acordado y que consiste en los elementos resumidos enseguida.

1. Por medio de un proceso de análisis interinstitucional en donde participaron SAGARPA, SIAP, SEMARNAT, CONABIO, CONAFOR y CONANP, se definieron las características de un instrumento de información que permite alinear los subsidios de ambas Secretarías. Las instituciones actualizaron su información geográfica y la compartieron para que CONABIO pudiera elaborar el Sistema de Consulta de Incentivos Concurrentes.

Figura 2. Línea de tiempo compromiso SEMARNAT - SAGARPA.



2. Se revisó el catálogo, amplio y complejo, de subsidios al campo para definir cuáles de ellos son compatibles en las zonas de alta importancia para la conservación, como por ejemplo las Áreas Naturales Protegidas.
3. Por primera vez en las Reglas de Operación del Programa de Fomento a la Agricultura 2018, se incluyeron restricciones para actividades agropecuarias en zonas de importancia ambiental (SAGARPA 2017a).
4. CONABIO terminó el mapa de cobertura de suelo que ya tenía avanzado y que se describe en el siguiente capítulo, y se inició su análisis en el seno del Comité Ejecutivo del Subsistema Nacional de Información Geográfica, Medio Ambiente, Ordenamiento Territorial y Urbano del INEGI. En la segunda sesión extraordinaria del Comité, celebrada el 24 de octubre de 2018, se aprobó la propuesta de establecer la información de cobertura de suelo como información de interés nacional. Así, México cuenta por primera vez con una herramienta de gran precisión para apoyar lo previsto en la Ley y alinear los subsidios.
5. Se adicionó un segundo párrafo al Artículo 105 de la LGEEPA para que los incentivos otorgados a actividades agropecuarias sean compatibles con la protección de los suelos forestales, de manera que no se realice el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola o pecuario.
6. Los Artículos 27 y 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable se modificaron para que la SAGARPA no otorgue incentivos a actividades agropecuarias que incrementen la frontera agropecuaria en detrimento de la vegetación forestal.
7. El 5 de junio de 2018 se promulgó la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y se publicó la modificación del Artículo 105 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. De esta manera, se establece por Ley examinar la cobertura de suelo de los terrenos antes de asignar apoyos que contravengan las políticas de conservación del país.
8. El 6 de septiembre de 2018 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo suscrito por SEMARNAT y SAGARPA

mediante el que se establece el instrumento de información a que se refiere el artículo 24, párrafo tercero, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Ambas secretarías definen al instrumento como una plataforma digital que integra la información geográfica, bases de datos e insumos suficientes para que puedan aplicar la información en sus respectivas reglas de operación y que la SAGARPA ejecute lo ordenado en la Ley.

El Acuerdo obliga a las Secretarías y a la CONAFOR a consultar la plataforma digital para la planeación, la elegibilidad de las zonas en las que se pretendan aplicar subsidios y definir los criterios de asignación que se integren a las reglas de operación de sus programas. En caso de duda, y cuando la SAGARPA requiera de información específica de un polígono o hacer visitas de campo para identificar elementos naturales o vegetación forestal, podrá consultar a la SEMARNAT. Ambas Secretarías se comprometen a constituir un grupo de trabajo para la revisión de la plataforma digital cuando alguna de ellas requiera actualizar la información que se integrará a la misma, para validar la calidad y el contenido (DOF 2018a).

Hoy México cuenta, como nadie en el mundo, con un instrumento de gran potencial que contribuye a producir alimentos sin deforestar y así eliminar la principal causa de deforestación del país, sin afectar el bienestar de la población y cumpliendo con los compromisos internacionales ODS #2 y ODS #15, entre otros.

Reglas de operación del Programa de Fomento a la Agricultura

Título III. Disposiciones Complementarias

Capítulo I. De los Derechos, obligaciones y exclusiones

Artículo 120. No se otorgarán apoyos para los siguientes conceptos:

XVI. ... a aquellos terrenos que estén bajo alguno de los siguientes esquemas: Pago por Servicios Ambientales, sitios Ramsar, Programa de Manejo Forestal Maderable y Bosques Certificados; salvo aquellas actividades que no impliquen cambio de uso de suelo, siempre y cuando el

mecanismo de consulta esté disponible, validado por la instancia competente y conforme a la Ley, y XVII. ... en Áreas Naturales Protegidas que cambien el uso de suelo. Para aquellas que cuenten con programa de manejo, no se otorgarán apoyos para la zona núcleo y para las subzonas de: a) preservación, b) aprovechamiento especial, c) uso público, y d) recuperación”.

TERCER APARTADO

EL INSTRUMENTO DE INFORMACIÓN

Rainer Ressler

Michael Schmidt

José Manuel Dávila

Pedro Díaz Maeda

Isabel Cruz López

Raúl Jiménez Rosenberg

VIII. Cobertura de suelo México 2015

La infraestructura de un país no se compone solamente de caminos, puertos, instalaciones y estructuras materiales, sino también de servicios que, sobre bases estandarizadas, generan información sobre el estado y la distribución de su población, sus actividades económicas y agropecuarias y los recursos naturales y antrópicos.

Servicios estadísticos y de información como los que produce de manera consistente y confiable el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) sobre la actividad económica y la participación de la población, están siempre referidos a un espacio geográfico. Tal referencia también puede tener varios niveles de agregación. Por ejemplo: el producto interno bruto de México, o la tasa de población marginada de Chiapas. La unidad espacial puede ser más explícita y mostrar una cierta extensión, tal como lo hace un mapa topográfico o de uso de suelo y vegetación, mismos que a su vez muestran unidades mínimas de mapeo cuya resolución determina la escala del mapa.

Para que los gobiernos cumplan con el mandato de generar las condiciones que permitan el crecimiento de la actividad económica, garantizar la seguridad nacional, proveer la infraestructura para la educación y los servicios de salud y alimentarios, se requiere una cartografía de gran detalle, confiable y de frecuente actualización, que permita identificar los huecos en la provisión de servicios que pueden impactar a la población, generando cambios en su estructura, entre los cuales se pueden presentar procesos de migración regional, nacional o internacional.

Aunque aún hoy en día hablamos de mapas, en realidad la cartografía moderna se usa en formato de bases de datos, lo que nos permite hacer análisis mediante sistemas de información geográfica (SIG), mismos que permiten responder de manera rápida y eficiente a las preguntas de diferentes usuarios. Por ejemplo, hace dos décadas un funcionario estatal de planeación tenía que consultar varios mapas impresos, cada uno con diferentes capas de información, para responder a la pregunta de una corporación de tiendas sobre dónde construir un supermercado. Se tienen que tomar en cuenta varios datos diferentes para optimizar la provisión de una infraestructura nacional de compra de alimentos y mercancías de corto plazo que la población encuentra típicamente en supermercados. La estructura de la distribución de la población, así como su densidad, niveles de ingresos, niveles de educación, además de la cercanía a puertos y aeropuertos para conseguir la mercancía, la disponibilidad de carreteras para su entrega a la tienda, son todos factores importantes para la selección del sitio donde resulta rentable ofrecer estos servicios. Aunque provengan de diferentes fuentes, todos estos datos tienen una referencia espacial, es decir, una ubicación que típicamente se describe con coordenadas. Lo que antes tenía que hacerse en mapas separados comparándolos, ahora toda la información se guarda en grandes bases de datos que permiten el análisis oportuno y rápido del tipo de problemas como el arriba planteado. Los estándares para asignar la información espacial están regulados y descritos en México por el INEGI.

En el sector del medio ambiente en México, la generación de estos datos espaciales ha sido insuficiente por muchos años. Aunque INEGI publica cada 5 años mapas de alto detalle temático de los tipos de vegetación del país, éstos no cuentan con el suficiente detalle espacial ni son actualizados con la frecuencia y rapidez necesaria como para constituir la base de la infraestructura digital que se demanda para la planeación y control de programas estatales y federales o las inversiones económicas.

En el año 2016, y como uno de los resultados derivados de la COP13 de Biodiversidad, SEMARNAT emprendió un proyecto para generar información ambiental de manera más eficiente y exacta. Con base en trabajos y desarrollos de la CONABIO y sus socios, la CONAFOR y el INEGI, la SEMARNAT encargó a la CONABIO la construcción de un mapa de la cobertura del suelo del país con una muy alta resolución espacial, generado a través de un proceso automatizado, para poder cumplir en el futuro con las necesidades de la actualización de esta información tan sensible para el desarrollo sustentable del país. Este mapa se produce 10 veces más rápido que los mapas de la serie de vegetación y uso del suelo del INEGI, tiene 500 veces más detalle y su costo es de una fracción de los mapas generados por métodos tradicionales. La producción automatizada además garantiza una alta consistencia y calidad en la información contenida. También provee la facilidad de generar estadísticas detalladas acerca de la calidad técnica e información contenida en el mapa.

La primera aplicación de la nueva serie de mapas de alta exactitud y detalle de la cobertura del suelo de SEMARNAT, será la revisión de los detalles de la cooperación con la actual SADER sobre la aplicación correcta y oportuna de los incentivos económicos para la producción alimentaria nacional. El mapa es, por lo tanto, una herramienta clave para asegurar un desarrollo sustentable, esto es, sin destruir la base material de los recursos naturales del país. Aparte de este uso, el mapa de cobertura de suelo se ha incorporado a un sistema de consulta que permite obtener información y analizar la estructura y estado de conservación de los ecosistemas (selvas, bosques, matorrales, etc.).

Hacia un sistema integral de monitoreo forestal

En el año 2006, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) propuso un mecanismo llamado REDD (Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques). El propósito de este mecanismo es incentivar a los países a disminuir sus tasas de deforestación en comparación con un nivel de referencia nacional, calculada a partir de la tasa de deforestación en las últimas décadas (de 1990 o principios del 2000) (UNFCCC 2006). Esto es, el mecanismo ofrece compensaciones a cambio de reducciones en tasas de deforestación recientes.

Durante la 16ª reunión de la CMNUCC en Cancún, en noviembre de 2010, México presentó su estrategia nacional hacia el programa

REDD. Para este fin, se estableció utilizar el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS) y técnicas de percepción remota como insumos para el desarrollo de un sistema nacional de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de los estados y dinámicas de la cobertura vegetal mexicana.

Este sistema posee dos componentes centrales según las guías sobre mejores prácticas del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Primero el componente de Factores de Emisión (EF, por sus siglas en inglés), que debe generar estimaciones del carbono contenido en la vegetación, estimaciones realizadas con base en modelos alométricos generados a partir de valores medidos en el marco del INFYS. El segundo componente, denominado “datos de actividad” (AD, por sus siglas en inglés), parte de la generación de mapas de cambio de uso de suelo con base en los cuales se extrapolan los resultados del componente EF y se generan estimaciones de carbono para el país completo. El gobierno federal, a través de la SEMARNAT, bajo el marco de una colaboración interinstitucional, ha desarrollado a lo largo de los últimos tres años un sistema operativo para el procesamiento de datos satelitales de alta resolución. Las cuatro instituciones involucradas: CONABIO, CONAFOR, INEGI y CONANP, desarrollaron dicho sistema con un enfoque automatizado que provee mapas de cobertura del suelo y de su cambio a escalas de 1:100 000, 1:50 000 y 1:20 000, utilizando imágenes de los satélites *Landsat*, *Sentinel* y *RapidEye*.

El desarrollo de MADMEX

CONABIO y CONAFOR, apoyados por el INEGI, iniciaron en el año 2011 el desarrollo de métodos automatizados para asignar con alta exactitud, alta resolución espacial y con frecuente periodicidad (anualmente) los cambios de cobertura del suelo para todo el territorio mexicano. Este sistema de procesamiento llamado MADMEX (MRV-AD México REDD) está actualmente operando en la CONABIO (versión 4.0) y en la CONAFOR (versión 2.2.). El sistema en ambos casos está instalado en la nube por razones de eficiencia y costos de procesamiento. El sistema permite la clasificación de imágenes satelitales de alta a mediana resolución espacial, es decir, genera información con tamaños de resolución de 5, 10, 20 y 30 m. Los sensores que MADMEX 4.0 permite procesar son Landsat 5, 7 y 8, Sentinel-2 y RapidEye, para generar cartografía nacional de cobertura de suelo, así como la detección y descripción de los cambios entre clasificaciones correspondientes a dos fechas.

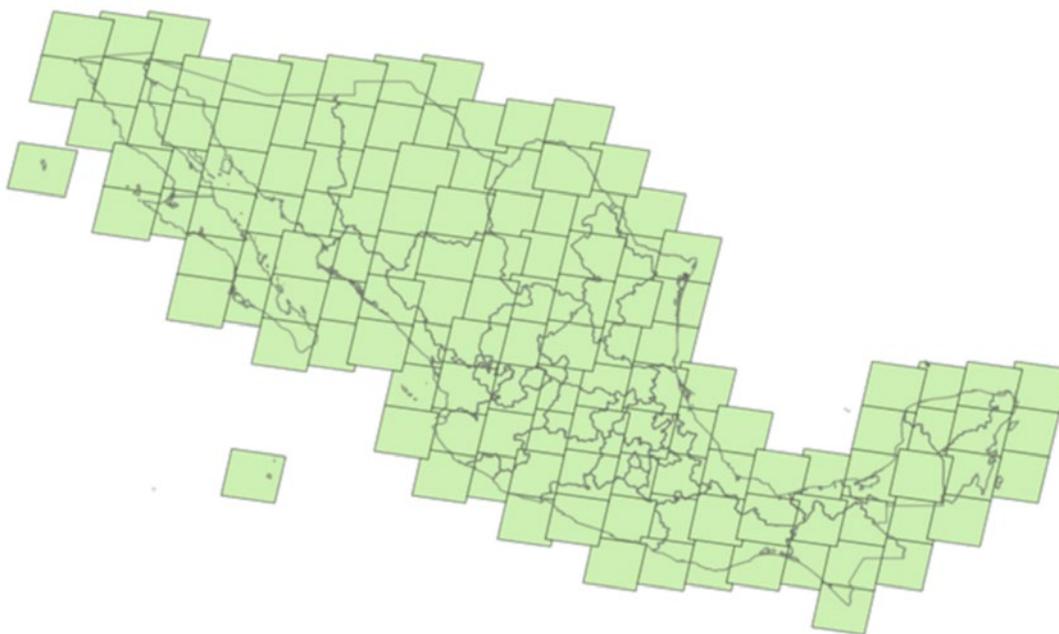
El sistema MADMEX consta de la interrelación de diferentes componentes de *hardware*, *software* y algoritmos que cumplen tareas específicas: bases de datos, un sistema de gestión de archivos, servidores y *software* de procesamiento. Una gran parte del *software* fue desarrollado en la CONABIO e incluye diferentes algoritmos para el procesamiento y la clasificación de las imágenes. MADMEX es robusto, conservador, escalable y transferible. Para finales del año 2017 el sistema fue utilizado para gene-

rar un mapa nacional de cobertura del suelo para todo México, con base en imágenes satelitales de resolución de 5 m de los sensores RapidEye.

Aparte de la instalación en la nube, el sistema se alberga también en una potente infraestructura dentro de la CONABIO: 5 servidores y 100 núcleos de procesamiento, medio Petabyte de almacenamiento y un sistema de archivos que facilita el acceso en paralelo a los datos de diferentes años (décadas, en el caso de Landsat).

Para generar un mapa nacional de cobertura basado en Landsat se procesaron más de 3 000 imágenes aprovechando todas las observaciones disponibles en cualquier año calendario dado. Así, se asegura una descripción de los tipos de vegetación y la cobertura de suelo no solamente por su reflectancia, es decir, la parte de la radiación solar modificada y reemitida hacia el espacio en las diferentes partes del espectro electromagnético, sino también la descripción temporal de estas clases por su comportamiento estacional. Por ejemplo, un matorral típico tiene una respuesta espectral muy diferente en las temporadas secas y de lluvia. Con la infraestructura actual de la CONABIO, esto se logra procesar en tan sólo 7 horas. El producto análogo basado en RapidEye se genera procesando más de 10 000 imágenes (más de 1 000 000 000 000 de píxeles) que requiere 2.5 días de cómputo en la infraestructura de la CONABIO o hasta solamente de 12 horas en la nube, dependiendo de cuántos recursos se compren del proveedor de imágenes.

Figura 3. Matriz de cobertura nacional con imágenes del sistema Landsat del usgs de Estados Unidos. Una cobertura completa de México requiere 135 imágenes. Para México se cuenta con 48,326 imágenes Landsat-5 TM tomadas entre los años 1982-2011 y con 25,881 imágenes Landsat-7 ETM+ entre los años 1999-2011.



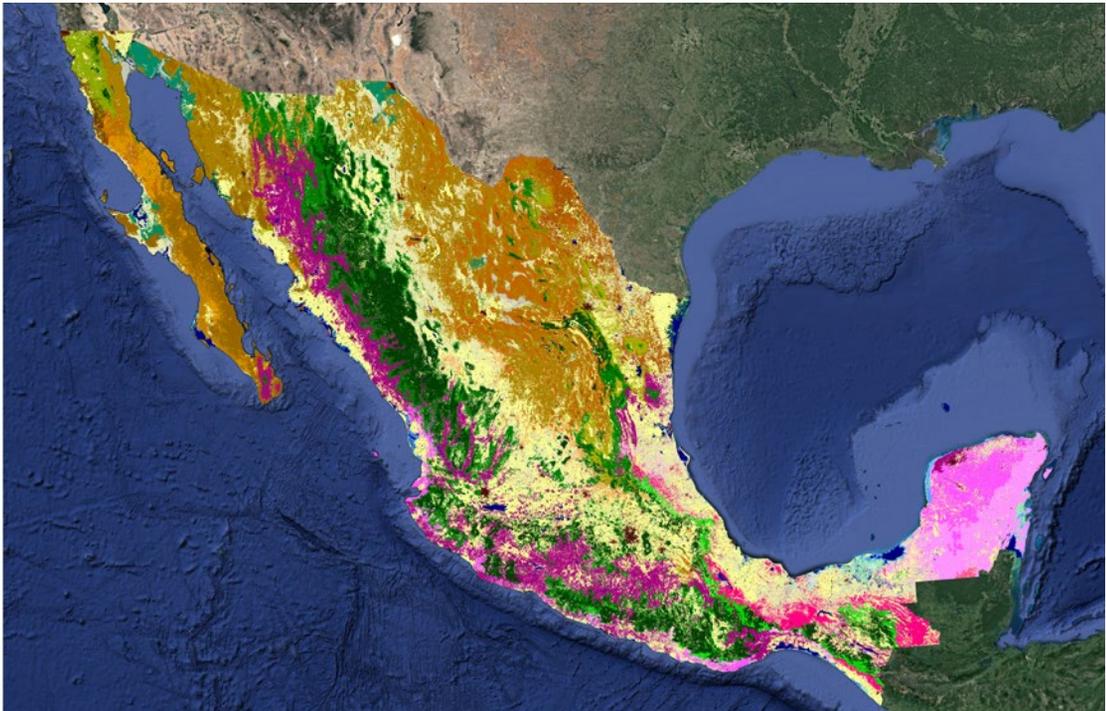
El primer mapa nacional de alta resolución

Para generar el mapa detallado de los tipos de vegetación más importantes y otras coberturas de suelo que SEMARNAT encargó en 2016, la CONABIO y la CONAFOR establecieron la meta de elaborar un producto cartográfico que permitiera distinguir parches pequeños de vegetación natural en el país, dado el alto grado de fragmentación de los ecosistemas de México. Este mapa debe también constituir la base para otros productos cartográficos detallados usándolo como base de datos para entrenar los algoritmos de clasificación y con ello generar de manera rápida y eficiente cartografía nacional actualizada, confiable y exacta.

Para generar este producto se recolectaron y procesaron 10 894 imágenes de satélites de alta resolución de la constelación RapidEye en el año 2015. Una cobertura sencilla completa nacional requiere de 3 888 imágenes de esta constelación. Con esta cantidad de imágenes se logró captar cada kilómetro cuadrado del territorio nacional con una redundancia mínima de 2 veces durante ese año, logrando así captar los estados fenológicos de la vegetación natural y cubiertas antropogénicas del país.

El gobierno federal ha adquirido para una ventana de tiempo entre los años 2011 a 2016 más de 70 000 imágenes de la constelación RapidEye, que permiten cubrir el territorio nacional al menos dos veces por año y en temporadas contrastantes: épocas seca y de lluvias. Todas las imágenes

Figura 4. Cobertura de suelo de México. Mapa base 2015.
Véase la descripción de la cobertura en el mapa desplegable adjunto.



Cobertura de suelo México 2015



Bosques de aciculifolias y escuamifolias

Bosques latifoliados

Bosque húmedo de montaña

Manglar y petén

Selvas húmedas

Selvas secas

Matorral alto denso

Matorral méxico

Matorral bajo abierto

Vegetación acuática menor

Vegetación de suelos arenosos

Vegetación halófila

Pastizales y otra vegetación herbácea

Tierras agrícolas

Urbano y construido

Suelo desnudo

Agua



- Bosques de aciculifolias y escuamifolias
- Bosques latifoliados
- Bosque húmedo de montaña
- Manglar y petén
- Selvas húmedas
- Selvas secas
- Matorral alto denso
- Matorral méxico
- Matorral bajo abierto
- Vegetación acuática menor
- Vegetación de suelos arenosos
- Vegetación halófila
- Pastizales y otra vegetación herbácea
- Tierras agrícolas
- Urbano y construido
- Suelo desnudo
- Agua

0 500 1000 1500 km
1:3,500,000

cuentan con una alta calidad en su geo-localización y co-registro, hecho que permite generar mapas de cambio de cobertura con mucha exactitud espacial. Todo este acervo de imágenes RapidEye cuenta con una licencia amplia de uso, lo que asegura su acceso a los órganos del gobierno federal, de los gobiernos estatales y a los miembros de la academia del país.

RapidEye es una constelación de 5 satélites con sensores en el rango visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético que genera mediciones de alto detalle en unidades espaciales (píxeles) de 5 m. En la elaboración del mapa de referencia se han generado más de 4000 clasificaciones para poder tomar en cuenta la variación temporal y regional de los tipos de cobertura de la tierra observados. Por ejemplo, aunque una selva baja caducifolia pertenece al mismo tipo de vegetación por sus características estructurales, este tipo de vegetación presenta distintas composiciones florísticas y dinámicas fenológicas diferente en, por ejemplo, los estados de Campeche o Jalisco.

La clasificación automática a nivel nacional de imágenes RapidEye con un tamaño del píxel de sólo 5 m y un tamaño de imagen de sólo 25 por 25 kilómetros constituye un enorme desafío. Principalmente por la disponibilidad de datos de entrenamiento del algoritmo para definir las clases individuales. Los datos de entrenamiento son bases de datos de referencia que sirven para que el algoritmo reconozca de qué clase se trata y cómo está definida por la respuesta espectral; esto hace que el algoritmo sea capaz de identificar las clases por sí solo. Para lograr alta resolución temática, espacial y temporal, el equipo de expertos de la CONABIO ha creado datos de entrenamiento confiable, compilando la información nacional e internacional más exacta disponible de varios tipos de cobertu-

Figura 5. Matriz de cobertura nacional con imágenes de la constelación de satélites ópticos RapidEye. Las características de las imágenes son: 2 coberturas completas/año, temporada seca/lluvias, cobertura de nubes por debajo de 10% por cuadro, exactitud espacial (co-registro) 1 píxel (5 m) y exactitud cartográfica (geo-registro) 25 m. Fuente: Gebhardt *et al.* 2015



ra. Se generó un juego de datos de referencia con base en los productos comparables de uso de suelo y vegetación del INEGI series II-VI (INEGI 2016), datos de la agencia espacial alemana (DLR) sobre la extensión de asentamiento, datos de la CONABIO sobre la extensión de los manglares de México y finalmente datos de la Comisión Europea (EC), procesado por el Centro de Investigación Mutuo (JRC) en Italia sobre la naturaleza y localización de diferentes tipos de cuerpos de agua. Estos datos sirven como referencia para las clasificaciones automatizadas de los datos RapidEye.

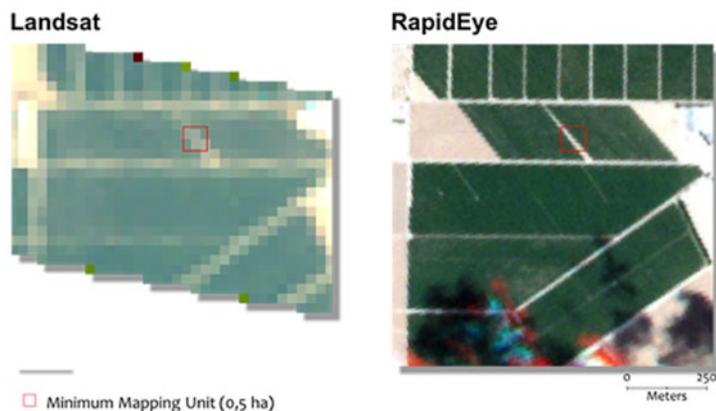
Se ha generado un producto cartográfico vectorial que consiste en más de mil millones de objetos —en comparación con la cartografía de INEGI que distingue solamente 130 000 objetos en la República. Para reducir la enorme complejidad del mapa con el fin de permitir su uso a una amplia gama de usuarios, se generó una versión agregada del mapa que cuenta con “solamente” 400 millones de objetos. Esta reducción se logró sin sacrificar mucha información y exactitud al agregar los objetos más pequeños a un nivel mínimo de 0.5 hectáreas.

El cuadro 2 muestra las diferencias en detalle y tiempo de producción de un mapa generado con MADMEX versus el método manual, basado principalmente en expertos de INEGI.

Cuadro 2. Comparación MADMEX y la Serie INEGI VI

	<i>Sistema MADMEX</i>	<i>Serie INEGI VI</i>
Cantidad de imágenes usadas	más de 10,000	entre 100 - 200
Unidad de información mínima distinguida	400 - 5,000 m ²	250,000 - 500,000 m ²
Tiempo de producción	150 días	1095 días
Cantidad de objetos / segmentos	400 - 1,000 millones	100,000 - 130,000
Cantidad de clases	2, 5, 10, 17, 31	10, 14, 72, 220

Figura 6. Comparación visual de los sistemas Landsat y RapidEye para captar detalle sobre el territorio nacional. El cuadro rojo representa un área de 0.5 hectáreas.



La decisión de usar imágenes RapidEye fue tomada entre los miembros de las instituciones involucradas para contar con un mapa de muy alta resolución a nivel nacional, con bastante más detalle que los productos de INEGI, para poder usar este mapa también como insumo principal en todas las tareas de planeación y reportes nacionales e internacionales. La diferencia en la capacidad de RapidEye de captar detalle comparado con el sistema Landsat es impresionante y permite que el mapa tenga múltiples usos.

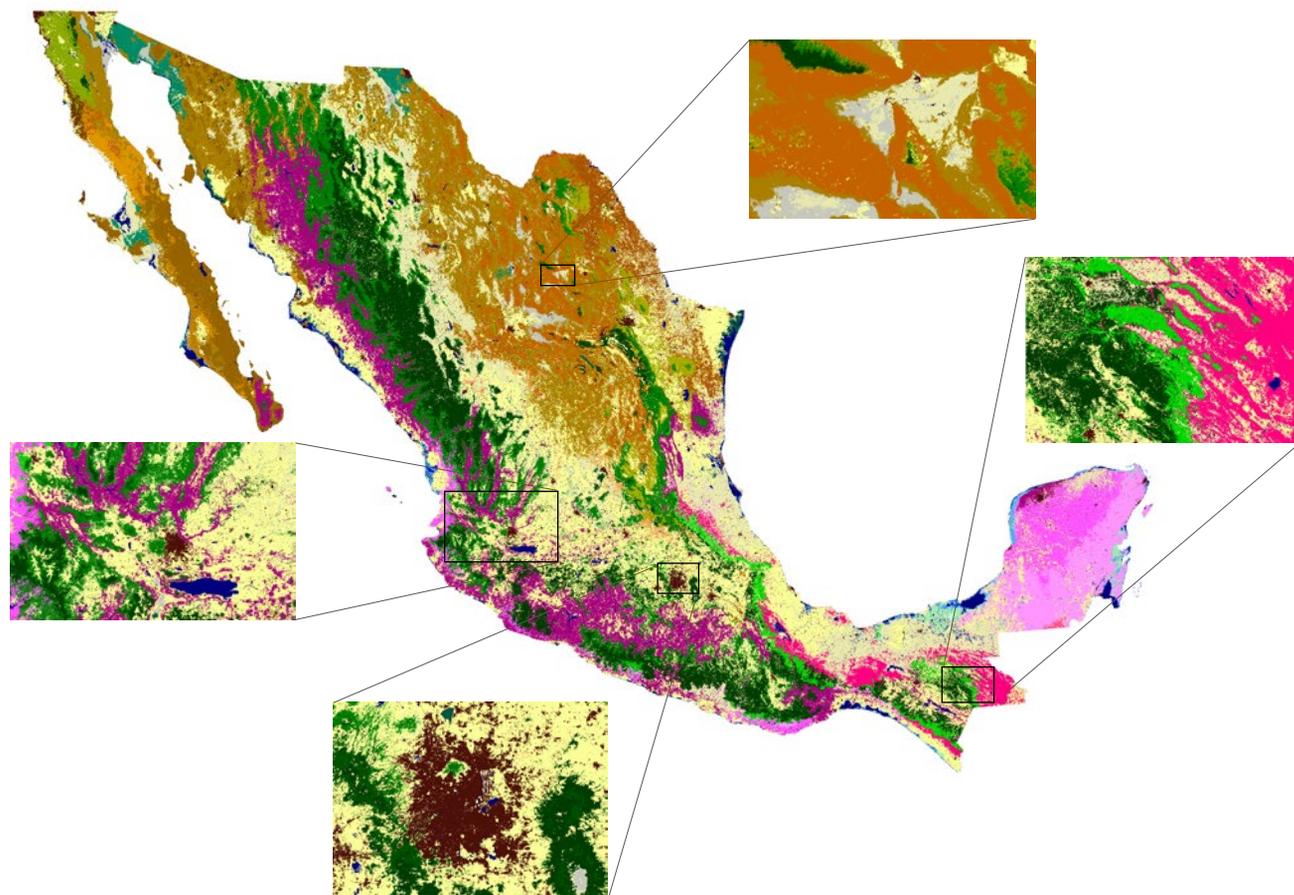
No sólo son mapas de colores

Ya se han procesado múltiples mapas nacionales de cobertura de suelo anual a una escala 1:100 000. Esto se generó con base en datos Landsat correspondientes a los años entre 1990 y 2010. El esquema jerárquico de las clases de cobertura de suelo define 4 niveles de detalle o agregación de clases. El nivel más fino contiene en total 31 clases, 10 de ellas representan tipos boscosos (bosques y selvas), 10 clases describen matorrales y las 11 clases restantes representan agricultura, pastizales, humedales, cuerpos de agua, zonas urbanas y otros tipos de vegetación.

Para la propuesta del mapa de Cobertura de Suelo como Información de Interés Nacional, se acordó entre la SEMARNAT, el INEGI y la CONABIO una agregación de 17 clases. Este mapa se generó a partir de imágenes *RapidEye* del año 2015 y la estimación de exactitud global alcanzada es de 80.7%. Las clases de bosques primarios se han identificado con exactitudes entre 84.2% y 97.1%. Las exactitudes de las clases de matorrales se encuentran entre 69.16% y 97.3%. Cuando se agregan clases para generar seis grupos: bosques, selvas, matorrales, vegetación menor, otras tierras y agua la exactitud es de 81.3%. Si simplemente se intenta distinguir áreas forestales de no forestales, se alcanza una exactitud de 92%.

En el cuadro 3 se presentan los valores de exactitud para cada una de las 31 clases pertenecientes al mayor nivel de detalle temático que contiene la cartografía de cobertura de suelo generada a través del sistema MADMEX.

Figura 7. Panorama, MADMEX Landsat-7 año 2000, 31 clases, entrenado con MADMEX Landsat 2000.



- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|  | Bosque de coníferas: oyamel, ayarín y cedro |  | Matorral sarco-crasicaule |
|  | Bosque de coníferas: de pino y táscate |  | Matorral sarcocaulé |
|  | Bosque de encino y bosque de galería |  | Matorral sarco-crasicaule de neblina |
|  | Chaparral |  | Matorral rosetófilo costero |
|  | Mezquital y chaparral submontano |  | Matorral desértico rosetófilo |
|  | Bosque mesófilo y selva baja perennifolia |  | Popal |
|  | Selva baja y mediana perennifolia, bosque de galería y palmar natural |  | Tular |
|  | Manglar y petén |  | Vegetación de dunas costeras |
|  | Selva mediana y alta perennifolia |  | Vegetación de desiertos arenosos |
|  | Selva alta subperennifolia |  | Vegetación halófila hidrófila |
|  | Selva baja caducifolia y subsubcaducifolia y matorral subtropical |  | Vegetación halófila xerófila y gipsófila |
|  | Selva mediana caducifolia y subcaducifolia |  | Pastizales |
|  | Mezquital xerófilo, galería y desértico micrófilo |  | Tierras agrícolas |
|  | Matorral crasicaule |  | Urbano y construido |
|  | Matorral espinoso tamaulipeco |  | Suelo desnudo |
| | |  | Agua |

Cuadro 3. Valores de exactitud para cada una de las 31 clases de cobertura de suelo, correspondiente al máximo detalle provisto por el sistema MADMEX

<i>MADMEX (31 clases)</i>	<i>Exactitud (%)</i>	<i>MADMEX (31 clases)</i>	<i>Exactitud (%)</i>
Bosque de coníferas: oyamel, ayarín y cedro	87.2	Mezquital y matorral submontano	75.3
Bosque de coníferas: de pino y táscate	79.4	Matorral desértico micrófilo, mezquital xerófilo, vegetación de galería	88.2
Bosque de encino y bosque de galería	70.8	Matorral sarco-crasicaule	91.9
Bosque mesófilo y selva baja perennifolia	84.4	Matorral sarcocaule	96.1
Manglar y petén	66.4	Matorral rosetófilo costero	86.4
Selva baja y mediana subperennifolia, bosque de galería y palmar natural	77.2	Matorral desértico rosetófilo	84.6
Selva mediana y alta perennifolia	92.6	Popal	58.0
Selva alta subperennifolia	90.2	Tular	93.8
Selva baja caducifolia y subcaducifolia, matorral subtropical	81.4	Vegetación de dunas costeras	90.6
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	83.1	Vegetación de desiertos arenosos	85.6
Matorral crasicaule	85.0	Vegetación halófila hidrófila	57.8
Matorral sarco-crasicaule de neblina	92.5	Vegetación halófila xerófila y gipsófila	85.6
Matorral espinoso tamaulipeco	87.6	Pastizales	53.3
Chaparral	71.8	Tierras agrícolas	84.5
		Urbano y construido	83.0
		Suelo desnudo	74.0
		Agua	88.6

IX. Sistema Nacional Para la Consulta de Incentivos Concurrentes (SINACIC)

Los programas y subsidios ambientales y agropecuarios en México se han atendido respectivamente por SEMARNAT y SAGARPA por décadas, sin que existieran los instrumentos legales necesarios para establecer una comunicación entre ambas instituciones, que permitieran identificar la posible duplicidad de apoyos a un mismo predio, la identificación conjunta de la frontera forestal y agrícola, o bien posibles afectaciones a los recursos naturales por subsidios que implicaran el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Resultado de esa falta de coordinación institucional, la deforestación a causa del cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, en los últimos años ha sido un problema grave y evidente en estados como Chiapas, donde un porcentaje considerable de tierras que reciben subsidios agrícolas se encuentran dentro de zonas forestales que deberían ser conservadas. Con la firma del Acuerdo de Colaboración entre SAGARPA y SEMARNAT durante la COP13, ambas instituciones se propusieron enfrentar este problema.

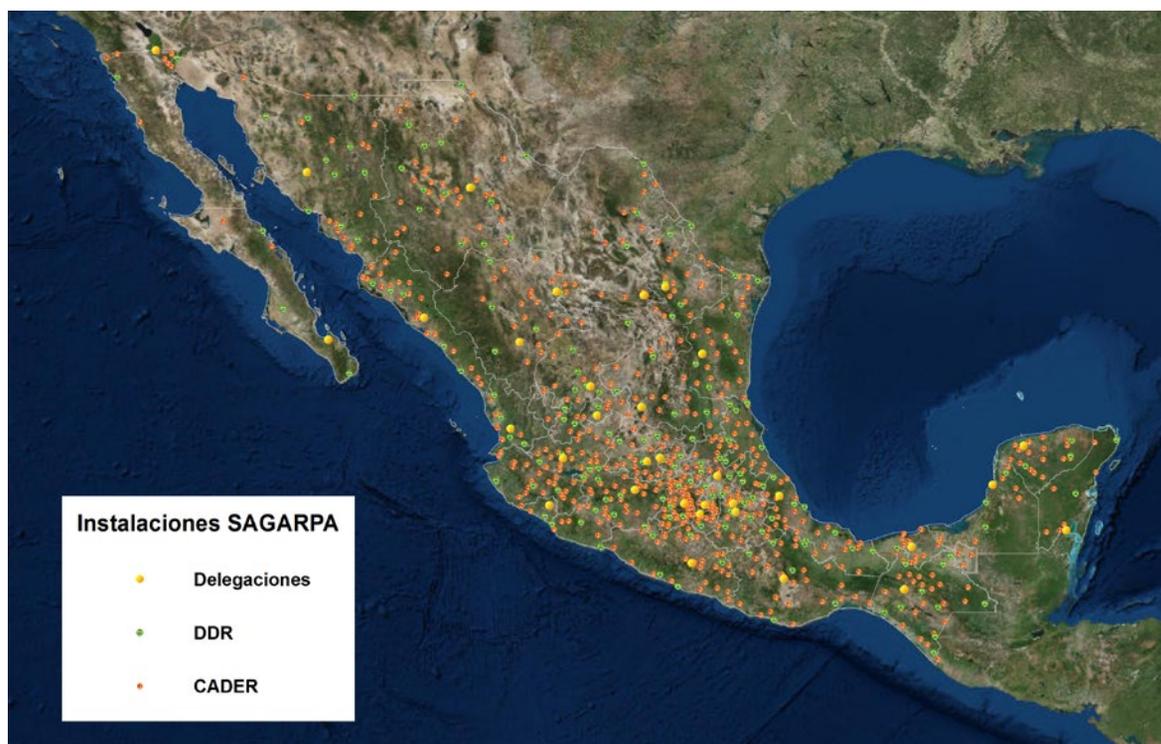
Las modificaciones legales descritas en el capítulo VI son de gran trascendencia, ya que por primera vez en la historia del país se da un

acuerdo que permite la comunicación e interacción entre ambas instituciones, estableciendo la creación de un Instrumento de Información para que, en el proceso de atención de solicitudes de subsidios agrícolas de la SAGARPA (SADER), se considere la evaluación de la información ambiental de la SEMARNAT.

SAGARPA y las Reglas de Operación (RO)

La SAGARPA (ahora SADER) tiene entre sus objetivos propiciar el ejercicio de una política de apoyo que permita producir y aprovechar mejor las ventajas comparativas del sector agropecuario, integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía, y estimular la colaboración de las organizaciones de productores con programas y proyectos propios, así como con las metas y objetivos propuestos, para el sector agropecuario, en el Plan Nacional de Desarrollo. Uno de sus objetivos específicos es “revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad” (SAGARPA 2018). La SAGARPA (SADER) se apoya en Programas regidos por Reglas de Operación (RO) que contienen las disposiciones, las descripciones de los apoyos, requisitos, montos, restricciones y precisan la forma de operar los apoyos o incentivos. Las RO 2018 contemplan ocho programas generales con 42 conceptos de apoyo (detalladas en anexo).

Figura 8. Mapa base de los CADER, DDR y Delegaciones de la SAGARPA a nivel nacional, Serie IV. Fuente: SAGARPA, 2017b



El procedimiento para solicitar recursos en SAGARPA se inicia con la apertura de ventanillas que reciben tales solicitudes de quienes estén inscritos en el Padrón de Solicitantes y Beneficiarios. El Sistema Único de Registro de Información (SURI) valida sus datos y emite un dictamen. En caso de cumplir con los requisitos del incentivo o apoyo solicitado, se hace la entrega de los recursos. La inscripción al padrón se puede realizar en los 713 Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER), en los 192 Distritos de Desarrollo Rural (DDR), así como en las 33 Delegaciones de la SAGARPA (SAGARPA 2017b). La distribución espacial de los CADER y DDR a nivel nacional se puede apreciar en la figura 8.

Insumos cartográficos para la plataforma de consulta

El Instrumento de Información y su respectiva plataforma para consultar si un subsidio cumple con lo establecido con la Ley, requirió que se elaborara una matriz de decisión que considera las RO y hace acopio de insumos cartográficos para determinar si un subsidio es apto para el predio en donde se solicita. Los insumos cartográficos son: 1] Frontera Agrícola, 2] Cobertura de Suelo de la República Mexicana, 3] Áreas Naturales Protegidas, 4] Pago por Servicios Ambientales, 5] Aprovechamientos Forestales, 6] Incendios o Áreas Quemadas, 7] Índice de Integridad Ecosistémica, 8] Manglares de México y otros para la caracterización espacial. En el anexo se describen cada uno de estos insumos y en un recuadro se explica qué datos contiene el Instrumento de Información.

La Matriz de decisión

La Plataforma de consulta incluye una función que facilita la tarea a los tomadores de decisiones al momento de elegir qué subsidio podría ser apto o no apto para un predio determinado de acuerdo con las Reglas de Operación de la SAGARPA. Para el SINACIC, las reglas de decisión consisten en determinar cuáles de los 371 subsidios (RO 2018) o conceptos de incentivo que prevén esas RO se pueden aplicar en el predio georreferenciado que se subió a la aplicación, con base en su ubicación y al resultado de la intersección con cada una de las capas que forman el Instrumento de Información. Estas reglas se establecieron en una matriz en cuyas filas se enlistan los conceptos de los incentivos agrícolas y en las columnas se enlistan las capas de información ambiental con su respectiva clasificación y zonificación. Las RO pueden cambiar cada año y por ello la matriz de decisión se tiene que ajustar con respecto a esos cambios. La plataforma de consulta tiene la flexibilidad técnica de incluir esos cambios por medio de la incorporación de los cambios potenciales vía la modificación de la matriz.

Cada institución del Sector Ambiental responsable de las capas cartográficas incluidas en el Instrumento de Información, revisó los incentivos y determinó la pertinencia de aplicarlos o no, considerando

las implicaciones que éstos tendrían en las zonificaciones de las capas. Se llenó la matriz apuntando el valor 1 para indicar que un subsidio sí está permitido (es apto) y valor 0 para indicar que un subsidio no está permitido (no es apto).

Para algunas capas, como la de Áreas Naturales Protegidas, esta actividad resultó muy laboriosa debido a las diferentes zonificaciones con las que cuentan las ANP. Además, para determinar los subsidios permitidos en cada zonificación fue necesario que cada responsable de administrar las ANP llenara la matriz de acuerdo con lo establecido en los respectivos Planes de Manejo.

El resultado es una matriz que permite dar respuesta a casi el total de solicitudes al sistema, dejando aquellas en las que existe una incertidumbre en el resultado obtenido, para que sean atendidas de manera particular por el personal del CADER/DDR y algún funcionario de la SEMARNAT, pudiendo, de ser necesario, hacer una verificación física del predio.

Diseño, desarrollo e implementación de la plataforma SINACIC

El diseño para el uso y las funcionalidades de la plataforma, sobre todo la interfaz gráfica, fue de alta importancia desde el inicio del proyecto para asegurar que los usuarios potenciales del sistema pudieran utilizarla en forma amigable, eficiente y sin requerir el conocimiento de Sistemas de Información Geográfica. Se optó por un diseño en el cual el usuario pudiera ver los resultados del análisis espacial simultáneamente en forma tabular con sus estadísticas, y también a través de un visor que permite observar las capas seleccionadas. También desde la primera vista el usuario obtiene una indicación visual sobre capas conflictivas con el predio solicitado, en colores tipo semáforo. Adicionalmente se puede activar/desactivar cada capa de información de su interés.

Se hizo un diseño comprensible y de fácil uso. Además, la aplicación requiere pocas demandas sobre el hardware del usuario de tal manera que una PC estándar y una conexión básica a Internet son suficientes. Por otro lado, el sistema es lo suficientemente robusto como para manejar varios cientos de solicitudes potencialmente concurrentes en paralelo. Y, finalmente, el sistema proporciona información sintetizada del resultado del análisis espacial para los responsables de la toma de decisiones, en el marco de la generación del dictamen para cada solicitud.

De esta forma el instrumento de consulta responde a preguntas importantes de contexto espacial del predio para la toma de decisión, tales como:

- ¿El predio cuenta con autorización de aprovechamiento forestal? (SEMARNAT)
- ¿El predio ha recibido apoyo del programa de Pago por Servicios Ambientales? ¿Ha sufrido un incendio forestal en los últimos 10 años? (CONAFOR)

Cuadro 4. Ejemplos de calificación de predios a través del sistema de consulta

<i>Situación</i>	<i>Calificación del instrumento</i>	<i>Significado</i>
Polígonos que presenten un porcentaje de 2% o más de su área en las subzonas de uso restringido de protección o zona núcleo de las áreas naturales protegidas (ANP) federales, estatales y municipales.	Rojo	No se recomienda el otorgamiento para actividades agropecuarias que cambien el uso de suelo.
Polígonos que se encuentren completamente fuera de las subzonas de protección y uso restringido de la zona núcleo de las ANP federales, estatales y municipales, pero dentro de otra subzonificación de ANP (p.e. zona de amortiguamiento). La aplicación los marcará en color amarillo.	Amarillo	Se recomienda condicionar el otorgamiento de incentivos a lo establecido por el programa de manejo del ANP en cuestión.
Polígonos que se encuentren completamente dentro o toquen los polígonos (2% de su área) de pagos por servicios ambientales y aprovechamientos forestales.	Rojo	No se recomienda el otorgamiento para actividades agropecuarias que cambien el uso de suelo.
Polígonos que se encuentren completamente fuera de la cartografía de frontera agrícola, la aplicación los marcará en color rojo, señal de que en estas zonas no se permitirá ningún subsidio.	Rojo	No se recomienda el otorgamiento para actividades agropecuarias que cambien el uso de suelo.
Polígonos que se encuentren dentro de la frontera agrícola y no toquen las capas de interés ambiental.	Verde	Se recomienda el otorgamiento para actividades agropecuarias.

- ¿El predio se encuentra dentro de un Área Natural Protegida? ¿El programa de manejo de la ANP permite actividades agropecuarias? (CONANP)
- ¿El predio se encuentra dentro de un ecosistema de importancia ambiental? ¿Se encuentra en un manglar? ¿Tiene integridad ecosistémica mediana o alta? (CONABIO)

Reporte

La generación de un reporte como resumen del análisis espacial es una funcionalidad útil para que los tomadores de decisiones dictaminen si un predio es apto o no apto para un subsidio, según los criterios ambientales de la plataforma de consulta. En tiempo cuasi-real el sistema de consulta genera un archivo PDF, con los resultados del cruce de la geometría del predio con las capas cartográficas individuales.

El documento incluye la información básica del predio como número de folio y solicitante y todas las estadísticas que resultan de la intersección disponiendo información adicional sobre los atributos de la capa, por ejemplo, qué tipo de vegetación tiene y sus porcentajes en superficie. Adicionalmente marca en estilo de semáforo la aptitud del predio en colores verde (apto), amarillo (a revisión) o rojo (no apto), y de esa forma el analista puede ver inmediatamente el/los criterio(s) ambientales conflictivo(s) para el predio consultado. En el último renglón

del reporte PDF se enuncian otra vez los criterios analizados a través de una visualización de colores de semáforo, repitiendo y simplificando las estadísticas de las capas individuales (figura A10 del Anexo).

Antes de generar el documento en PDF, el usuario tiene la posibilidad de configurar una ventana con la ubicación del predio con las capas geográficas de su selección, de tal forma que puede activar todas las capas de su interés o solamente las capas conflictivas. Puede activar/desactivar adicionalmente los mosaicos satelitales y/u otros mapas base para conseguir información. Finalmente puede ajustar el nivel de zoom según el gusto y necesidad del usuario, para obtener el contexto espacial para su predio. Una vez terminada la configuración de la vista geográfica con las capas activadas se puede generar el PDF el cual se coloca directamente en la computadora del usuario. El reporte por sí solo no emite un dictamen sobre la aptitud de un predio, sino que provee información ambiental esencial para la toma de decisiones.

En una próxima etapa del desarrollo se incluirá un segundo reporte como resultado del análisis espacial, representando solamente los conceptos de incentivos que resultan aptos después de la aplicación de la matriz de decisión. Este reporte servirá como guía para la selección de un incentivo/subsidio en congruencia con la información ambiental.

Conclusiones

El conflicto entre las políticas públicas relacionadas al desarrollo de las áreas dedicadas a la producción agrícola y aquellas relacionadas a la conservación de lo que ahora llamamos “el capital natural” de los países, ha sido una tensión permanente en la historia del desarrollo de la humanidad. En realidad, se convirtió en conflicto cuando la presión por abrir cada vez más terrenos a la producción de alimentos se incrementó debido a varios factores, entre ellos principalmente el crecimiento demográfico y la falta de políticas y directrices apropiadas para una adecuada producción de alimentos dentro de las constricciones ecológicas de cada región. El conflicto llegó al punto de que se consideró al cambio del uso del suelo para la producción de alimentos, como la causa más importante de pérdida de la diversidad biológica del mundo: se calcula que para el año 2000, 37% de la superficie terrestre estaba dedicada a la agricultura. En México de acuerdo con el Atlas Agroalimentario y pesquero del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en 2016 se destinaron 24.6 millones de hectáreas a la agricultura (12.52% del territorio nacional) y 109.8 millones para la ganadería (55.9%).

Este libro relata un evento inédito en México: el establecimiento de un acuerdo entre dos sectores cruciales del gobierno mexicano como son el sector agrícola y el ambiental, que reunió varios elementos importantes: 1] la voluntad política de los titulares de las secretarías de esos dos sectores, Rafael Pacchiano de SEMARNAT y José Calzada de SAGARPA, para alinear las necesidades de las actividades agrícolas con las de la conser-

vacación del capital natural, 2] el desarrollo de una propuesta concreta de modificación de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable que establece la obligación de consultar un instrumento de información acordado por ambas secretarías, basado en criterios de conservación de la diversidad biológica, para el otorgamiento de subsidios solicitados por los campesinos, y previstos en las reglas de operación, y 3] el desarrollo de las herramientas metodológicas necesarias para instrumentar el acuerdo, plasmado en la Ley, en la práctica y en las condiciones reales del campo y del procesamiento de los cientos de miles de solicitudes simultáneas de los cientos de modalidades de subsidios en unos segundos.

El instrumento de información construido con las bases de datos de ambas secretarías facilita la alineación de las políticas para lograr simultáneamente la autosuficiencia alimentaria del país y la meta de cero deforestación causada por el cambio de uso de suelo hacia la agricultura y ganadería. Con ello se valora el doble papel de los campesinos en la alimentación del país y la conservación del enorme capital natural mexicano.

ANEXO

Reglas de Operación (RO) de SAGARPA del año 2018

Cuadro A1. Reglas de Operación

<i>Programa</i>	<i>Componentes</i>
Fomento a la Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> A. Capitalización Productiva Agrícola; B. Estrategias Integrales de Política Pública Agrícola; C. Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico Agrícola; D. Mejoramiento Productivo de Suelo y Agua; E. PROAGRO Productivo; y F. Energías Renovables
Fomento Ganadero	<ul style="list-style-type: none"> A. Capitalización Productiva Pecuaria; B. Estrategias Integrales para la Cadena Productiva; C. Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico Pecuarios; D. PROGAN Productivo; y E. Sustentabilidad Pecuaria
Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola	<ul style="list-style-type: none"> A. Impulso a la Capitalización; B. Paquetes Productivos Pesqueros y Acuícolas; C. Desarrollo de la Acuicultura; D. Ordenamiento y Vigilancia Pesquera y Acuícola; y E. Fomento al Consumo
Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria	<ul style="list-style-type: none"> A. Campañas Fitozoosanitarias; B. Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera; C. Inspección y Vigilancia Epidemiológica, de Plagas y Enfermedades Reglamentadas no Cuarentenarias; y D. Vigilancia Epidemiológica, de Plagas y Enfermedades Cuarentenarias
Productividad y Competitividad Agroalimentaria	<ul style="list-style-type: none"> A. Acceso al Financiamiento; B. Activos Productivos y Agrologística; C. Certificación y Normalización Agroalimentaria; D. Desarrollo Productivo del Sur Sureste y Zonas Económicas Especiales; E. Fortalecimiento a la Cadena Productiva; y F. Riesgo Compartido
Apoyos a la Comercialización	<ul style="list-style-type: none"> A. Incentivos a la Comercialización; y B. Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones
Apoyos a Pequeños Productores	<ul style="list-style-type: none"> A. Arráigate Joven Impulso Emprendedor; B. Atención a Siniestros Agropecuarios; C. Desarrollo de las Zonas Áridas /(PRODEZA) D. El Campo en Nuestras Manos; E. Extensionismo, Desarrollo de Capacidades y Asociatividad Productiva; F. Fortalecimiento a Organizaciones Rurales; G. PROCAFÉ e Impulso Productivo al Café; H. Programa de Incentivos para Productores de Maíz y Frijol (PIMAF); I. Proyectos Productivos (FAPPA); J. Infraestructura Productiva para el Aprovechamiento Sustentable del Suelo y Agua (Ejecución Nacional); y K. Proyecto de Seguridad Alimentaria para Zonas Rurales
Concurrencia con las Entidades Federativas	<ul style="list-style-type: none"> A. Infraestructura, Equipamiento, Maquinaria y Material Biológico; B. Paquetes Tecnológicos Agrícolas, Pecuarios, de Pesca y Acuícolas; y C. Capacidades Técnico Productivas y Organizacionales

Frontera Agrícola (FA)

Se define como la zona de división entre las tierras ocupadas con cultivos y aquellas donde se desarrollan actividades no agrícolas, que nunca antes fueron cultivadas y en las que crece sólo vegetación natural. Existe una vocación del suelo para fines agrícolas, que se conforma con la superficie que actualmente se encuentra en dicha actividad y aquella que es susceptible de ser utilizada para ese fin v.g., por condiciones de suelo, textura, retención de humedad, profundidad, condiciones climáticas, pendiente, entre otros. Como las tierras ocupadas por cultivos no son las mismas a través del tiempo, la frontera agrícola es dinámica. La definición del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)¹ es: “La frontera agrícola es el conjunto de terrenos sembrados más los terrenos que en los últimos cinco años fueron sembrados y hoy se encuentran en descanso por causas de migración o de fertilidad” (SAGARPA-SIAP 2017). Se consideran los últimos 5 años como el tiempo máximo en que los terrenos en descanso puedan permanecer dentro de la frontera agrícola.

La FA contiene información temática en las modalidades de riego y temporal, y con niveles de desagregación estatal y municipal con base en los límites establecidos por INEGI en el Marco Geoestadístico del año 2013. La escala con la que fue digitalizada es de 1:10 000.

Como se explicó en el capítulo IV, la frontera agrícola es dinámica porque se determina por las necesidades humanas de ocupación del territorio.

¹ El SIAP, dependiente de la SAGARPA, está a cargo de la actualización de la cartografía sobre la frontera agrícola de México.

Datos incorporados al Instrumento de Información

De acuerdo con el Atlas Agroalimentario 2015, la superficie sembrada agrícola en México se ha mantenido relativamente constante en los últimos 25 años en alrededor de 20 millones de hectáreas. En la actualización del año 2016 se obtuvo una superficie de 24.6 millones de hectáreas equivalente a 12.6% del territorio nacional (no incluye la superficie existente de pastizales cultivados). Por entidad federativa, Veracruz es la que mayor superficie agrícola ocupa, con 8.4%, seguida por Chiapas, Tamaulipas, Zacatecas y Sinaloa con 7.8, 6.5, 6.1 y 5.8 por ciento respectivamente. Tlaxcala es la entidad que, en porcentaje, mayor superficie de frontera agrícola ocupa con respecto al total estatal, siendo de 62%, lo que significa, que 6 de cada 10 hectáreas de la superficie estatal está dedicada a la actividad agrícola. A la fecha existen tres versiones de la FA y la tercera versión se encuentra en proceso de actualización para generar la versión FA IV. 2011-2013:

- Conjunto de Datos Vectoriales de la Frontera Agrícola de México serie I en escala 1:20,000 (integración)
- 2013-2014 Frontera agrícola Serie II, escala 1:10 000 (actualización)
- 2015-2016 Frontera agrícola, Serie III escala 1:10 000 (actualización)

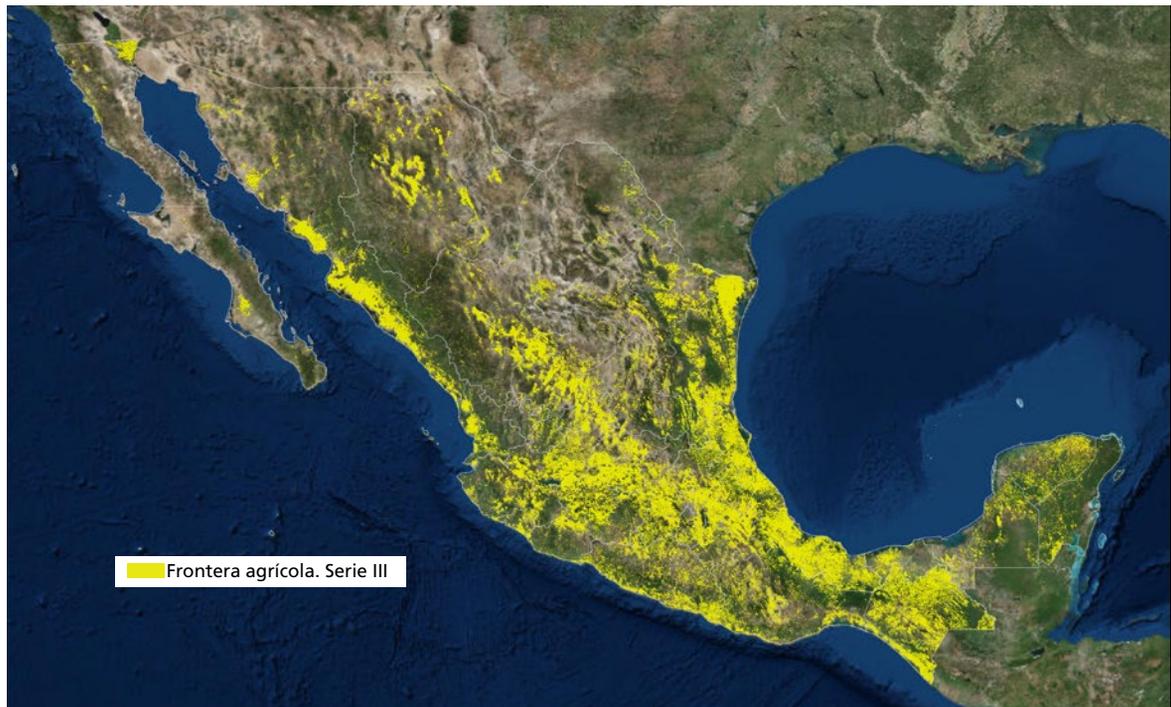


Figura A1. Frontera Agrícola Serie III: en color amarillo las zonas de agricultura temporal y de riego.

FUENTE: SAGARPA/SIAP, 2017

Si bien técnicamente existe una definición de la vocación del suelo que se utiliza para definir la frontera agrícola, el aumento en la extensión espacial de la agricultura depende de otros factores como la necesidad de espacios para cultivar (agricultura de ladera o en zonas inundables) y las necesidades económicas, lo que puede empujar a los productores rurales a construir espacios agrícolas en zonas forestales.

Cobertura de suelo de la República Mexicana

El término “cobertura de suelo” se refiere a la descripción del material físico en la superficie de la Tierra, diferenciándose así del término “uso de suelo”, el cual está definido por las asignaciones derivadas de la actividad humana en un territorio. Sin embargo, ambos están estrechamente relacionados, razón por la que muchos proyectos combinan el mapeo de uso y la cobertura de suelo.

Actualmente México posee varias fuentes de información sobre cobertura y uso de suelo a nivel nacional, pero la única fuente con sustento legal ha sido la cartografía del INEGI, publicada a través de sus series de cartografías denominadas “Uso de suelo y vegetación (continuo nacional)”. Esta cartografía de recursos naturales muestra la ubicación, distribución y extensión de diferentes comunidades vegetales y usos agrícolas con sus respectivas variantes, como tipos de vegetación, tipos de

agricultura, e información ecológica relevante. Hoy en día existen seis series con cobertura nacional desde 1997 (serie I) hasta 2016 (serie VI) en escala 1:250 000.

Otra cartografía con cobertura nacional proviene del proyecto tri-nacional “Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte” (NALCMS, por sus siglas en inglés) y provee cartografía anual desde 2005 hasta 2011 en resolución espacial de 250 m y en escala 1:1 000 000, y más recientemente de 30 m de resolución espacial y escala 1:100 000 para los años 2010 y 2015 (terminación 2019).

Ambos insumos cartográficos (INEGI y NALCMS) son insuficientes por su escala para determinar la frontera forestal con el detalle requerido para un sistema nacional de subsidios/incentivos concurrentes y para la plataforma de consulta que se diseñó. También son insuficientes para tomar decisiones de manejo territorial como por ejemplo las relacionadas con el cambio de uso de suelo o de acciones de restauración ambiental. Por ello se decidió generar una nueva cartografía detallada con base en datos satelitales de alta resolución espacial (Rapideye, 5 m) y con una escala de 1:20 000. El mapa descrito en el capítulo VIII es un producto único en el país que permite una mejor aproximación a la vegetación y cobertura de suelo que se presenta en el territorio nacional. La revisión de la exactitud del mapa revela niveles muy altos de calidad que lo hacen muy útil para aplicaciones de modelación o aplicaciones científicas, entre otros.

Áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales y voluntarias

Las áreas naturales protegidas (ANP) son resultado del esfuerzo conjunto de los gobiernos federal, estatal y municipal, empresas de la iniciativa privada, organizaciones del sector civil, centros de investigación y universidades, agencias de cooperación internacional, pobladores locales, campesinos, pescadores y pueblos originarios. Las ANP federales se crean por Decreto Presidencial y en él se establece su nombre, ubicación y categoría de manejo (Reserva de la Biosfera, Parque Nacional, Santuario, Monumento Natural, Área de Protección de Flora y Fauna y Área de Protección de los Recursos Naturales). Pueden cubrir superficies terrestres, marinas o ambas y cada ANP está formada por uno o varios polígonos, contruidos con base en coordenadas.

La CONANP cuenta con la información en formato vectorial (shapefile), representada en polígonos que contiene información básica de cada ANP como el nombre, categoría de decreto, categoría de manejo, estados, municipios, superficie total, marina y/o terrestre, primer decreto, último decreto, fecha de publicación de su respectivo Programa de Manejo y si dicha ANP está inscrita en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). La actualización de esta información se realiza cuando es decretada una nueva ANP, se presenta una recategorización o se hace alguna modificación de superficies.

En 2018 México cuenta con 182 ANP Federales, que cubren 90,839,532 hectáreas:

- 44 Reservas de la Biosfera
- 67 Parques Nacionales
- 5 Monumentos Naturales
- 8 Áreas de Protección de Recursos Naturales
- 40 Áreas de Protección de Flora y Fauna
- 18 Santuarios



Figura A2. En color verde las áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales y voluntarias.
FUENTE: CONANP 2018

Casi todas las ANP cuentan con programas o planes de manejo que definen los usos principales de la tierra (actividades permitidas/no permitidas) en las diferentes zonas de las ANP. La zonificación o subzonificación es el instrumento técnico de planeación que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en su declaratoria.

A nivel territorial, las ANP funcionan como nodos en los que la vegetación natural persiste y desde los cuales el territorio se conecta.

Las ANP incluyen zonas núcleo donde los ecosistemas naturales se encuentran en condiciones ecológicas óptimas y zonas de amortiguamiento, donde pueden llevarse a cabo actividades agropecuarias. Las comunidades rurales encuentran en las ANP un instrumento de construcción del territorio, integración de actividades y alineación de la biodiversidad en los medios de vida.

Datos incorporados al Instrumento de Información

Todas las ANP federales, estatales, municipales y voluntarias, con o sin plan de manejo.

Pago por Servicios Ambientales (PSA)

Los servicios ambientales son beneficios derivados de los procesos naturales en los ecosistemas, y mantienen condiciones que permiten que toda la vida en el planeta exista, incluyendo al ser humano. Los servicios ambientales generados por los ecosistemas forestales influyen directamente

en el mantenimiento de la vida, proporcionando beneficios y bienestar para la sociedad, a nivel local, regional o global. Algunos de los principales servicios ambientales son la captación, infiltración y provisión de agua de calidad y en cantidad suficientes, la conservación de la biodiversidad, la mitigación de los efectos del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono, la retención y formación de suelo y la belleza escénica, entre otros.

El PSA fue creado como un incentivo económico para los dueños de los terrenos en donde se generan estos servicios con el objetivo de fomentar la conservación de los ecosistemas forestales y compensar tanto el costo de oportunidad derivado de realizar actividades que dañan los ecosistemas, como los gastos en los que se incurre al hacer prácticas de buen manejo forestal. Por ello el PSA es considerado un instrumento de conservación de ecosistemas que coadyuva a evitar el cambio de uso de suelo, disminuir riesgos de incendios y de sanidad forestal.

Las zonas que reciben o han recibido Pago por Servicios Ambientales cuentan con una inversión del Estado mexicano en la preservación de ecosistemas naturales. Se incluye esta capa de información con el propósito de evitar que la inversión del Estado se diluya debido al cambio de uso del suelo: donde se han pagado servicios ambientales deben crearse mecanismos de sostenibilidad financiera que mantengan los ecosistemas en las condiciones adecuadas para que cumplan la función de proveer el servicio a lo largo del tiempo.

Las zonas de elegibilidad de servicios ambientales se han definido mediante un proceso técnico-cartográfico, con el objeto de focalizar la asignación de apoyos a fin de generar mayor ganancia ambiental y social. Para su determinación se tomaron en cuenta diferentes criterios e insumos que permiten una mayor focalización de los apoyos.

Se incorporó la siguiente información: la capa de Sitios Prioritarios desde la Perspectiva Biológica (basada en cartografía de la CONABIO del año 2012), la capa de beneficiarios de ejercicios anteriores, el mapa de uso de suelo y vegetación Serie IV del INEGI, el Índice de Presión Económica a la Deforestación (basado en cartografía del INE del año 2010) y la capa de Conservación de la Biodiversidad. La integración de esta información fue un esfuerzo de coordinación entre varias áreas del sector ambiental, y permitió calificar a cada polígono que recibe los apoyos de PSA.

Figura A3. Línea del tiempo del PSA en México. CONAFOR 2017



Como parte de la estrategia para la promoción de mecanismos de pago por servicios ambientales en México, el Gobierno Federal a través de la CONAFOR emprendió dos iniciativas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) a partir de 2003, y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA) desde el año 2004. A partir de 2006, los dos programas se fusionaron bajo un solo concepto denominado Servicios Ambientales, que forma parte del programa ProÁrbol (figura A3). A partir del año 2007 el presupuesto destinado al Programa de Pago por Servicios Ambientales se incrementó cinco veces. En el periodo 2003-2010, la CONAFOR asignó 5 289 millones de pesos bajo el esquema de Servicios Ambientales para la ejecución de 4 646 proyectos de conservación, en una superficie de 2 767 000 hectáreas. También apoyó la elaboración de 760 documentos para proyectos (2004 a 2009) con una inversión adicional de 85 millones de pesos, beneficiando así a más de 5 400 ejidos, comunidades y pequeños propietarios en todo el país. En 2010 se realizaron pagos diferenciados por tipo de ecosistema.

Datos incorporados al Instrumento de Información

Polígonos de PSA de los años 2010-2016 en las categorías "Servicios Ambientales Hidrológicos" y "Conservación de la Biodiversidad" con un área total nacional de 2 439 645 hectáreas.

Aprovechamiento Forestal (AF)

Capa de información que contiene los polígonos de aprovechamiento forestal maderable, no maderable y plantaciones vigentes que fueron autorizadas por la SEMARNAT o que presentaron un aviso para su ejecución. Se entiende por aprovechamiento forestal a la extracción de los recursos forestales del medio en el que se encuentren, incluidos los maderables y no maderables. Las autorizaciones de aprovechamiento forestal maderable, incluyen autorizaciones de modificaciones de programas de manejo forestal, refrendos al término del ciclo de corta, así como trámites unificados de aprovechamiento forestal. La plantación forestal comercial es el cultivo de especies forestales establecidas en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, con propósitos mercantiles.

La integración a nivel nacional de la cartografía de los predios se realiza en el Sistema Nacional de Gestión Forestal (SNGF). Mediante este sistema se gestionan 39 de los 40 tipos de trámites en materia forestal y se atienden en promedio de 55 a 57 mil trámites a nivel nacional por año (SEMARNAT 2017).

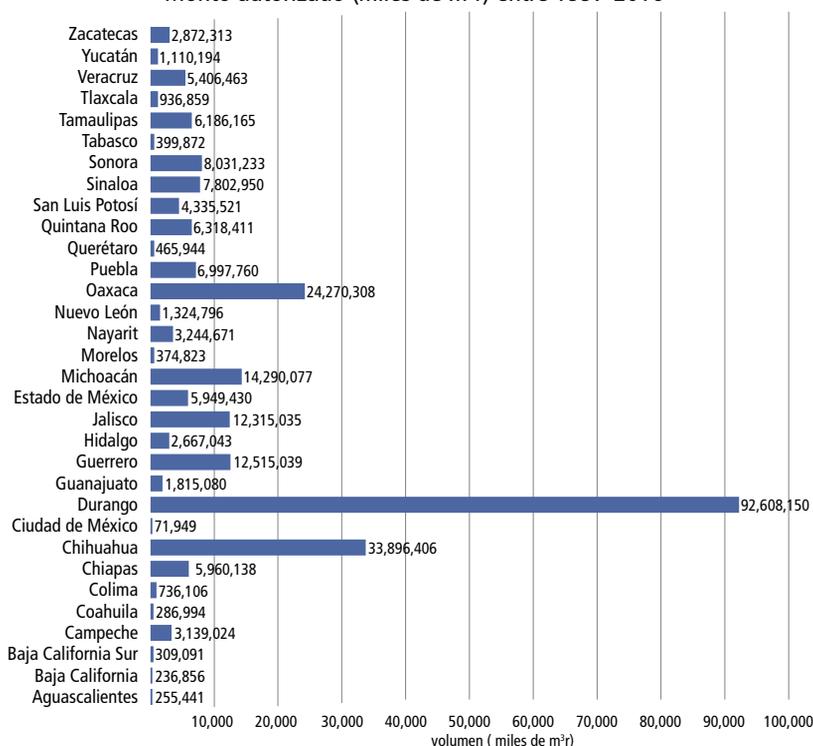
Para incorporar este insumo al Instrumento de Información se integró y depuró toda la información geográfica de aprovechamientos forestales. Para octubre de 2018 la capa en la plataforma de consulta tiene 15 720 758 hectáreas de AF otorgados entre los años 1997-2017, incluyendo 4 802 860 hectáreas con AF no maderables, y 1 802 075 hectáreas

con Plantaciones Forestales Comerciales (SEMARNAT 2017). Esta superficie es dinámica, ya que continuamente vence la vigencia de los aprovechamientos o se incorpora nueva superficie. Según las estadísticas de CONAFOR (2017) esas áreas tienen 48 928 beneficiarios/número de autorizaciones con un volumen forestal total de 267 130 142 m³r o un promedio anual de 13 334 690 m³r (entre los años 1997-2016).

Datos incorporados al Instrumento de Información

Polígonos con información sobre las autorizaciones de aprovechamiento forestal maderable entre los años 1997 hasta 2017.

Figura A4. Autorizaciones de aprovechamiento forestal maderable
Monto autorizado (miles de m³r) entre 1997-2016



Incendios y Áreas Quemadas (AQ)

El fuego es uno de los elementos de la naturaleza que ha participado en la evolución de la vida en la Tierra. Tiene funciones ecológicas en algunos ecosistemas que dependen de él, al favorecer el desarrollo de la vegetación y del suelo, mientras que en otros su ocurrencia puede originar graves consecuencias, porque los ecosistemas son sensibles al fuego, cuando no lo necesitan para su desarrollo. El fuego se convierte en un peligro cuando se sale de control y se transforma en un incendio forestal que afecta a los ecosistemas con diferentes grados de severidad.

En México los incendios forestales ocasionados por causas naturales, principalmente por rayos, representan menos del 2% del total,

Datos incorporados al Instrumento de Información

En la capa de Incendios/Áreas quemadas de la plataforma de consulta se visualizan todas las AQ resultantes de los incendios registrados por parte de CONAFOR entre los años 2010 hasta 2016. Cabe mencionar que CONAFOR registra solamente AQ de tamaño significativo, por ello la cartografía es una subestimación considerable de las áreas quemadas reales a nivel nacional.

mientras que la mayor parte tienen su origen en actividades humanas, entre las que destacan las actividades agropecuarias con alrededor de 40%, en las que se incluyen quema de pastos, roza tumba y quema, entre otras (CONAFOR 2006, CONAFOR 2015). Para evitar el cambio de uso del suelo en terrenos incendiados la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de fecha 5 de junio de 2018 (DOF 2018b), establece en el artículo 97 que:

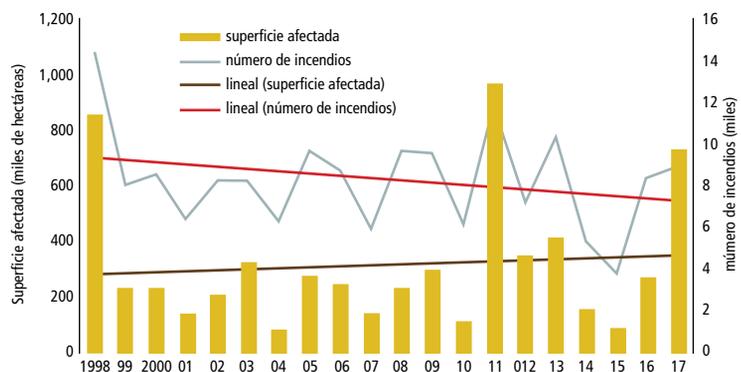
“No se podrá otorgar autorización de cambio de uso del suelo en terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado,

mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley”.

La variabilidad en el número de incendios en las dos décadas, así como el incremento súbito en años específicos, obedece a la distribución de las condiciones de sequía extrema y excepcional en el territorio mexicano, como fue en los años 2011 y 2013. Estas categorías de sequía se caracterizan por pérdidas mayores en cultivos y pastos, riesgo de incendios forestales, escasez de agua (SMN 2018). Otro fenómeno meteorológico de relevancia en los incendios forestales es la presencia de huracanes, que tras su paso dejan la vegetación muerta, que se convierte en combustible para el siguiente año como ocurrió con el huracán Wilma en el año 2005, que pasó por la península de Yucatán y al siguiente año (2006) se presentaron incendios que afectaron a los estados de Quintana Roo y Yucatán.

Conforme a las estadísticas reportadas por la CONAFOR (2018b), en los últimos 20 años el número de incendios presenta una ligera tendencia negativa, pero existen años anómalos con mayor incremento de incidencias como fueron: 1998, 2011 y 2013, con 14 445, 12 113 y 10 406 incendios, respectivamente. Mientras que la superficie afectada muestra un aumento, donde destacan los años 2011, 1998 y 2017 con 965 405, 849 633 y 726 631 hectáreas afectadas, respectivamente. En

Figura A5. Estadísticas de incendios y superficie afectada reportada. Elaboración propia con datos de CONAFOR.



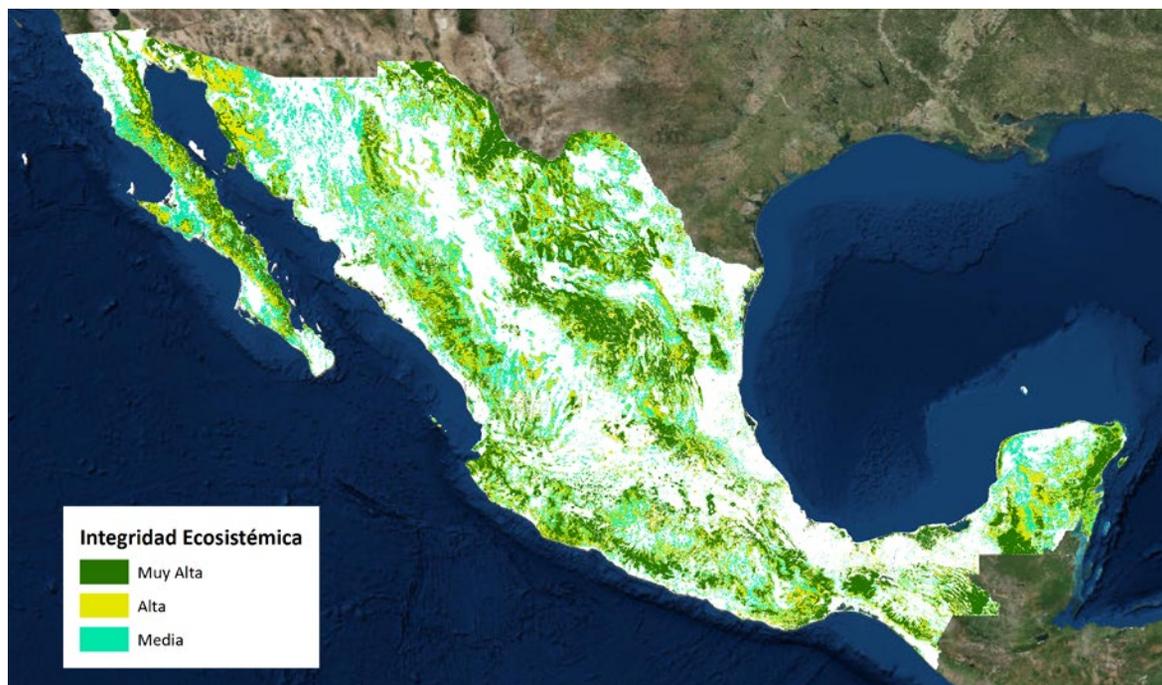
el año 2011 se registraron dos megaincendios en el estado de Coahuila, identificados como “El Bonito” y “La Sabina”, ambos representaron aproximadamente 300 000 hectáreas, la tercera parte del área afectada para dicho año.

Integridad Ecosistémica (IE)

Para avanzar por rutas de sostenibilidad resulta necesario generar formas de evaluar de manera confiable, económica y permanente la condición de los ecosistemas, no sólo en su cantidad en términos de la cobertura, sino en su calidad, en términos de la integridad de sus componentes, interacciones y procesos. La capacidad de estimar la condición de los ecosistemas y de su biodiversidad es clave, pues prácticamente toda acción humana implica una modificación ecosistémica. Por tal motivo, existe la necesidad de aplicar nuevos enfoques analíticos que auxilien a equilibrar las múltiples y frecuentemente contradictorias metas públicas de desarrollo, al mismo tiempo que se mantiene la integridad de los ecosistemas. Es importante mencionar que el concepto de integridad ecosistémica o de los recursos que forman parte de los ecosistemas permea en toda la legislación ambiental mexicana, sin que hasta ahora exista alguna propuesta clara de cómo debería evaluarse.

Un grupo de investigadores del Instituto de Ecología A.C., en colaboración con la CONABIO y otras dependencias, han estado trabajando

Figura A6. Integridad Ecosistémica (2014). Fuente: Equihua *et al.* 2015



Datos incorporados al Instrumento de Información

Tres clases de integridad ecosistémica de los espacios naturales:

1. Muy Alta: mínima degradación por acciones humanas, con 81 a 100% de integridad ecosistémica
2. Alta: poca degradación perceptible por acciones humanas, con 61 a 80% de integridad ecosistémica
3. Media: degradación por acciones humanas, con 41 a 60% de integridad ecosistémica

en un modelo que permitiría conocer la integridad de los ecosistemas (ROBIN 2011). En términos generales el modelo que proponen describe la situación y condición de los ecosistemas (integridad del ecosistema) y se basa en comparar la situación actual (o en un tiempo determinado) con respecto a la que tendría ese mismo ecosistema en ausencia de perturbaciones.

La propuesta reconoce que la condición de integridad o “salud” en la que se encuentra un ecosistema no es fácilmente medible de manera directa, pero subyace como determinante de lo que ocurre en él; esto es, puede inferirse a partir de la condición en que se encuentren sus componentes básicos; en este caso, las características estructurales, funcionales

y composicionales, las cuales dependen de las condiciones fisicoquímicas y ambientales del sitio donde se encuentran estos ecosistemas. Estas determinantes influyen para producir patrones concretos y particulares de asociación entre los atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas, que sí son observables y medibles.

La evaluación de la integridad de los ecosistemas utiliza la información de más de 25 mil sitios de muestreo que incluye el Inventario Nacional Forestal y de Suelos donde se obtiene información de más de 200 variables y que se repite cada 5 años; la información georreferenciada de más de 9 millones de plantas y animales contenida en las colecciones biológicas; la información proveniente de sensores automatizados como “trampas-cámara” que permiten registrar la presencia de vertebrados; de las unidades autónomas de grabación de señales audibles de pájaros, anfibios e insectos principalmente, así como ultrasónicas para detectar murciélagos; y el análisis de imágenes satelitales de alta resolución, por señalar sólo algunos.

El concepto de integridad ecosistémica descrito, permite tener una referencia sobre la condición de la biodiversidad. Con la propuesta de integridad ecosistémica que ahora se tiene, es posible identificar cambios en la condición de los ecosistemas desde un nivel local (actualmente entre cuadros de 250 m a 1 km, es decir 0.625 km² y 1 km²) hasta el nacional (figura A6, resolución espacial 250 m, escala 1:1 000 000).

Manglares de México

Los humedales costeros, en particular los manglares, brindan una gran variedad de servicios ambientales importantes, tanto para los organismos que utilizan estos sistemas (v.g. la reproducción de una gran cantidad de especies de valor pesquero) como para las personas. A pesar de su importancia ecológica, económica y social, la extensión de los manglares a nivel global se ha reducido aproximadamente en 35% en las últimas dos décadas; gran parte de esta deforestación se ha asociado con el impacto

directo de actividades económicas como camaronicultura y el desarrollo turístico (Valiela *et al.* 2001).

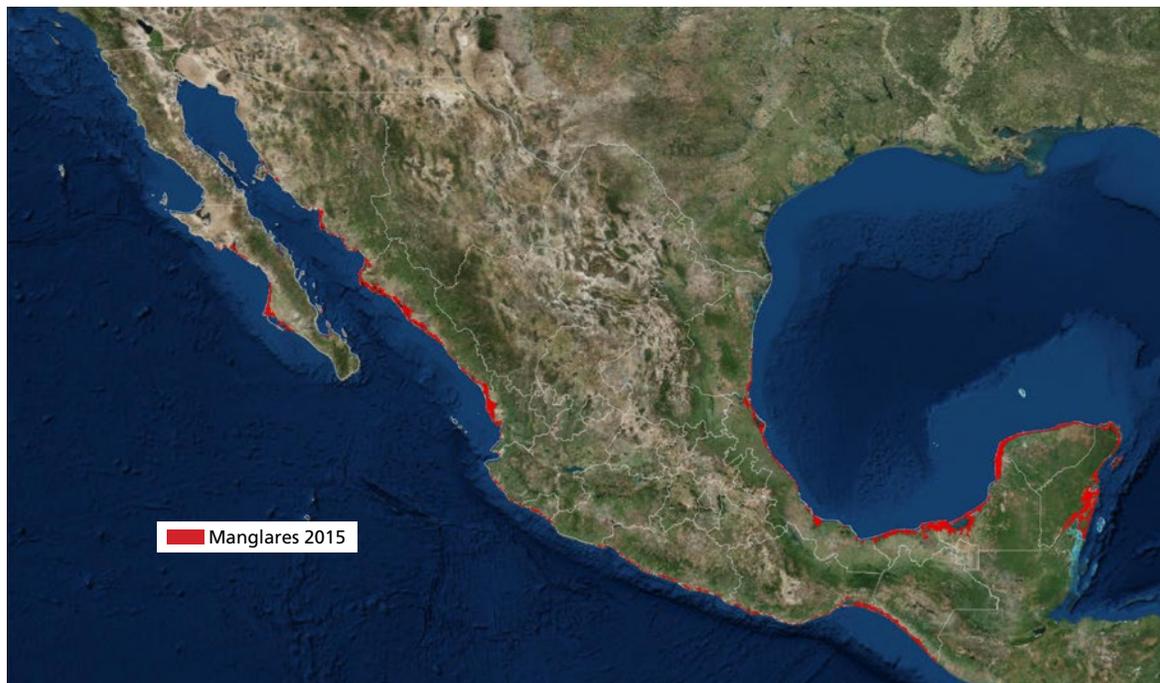
En México, los manglares se distribuyen a lo largo de las costas del Océano Pacífico, Golfo de México y el Mar Caribe, en diecisiete entidades federativas. Su área ha sido reducida desde su extensión original en los años 1970/80 de 856 405 a 775 555 hectáreas en el año 2015. En México los manglares han sido afectados principalmente por la tala o remoción que se ha llevado a cabo para abrir paso a las actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y turísticas (CONABIO 2017).

Como muchos otros países del mundo, sobre todo los países megadiversos, México enfrenta por un lado el problema de la falta de protección de sus recursos naturales, entre ellos los manglares, y por otro lado la falta de políticas e instrumentos para el uso y aprovechamiento de los mismos en forma sustentable. Para resolver este reto, en el transcurso de las últimas décadas México ha desarrollado e implementado una multitud de políticas públicas, reflejadas en instrumentos y marcos regulatorios nacionales, y ha firmado convenciones, convenios y protocolos internacionales.

Los manglares están protegidos a través de varias leyes, ordenamientos territoriales, normas oficiales y reglamentos como la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, la Ley General de Vida Silvestre (artículo 60 TER), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley General de Cambio Climático, además de normas oficiales como la NOM-59 y la NOM-022.

Con todos esos instrumentos, 72% de los manglares se encuentran bajo un esquema de protección. Mientras solamente 1% de los

Figura A7. En color rojo la distribución de los manglares de México en 2015. Fuente: Valderrama-Landeros *et al.* 2017



Datos incorporados al Instrumento de Información

La CONABIO, a través de su Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), está proporcionando información actualizada sobre distribución y extensión de los manglares a nivel nacional y con actualización quinquenal como insumo cartográfico importante. El Instrumento de Información cuenta con el mapeo del año 2015, escala 1:50 000 (figura A7).

manglares estaban protegidos en ANP en la década de 1970/80, este número aumentó a 63% hasta el año 2015. También 58 sitios Ramsar y 42 Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre protegen los manglares. Sin embargo, el problema de la deforestación y degradación del ecosistema persiste a nivel nacional. Aunque las causas son multifactoriales y no se puede determinar solamente un origen para esos procesos, uno de los principales problemas es que la regulación de los recursos naturales está dirigida a preservar a las especies o ecosistemas, pero no se regula el uso de suelo donde éstas se encuentran.

Otros insumos cartográficos para la caracterización espacial

El Instrumento de Información provee otros mapas de diferentes instituciones, escalas y contenidos temáticos, que proporcionan información adicional para una caracterización espacial del terreno al momento de la consulta espacial sobre la pertinencia de un subsidio de SAGARPA (ahora SADER). Esas capas pueden tener información de carácter informativo, sin calificación de los incentivos potenciales según su aptitud o conflictos potenciales con la vocación de la tierra.

Datos incorporados al Instrumento de Información

Para ubicar en forma geográficamente correcta un predio para el cual se solicita un subsidio potencial, se incluyó la cartografía del Marco Geoestadístico Nacional del INEGI del año 2015. El predio/ parcela georreferenciada se caracteriza con respecto a la entidad federativa y el/los municipio(s) según su cobertura de área y porcentaje respectivo. Además de los límites político-administrativos, a través del mapa base se pueden visualizar caminos, carreteras, ríos, infraestructura, etcétera.

Para enriquecer la visualización del entorno geográfico así como para la interpretación del predio en un contexto espacial, se incluyeron mosaicos satelitales de diferentes resoluciones espaciales, como el de la CONABIO con base en datos satelitales Rapideye (5 m resolución espacial) e información satelital abierta (open source) de ESRI / BING maps.

Todas las capas de información cartográfica descritas forman parte del Anexo Único del Acuerdo publicado en el DOF que establece el Instrumento de Información. Adicionalmente a lo establecido en el Acuerdo, se está trabajando para tener disponible información como la zonificación forestal, predios con actividades de reforestación con especies nativas, los sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad y especies clasificadas en alguna categoría de riesgo, entre otros.

Todas las capas de información cartográfica forman parte del Anexo Único del Acuerdo publicado en el DOF que establece el Instrumento de Información. Adicionalmente a lo establecido en el Acuerdo, se está trabajando para tener disponible información como la zonificación forestal, predios con actividades de reforestación con especies nativas, los sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad y especies clasificadas en alguna categoría de riesgo, entre otros.

La Matriz de decisión

Cuadro A2. Ejemplo de matriz para la ANP Sierra de Álvarez para el programa Capitalización Productiva Agrícola del Programa de Fomento a la Agricultura											
Incentivo	Concepto de Incentivos / Subzonas	ANP / Zona núcleo				ANP / Zona amortiguamiento					
		Protección	Uso restringido	Preservación	Uso tradicional	Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	Aprovechamiento de los ecosistemas	Aprovechamiento Especial	Uso público	Asentamientos humanos	Recuperación
I. Del Incentivo de Infraestructura y Equipamiento para Instalaciones Productivas	I. Adquisición de material vegetativo, infraestructura, equipamiento y maquinaria	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	II. Macro túnel	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	III. Malla sombra	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	IV. Malla antigranizo	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	V. Invernaderos	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
II. Del Incentivo de Sistemas Producto Agrícolas Nacionales	I. Administración. Pago de servicios profesionales, para facilitador o gerente, asistente y servicios contables	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	II. Servicios empresariales. contratación de estudios, diagnósticos, análisis de información de mercado, dirigidos a fortalecer la cadena productiva.	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	III. Profesionalización y comunicación. contratación de servicios para la realización de congresos, foros, convenciones, asambleas, simposio, mesas de trabajo y talleres, para comunicar a los eslabones de cadena, avances o decisiones que la favorezcan; y transmitir nuevos conocimientos, o bien, para discutir problemas.	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	V. Gastos inherentes a operación. derivados de la operación general de los comités sistema producto agrícola nacional, tales como pasajes, hospedajes y alimentación.	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0

Cuadro A2. [termina]

Incentivo	Concepto de Incentivos / Subzonas	ANP / Zona núcleo					ANP / Zona amortiguamiento				
		Protección	Uso restringido	Preservación	Uso tradicional	Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	Aprovechamiento de los ecosistemas	Aprovechamiento Especial	Uso público	Asentamientos humanos	Recuperación
		III. Del Incentivo de los Estímulos a la Producción	I. Incentivos para incrementar productividad (adquisición de paquetes tecnológicos validados por la unidad responsable, excepto maíz, frijol y café).	0	0	0	1	1	1	0	1
	II. Incentivo para reconversión de cultivos (paquetes tecnológicos preferentemente cultivos estratégicos, frutales, perennes y policultivos definidos por la unidad responsable).	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0

Arquitectura del Sistema

Por la naturaleza de la información y los análisis requeridos, se decidió utilizar tecnología y herramientas Web de Sistemas de Información Geográfica, así como tecnología e infraestructura en la nube de *Amazon*, para asegurar que la plataforma esté disponible y estable para atender el acceso concurrente de los usuarios en los diferentes CADER del país, y procesar todas las solicitudes de evaluación de los predios georreferenciados. De esta manera el sistema analizará toda la cartografía que contiene, como se muestra a continuación:

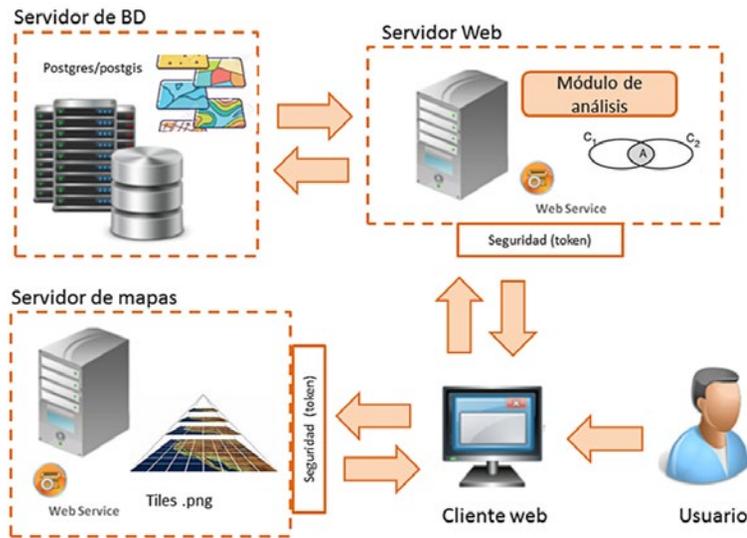
Componente de seguridad. Permite gestionar el acceso a la administración de los recursos de la aplicación y proveer mecanismos de acceso mediante plataformas web y móviles.

Componente de almacenamiento. Proporciona almacenamiento de la Base de Datos y aplicación en la nube *Amazon*.

Componente de visualización y reporte. las capas cartográficas aparecen en el visualizador de mapas y arroja un reporte resultado del análisis. Se utilizan dos instancias virtuales y un balanceador de carga, para contar con una alta disponibilidad y que cada uno de los recursos sea gestionado automáticamente. También se integra el servicio de mapas (tiles), para la visualización de capas de información tanto vectorial (información basada en puntos, líneas y polígonos), como raster (información representada mediante ocupación de celdas o píxeles).

Componente de análisis. Permite la realización de la intersección del predio georreferenciado con las demás capas de la aplicación, integra

Figura A8. Arquitectura del Sistema



la tecnología y servicio de base de datos relacional de *Amazon (Postgres-Postgis) RDS*, que es la que se encarga de almacenar la información espacial (archivos vectoriales en formato .shp), así como de realizar los análisis correspondientes.

Componente gestión de subsidios. Se encarga de almacenar la información de cada subsidio y el resultado del análisis.

Desarrollo e implementación

La aplicación se desarrolló considerando los procesos según el flujo del trámite de solicitud de un subsidio desde el momento en el que un usuario se presenta en la ventanilla de un CADER/DDR para iniciar el trámite, hasta que obtiene un dictamen de la solicitud (figura A9). El sistema está disponible para todos los estados de la República Mexicana y podrá ser implementado en cada CADER/DDR del país.

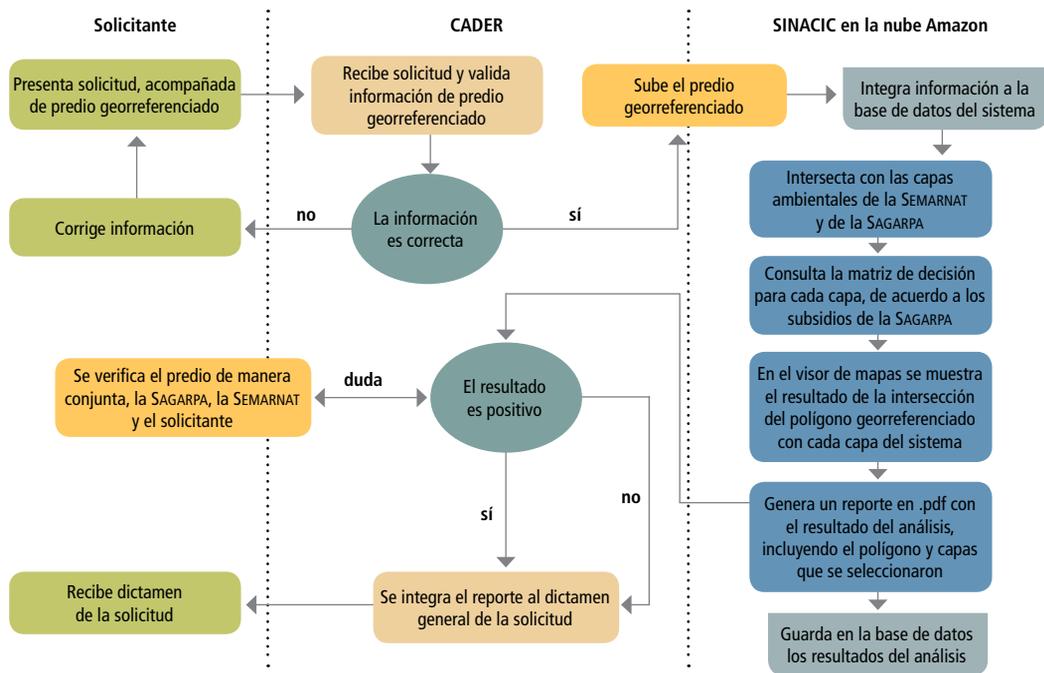
Funcionalidades y criterios del sistema

Cuando se hace una solicitud de subsidio, el sistema ejecuta una serie de procesos mediante funciones de flujo descritas a continuación:

Control de acceso: permite el acceso al sistema a través de un usuario y contraseña.

Subir archivo: permite subir el archivo georreferenciado del predio del cual se hace la solicitud del subsidio, este archivo deberá ser en formato .shp y estar comprimido en un archivo .ZIP

Figura A9. Flujo de procesos del sistema



Definición, recopilación y análisis de calidad de información cartográfica:

define los insumos cartográficos de las dependencias del Sector Ambiental (SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, CONABIO) y de la SADER (SIAP) que se integran a la plataforma y que participan en los análisis requeridos. Un criterio para la determinación de esta información es que tenga un sustento legal que permita, en su caso, restringir los subsidios con base en esa información. Las capas que se pueden consultar espacialmente en la versión actual del SINACIC (versión 11/2018) están descritas con detalle en el apartado de Insumos cartográficos para la plataforma de consulta de este capítulo.

Intersección de capas: al momento de cargar la geometría (shapefile) en el sistema, este hace la intersección con cada una de las capas de manera automática y al vuelo.

Análisis del proceso y reglas de operación de la SAGARPA: para asignar subsidios agrícolas concurrentes, en esta etapa se conocieron los procesos que sigue la SAGARPA, para atender a través de sus 191 Distritos de Desarrollo Rural y 713 CADER las más de 5 millones de solicitudes de subsidios al año a nivel nacional.

Análisis de intersección con matriz de decisión con subsidios: realizada la intersección del predio georreferenciado, el sistema analiza de acuerdo a la matriz de decisión si, por su ubicación, el resultado será positivo, negativo o requerirá de una valoración por parte del personal del CADER/DDR y la SEMARNAT, y una inspección física del predio. El cuadro 4

muestra algunas situaciones por las que el instrumento asigna calificaciones verde, amarillo y rojo.

Consulta de subsidios permitidos: esta funcionalidad permite consultar el listado de los subsidios permitidos de acuerdo con la matriz de decisión y el análisis espacial.

Generación de reporte: resultado de los análisis de intersección y de la matriz de decisiones, la aplicación genera un reporte en formato .pdf con los resultados obtenidos, incluyendo el mapa del predio georreferenciado y la capas que se han seleccionado.

Control de capas: con esta función, la aplicación permite prender y apagar las capas incluidas, así como la posibilidad de agregar para fines de visualización el mosaico de imágenes RapidEye generado por la CONABIO.

Consulta de padrón de predios analizados: permite consultar por estado y tipo de padrón cada uno de los predios que han sido subidos y analizados en el sistema, teniendo la posibilidad de visualizar de manera espacial el polígono georreferenciado y el resultado del análisis, así como el reporte en formato .pdf generado.

Resultados del padrón de palma

> Estado - Municipio zoom mapa

Entidad	Municipio	Área	Porcentaje
Chiapas	Mapastepec	10.72 ha.	100 %

Criterios CONANP ▼

> Áreas naturales protegidas (ANP-Federal) ▼

ANP	Subzona	Área	Porcentaje
RB La Encrucijada	Protección	10.72 h.a	100 %

Áreas naturales protegidas (ANP-Estatal) ▼

Áreas naturales protegidas (ANP-Municipal) ▼

Áreas voluntarias ▼

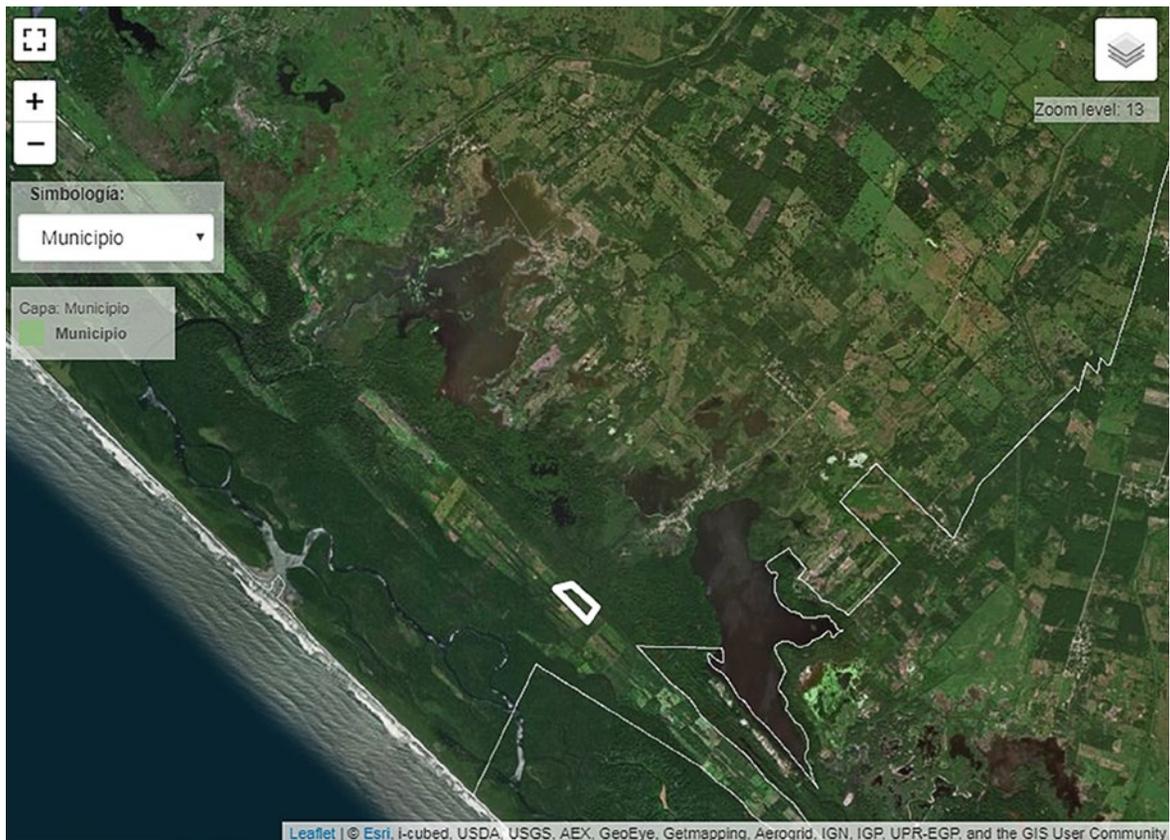
Criterios CONAFOR ▼

Criterios SIAP ▼

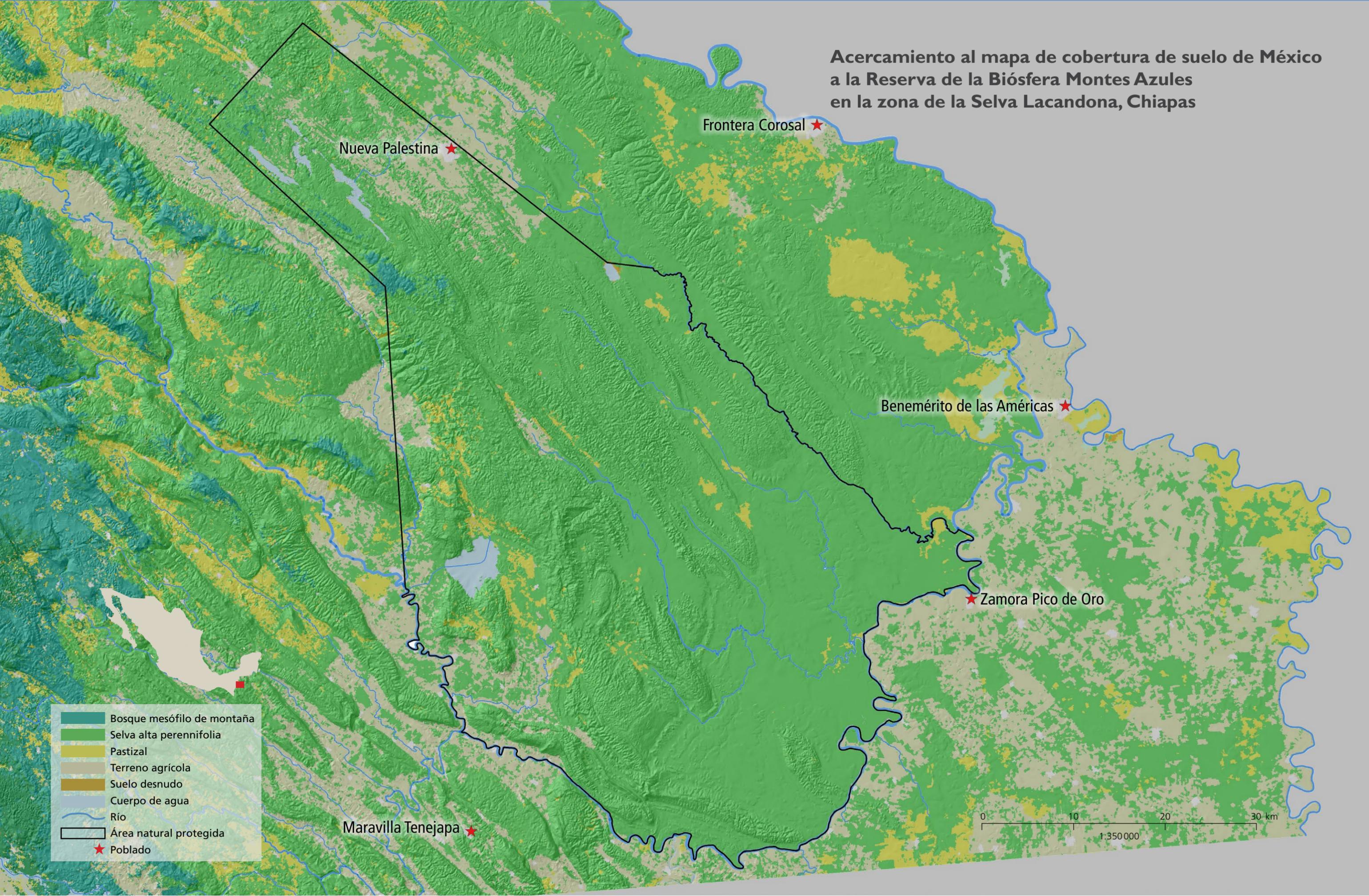
Criterios CONABIO ▼

Criterios SEMARNAT ▼

Figura A10. Interfaz de consulta del sistema. A manera de ejemplo se muestra un predio ubicado en el municipio de Mapastepec, Chiapas (polígono blanco en la ventana inferior). En la ventana superior aparece el análisis espacial de ese predio considerando las capas incluidas en la plataforma y expresado con colores de semáforo.



Acercamiento al mapa de cobertura de suelo de México a la Reserva de la Biósfera Montes Azules en la zona de la Selva Lacandona, Chiapas



- Bosque mesófilo de montaña
- Selva alta perennifolia
- Pastizal
- Terreno agrícola
- Suelo desnudo
- Cuerpo de agua
- Río
- Área natural protegida
- Poblado

0 10 20 30 km
1:350 000

Referencias

- Aguilar V. L. 2016. Democracia, gobernabilidad y gobernanza. Instituto Nacional Electoral. *Cuadernos de Divulgación de la Cultura Democrática* 25:84-85.
- Arteaga, M.C., A. Moreno-Letelier, A. Mastretta-Yanes, A. Vázquez-Lobo, A. Breña-Ochoa *et al.* 2016. Genomic variation in recently collected maize landraces from Mexico. *Genomics data* 7:38-45.
- Banco Mundial. 2015. Bases de datos, Banco Mundial con información de la Agencia Internacional de Energía (IEA), en <<https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS>>.
- Bellon, M.R., A. Mastretta-Yanes, A. Ponce-Mendoza, D. Ortiz-Santamaria, O. Oliveros-Galindo, H. Perales, F. Acevedo, J. Sarukhán. 2018 Evolutionary and food supply implications of ongoing maize domestication by Mexican campesinos. *Proc. R. Soc. B* 285:20181049. <<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2018.1049>>.
- Boege, E. 2010. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas*. CDI, México.
- Caldu-Primo, J.L., A. Mastretta-Yanes, A. Wegier y D. Piñero. 2017. Finding a needle in a haystack: Distinguishing Mexican maize landraces using a small number of SNPs. *Frontiers in genetics* 8, 45.
- Carabias, J. Sustentabilidad ambiental y calidad de vida, Lección inaugural al empezar sus actividades como miembro de El Colegio Nacional, Ciudad de México, 27 de agosto de 2018, en <<https://ceiba.org.mx/que-hacemos/blogs-opinion-editorial/julia-carabias-lillojcl-sustentabilidad-ambiental-y-calidad-de-vida/>>.
- Casas A. *et al.* 2007. In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100(5):1101-1115. <<https://doi.org/10.1093/aob/mcm126>>.
- CCMSS. 2018. Consejo Civil Mexicano de Silvicultura Sustentable, en <<http://www.ccmss.org.mx/>>, consultado el 13 de noviembre de 2018.
- CDB. 2010. *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi. Viviendo en armonía con la naturaleza*. CDB-PNUMA, Montreal.
- CDB. 2018. *Conferencia de las Partes*. Convenio sobre la Diversidad Biológica, en <<https://www.cbd.int/copl/default.shtml>>
- CONABIO. 2008-2016. *Capital natural de México*, vols. 1-IV y Síntesis. CONABIO, México. Disponible en <<https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html>>.
- CONABIO. 2014. Sistema de Monitoreo de los Manglares de México. CONABIO recibe premio en el "Latin America Geospatial Forum". *Boletín de prensa* 159, 30 de septiembre, 2014. CONABIO, México.
- CONABIO. 2017. *CONABIO, 25 años de evolución*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2018a. *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. Datos actualizados al 31 de octubre de 2018, CONABIO, México.
- CONABIO. 2018b. Sistema de Información y Análisis de Ecosistemas Marinos de México, CONABIO, México. Disponible en <<https://simar.conabio.gob.mx/>>.
- CONABIO, CONANP, CONAFOR, FMCN, ROBIN e INECOL. 2017. *Monitoring Activity Data for the Mexican REDD+ program (MADMEX)*. CONABIO, México. Disponible en <<http://madmex.conabio.gob.mx/>>.
- CONAFOR 2006. *Los incendios forestales en México, 2005*. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco.
- CONAFOR. 2010. *Programa Estratégico Forestal 2025*. Comisión Nacional Forestal, México.
- CONAFOR. 2012. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009*. Comisión Nacional Forestal, México.
- CONAFOR. 2015. *Programa nacional de prevención de incendios forestales 2015*. Comisión Nacional Forestal, México.
- CONAFOR. 2017. *Perspectiva forestal. Servicios ambientales*, núm. 15. Comisión Nacional Forestal, México.
- CONAFOR. 2018a. *Reporte semanal de resultados de incendios 2018*. Comisión Nacional Forestal, en <<https://www.cnf.gob.mx:8443/sniffportal/las-demas/reportes-de-incendios-forestales/>>, consultado el 13 de noviembre del 2018.
- CONAFOR. 2018b. *Reporte final de resultados de incendios forestales 2017*. Centro Nacional de Control de Incendios Forestales, Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco.
- CONANP. 2018. *Áreas Naturales Protegidas Estatales y Municipales de México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- CONAPO. 2018. *Indicadores demográficos de México de 1950 a 2050 y de las entidades federativas de 1970 a 2050*, en: <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa_Ind_Dem18/index.html>.
- Cordero, T.J.M. 2013. Análisis del PEC. *Desarrollo Local Sostenible* 6(18). <www.eumed.net/rev/delos/18/>.
- De Ávila, A. 2008. La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico, en *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 497-556.
- De la Maza, J., A. Mastretta, L. Ruiz y J. Carabias. 2015. Ecoturismo para la conservación, en *Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona: 25 años de actividades y experiencias*. Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C. México.
- DOF. 2018a. Acuerdo por el que se establece el instrumento de información a que se refiere el artículo 24, párrafo tercero, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de septiembre de 2018.
- DOF. 2018b. Ley de Desarrollo Forestal Sustentable. *Diario Oficial de la Federación*, 5 de junio de 2018.
- Echeverri Perico, R. (2000). Razones para un debate sobre la ruralidad. *Perspectivas Rurales Nueva Época* 4(8):159-167. Disponible en <<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/3549/3406>>.
- Edwards, J.L., M.A. Lane y E.S. Nielsen. 2000. Interoperability of biodiversity databases: Biodiversity information on every desktop. *Science* 289:2312-2314.
- Ellis, E., J.A. Romero y I.U. Hernández. 2017. Deforestation Processes in the State of Quintana Roo, Mexico: The Role of Land Use and Community Forestry. *Tropical Conservation Science* 10:1-12.
- Equihua, M., G. Benitez, O. Pérez.Maqueo *et al.* 2015. Integridad ecológica para la gestión de la sustentabilidad ambiental frente al cambio climático, en A. Yañez-Arancibia (ed.). *Cambio Climático: adaptación y mitigación hacia agendas siglo XXI*. AGT Editor, Xxx.
- Espinosa, D., S. Ocegueda *et al.* 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 33-65.

- FAO. 1996. *Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde*. Cumbre Mundial Sobre la Alimentación, Roma, noviembre 1996. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en <<http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm>>.
- FAO. 2009. *Cómo alimentar al mundo 2050*. Foro de Expertos de Alto Nivel, Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf>.
- FAO. 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe principal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, Roma.
- FAO. 2015. *Evaluación de los recursos forestales mundiales. Compendio de datos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, Roma.
- FAO. 2017. Seis formas en que los pueblos indígenas ayudan a lograr el hambre cero. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en <<http://www.fao.org/honduras/noticias/detail-events/es/c/1029005/>>.
- Gebhardt, S., P. Maeda, T. Wehrmann, J. Argumedo Espinoza y M. Schmidt. A proper Land Cover and Forest Type Classification Scheme for Mexico, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XL-7/W3:383-390, en <<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-383-2015>, 2015>.
- Gordillo, G. 2018. *Análisis de los escenarios y políticas actuales para el campo mexicano*. Perspectivas. Friedrich Ebert Stiftung, México.
- Halffter, G., J. Lorente-Bousquets y J.J. Morrone. 2008. La perspectiva biogeográfica histórica, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 67-86.
- INEGI. 2007. *Censo agrícola, ganadero y forestal*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes.
- INEGI. 2010. Población de México, en <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P>.
- INEGI. 2016. Conjunto de datos vectoriales de Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie VI. Capa Unión, en <<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463173359>>.
- IPCC. 2014. *Cambio climático 2014. Mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf>.
- Jiménez, R. 2010. Inventario nacional de los manglares en México, en J. Carabias *et al.* (coords.). *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. CONABIO, México, pp. 192-193.
- Jiménez, R., P. Koleff *et al.* 2016. La informática de la biodiversidad: una herramienta para la toma de decisiones, en *Capital natural de México*, vol. IV: *Capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México, pp. 143-195.
- Lazos, E. 2013. Resistencias de las sociedades campesinas: ¿Control sobre la agrobiodiversidad y sobre la riqueza genética de sus maíces? En: T. Padilla (coord.). *El campesinado y su persistencia en la actualidad mexicana*. FCE—CONACULTA, México.
- Lefebvre, H. y I.M. Lorea. 1974. *La producción del espacio*. Capital Swing, Madrid.
- Llorente-Bousquets, J., L. Michán *et al.* 2008. Desarrollo y situación del conocimiento de las especies, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 193-214.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en *Capital natural de México*, vol. IV: *Capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Mastretta-Yanes, A., F. Acevedo Gasman, C. Burgeff, M. Cano Ramírez, D. Piñero y J. Sarukhán. 2018. An Initiative for the Study and Use of Genetic Diversity of Domesticated Plants and Their Wild Relatives. *Front. Plant Sci.* 9:209. doi: 10.3389/fpls.2018.00209.
- Morett-Sánchez J.C. y C. Cosío-Ruiz. 2017. Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 14(1):125-152.
- ONU. 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision. UN. <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/World_Population_2015_Wallchart.pdf>.
- ONU. 2017a. *Agua*. Organización de las Naciones Unidas, en <<http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>>.
- ONU. 2017b. *Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas, en <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>>.
- ONU. 2018. *Una población en crecimiento*. Organización de las Naciones Unidas, en <<http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>>.
- ONU. 2019. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. Organización de las Naciones Unidas, en <<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155>>.
- Ressl, R. e I. Cruz. 2010. Detección y monitoreo de incendios forestales mediante imágenes de satélite, en J. Carabias *et al.* (coords.), *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. CONABIO, México, pp. 198-199.
- ROBIN. 2011. Role of Biodiversity in Climate Change Mitigation. Proyecto financiado por la Unión Europea a través de su 7º Programa Marco, en <<http://scomp5062.wur.nl/projects/robin/>>.
- Robles-Berlanga H.M. 2013. Los pequeños productores y la política pública, en: J. Moguel (coord.). *El Sur-sureste mexicano: crisis y retos*. México, pp. 81-88.
- Romero Navarro, J.A., M. Willcox, J. Burgueño *et al.* 2017. A study of allelic diversity underlying flowering-time adaptation in maize landraces. *Nature genetics* 49:476480.
- Rosas-Baños, M. 2013. Nueva Ruralidad desde dos visiones de progreso rural y sustentabilidad: economía ambiental y economía ecológica. *Polis, Revista Latinoamericana* 34. Disponible en <<http://polis.revues.org/8846>>.
- SAGARPA. 2017a. *Reglas de operación para el ejercicio 2018*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en <<https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/reglas-de-operacion-2018-142235>>.
- SAGARPA. 2017b. Ubicación de los CADER, DDR y Delegaciones de la SAGARPA a nivel nacional en 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en <www.datos.gob.mx>.
- SAGARPA. 2018. ¿Qué hacemos? Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en <<https://www.gob.mx/sagarpa/que-hacemos>>.

- SAGARPA-SIAP. 2017. *Frontera agrícola de México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en <<https://datos.gob.mx/busca/dataset/frontera-agricola-serie-ii>>.
- SAGARPA-SIAP. 2018. *Atlas Agroalimentario 2012-2018*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México.
- Sarukhán, J., G. García Méndez *et al.* 2016. La formación de recursos humanos vinculada al manejo de la biodiversidad: aciertos y limitaciones, en *Capital natural de México*, vol. IV: *Capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México, pp. 371-418.
- SCBD. 2010. *Action for Biodiversity: Towards a society in harmony with nature*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Disponible en <<https://www.cbd.int/gbo/gbo3/doc/Action-for-Biodiversity-en.pdf>>.
- SEMARNAT. 2017. *Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Junio. 2017*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- SMN. 2018 Categorías de sequía. Servicio Meteorológico Nacional, en <<http://smn.conagua.gob.mx/es/categorias-de-sequia>>, última consulta 16 de octubre de 2018.
- UNESCO. 2010. *La cocina tradicional mexicana, cultura comunitaria, ancestral y viva - El paradigma de Michoacán*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, las Ciencia y la Cultura, en <<https://ich.unesco.org/es/RL/la-cocina-tradicional-mexicana-cultura-comunitaria-ancestral-y-viva-el-paradigma-de-michoacan-00400>>.
- Valderrama-Landeros L.H., M.T. Rodríguez-Zúñiga, C. Troche-Souza, S. Velázquez-Salazar, E. Villeda-Chávez *et al.* 2017. *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015*. CONABIO, Ciudad de México. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/manglares_mexico_2015.pdf>.
- Valiela I., J.L. Bowen y J.K. York. 2001. Mangrove forests: one of the World's threatened major tropical environments. *BioScience* 51(10):807-815.
- Vavilov, N.I. 1994a. México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del Nuevo Mundo. Traducción del original (1930) por E. Gribovskaia y R. Ortega-Paczka. *Revista de Geografía Agrícola* 20:15-34.
- Vavilov, N.I. 1994b. *Origin and geography of cultivated plants*. Edición de V.F. Dorofeyev, trad. de Doris Löve. Cambridge University Press, Cambridge.
- Velázquez, A. H.J.M. Nuñez, C.S. Andre y V.G. Bocco. 2011. *Propuesta metodológica para normar la evaluación de la tasa de deforestación y degradación forestal en México*. WWF, CCMSS, TNC, Centro Geo y CIGA UNAM, México.
- Wegier, A., A. Piñeyro-Nelson, J. Alarcón, A. Gálvez-Mariscal, E. Álvarez-Buylla y D. Piñero. 2011. Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its centre of origin. *Molecular Ecology* 20:4182-4194.
- Yúñez, A., A. Cisneros y P. Meza, 2013. Situando la agricultura familiar en México. Principales características y tipología. *Serie Documentos de Trabajo* 149. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. Rimisp, Santiago, Chile, en <http://portalsiget.net/ArchivosSIGET/recursos/Archivos/1682015_AgriculturaFamiliarM.pdf>.

