

INICIATIVA
Red Mexicana de Paisajes del Carbono y sus Interacciones
(REMPACI)
Programa Mexicano del Carbono
Abril del 2017
Documento Interno de Discusión – Versión 0.5

1. ANTECEDENTES DE TRABAJO DEL PMC Y SOCIOS

En esta sección se hace una revisión general de distintos esfuerzos y proyectos orientados al ciclo del carbono y el establecimiento de sitios de paisajes en México, auspiciados por el PMC.

1.1 Programa Mexicano del Carbono y su Plan Científico

Desde su fundación en el 2005, el Programa Mexicano del Carbono (PMC) ha orientado su quehacer en el desarrollo de una plataforma general para el desarrollo de la ciencia del carbono y sus interacciones en México, orientada a generar los elementos para políticas públicas en la temática. En esta perspectiva, en el 2008 publicó la primera versión de su Plan Científico (Figura 1), apoyado por el entonces Instituto Nacional de Ecología – hoy INECC, con el objetivo de definir una hoja de ruta para responder a las preguntas de investigación planteada.



Figura 1. Plan Científico del Programa Mexicano del Carbono.

El planteamiento del Plan Científico consiste, en lo general, de las siguientes tareas:

- Recopilación y generación de datos para poder realizar síntesis nacionales, considerando la variabilidad espacial y temporal de los almacenes y flujos.
- Recopilación y generación de datos de experimentos para poder parametrizar y sintetizar conocimiento en términos de modelos teóricos y/o empíricos, para poder generar escenarios prospectivos asociados a posibles políticas públicas.
- Fusión de datos y modelos para sintetizar el conocimiento, así como la generación de modelos de diagnóstico.
- Generación de datos espacialmente explícitos, por regiones o país, para sintetizar en sistemas de información geográfica áreas de oportunidad o debilidad para intervenciones de políticas públicas.
- Generación de escenarios sobre cursos de acción para retroalimentar el desarrollo de políticas públicas en relación a acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Sintetizar, armonizar y hacer entendible el conocimiento generado para el desarrollo de políticas públicas o acciones de intervención por los tomadores de decisiones a diferentes escalas de incidencia.

Con el interés en conocer la dinámica espacio-temporal del ciclo del carbono y sus interacciones, en el Plan Científico se planteó la creación de una Red de Sitios de Paisajes (24 sitios), Figura 2, para el desarrollo de ciencia y conocimiento para entender la variabilidad del carbono y los efectos de las perturbaciones, entre otras cosas.

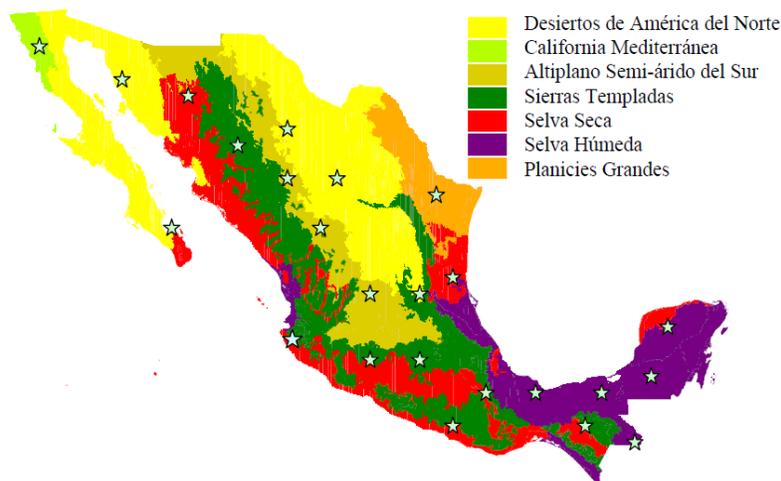


Figura 2. Red de Sitios de Paisajes para la implementación del Plan Científico del PMC.

La red de paisajes planteada fue propuesta como un esquema colaborativo con grupos de investigación trabajando en los sitios y para contar con suficiente heterogeneidad en los usos del suelo y dinámicas del carbono para generar conocimiento a escala nacional usando enfoques regionales. La red incluye sitios con torres de covarianza de vórtices (EC, por sus siglas en inglés).

El Plan Científico del PMC es un instrumento de planeación que está siendo instrumentado actualmente por el colectivo y que ha servido de base para múltiples proyectos e iniciativas. La principal limitación en la implementación del Plan Científico ha sido la falta de recursos financieros y las limitaciones de datos existentes en México.

1.2 Megaproyecto SIBACAR-MEX para CONACYT

El Proyecto “Sistema Básico Nacional para la Investigación de la Dinámica del Carbono en Ecosistemas Terrestres y su Contribución al Diseño de Políticas de Cambio Climático” o SIBACAR-MEX, fue elaborado por miembros del PMC como respuesta a la convocatoria de megaproyectos del CONACYT y presentado en el 2007. El Proyecto SIBACAR-MEX fue desarrollado con la visión de la implementación del Plan Científico del PMC en el área temática de Ecosistemas Terrestres en un horizonte de tiempo de 5 años.

Durante el 2006-2007 (y fechas posteriores) se realizaron varios talleres y reuniones para definir las bases del proyecto, así como para definir metodologías para caracterizar almacenes y flujos de los ecosistemas terrestres con miras a la implementación de la propuesta.

El Proyecto SIBACAR-MEX planteo cuatro niveles (escalas), Cuadro 1, para su implementación, donde el Nivel 1 implicaba sitios de monitoreo intensivo, el Nivel 2 la regionalización (caracterización estadística) de los monitoreos, el Nivel 3 los inventarios regionales (estatales), y el Nivel 4 el inventario nacional. Este enfoque de “abajo hacia arriba” y de “arriba hacia abajo” fue planteado para armonizar las escalas locales con la nacional, permitiendo que el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) pudiera ser expandido en su alcance. La estrategia de caracterización de los niveles (almacenes y flujos) siguió los lineamientos del Plan Científico del PMC e IPCC, con el enfoque de generación de información-conocimiento, junto con la fusión de modelos y datos, para generar escenarios prospectivos orientados a tener las bases científicas para propuestas de políticas públicas. En este sentido, el proyecto parte de la generación de conocimiento científico orientado a aplicaciones concretas teniendo como usuario al gobierno mexicano (políticas públicas), y sociedad civil. Así, la ciencia está definida desde el principio como orientada a objetivos concretos y de utilidad para el país

Cuadro 1. Niveles de monitoreo del Proyecto SIBACAR-MEX

Nivel	Tipo	No de sitios	Frecuencia de observaciones
1	Sitios puntuales con mediciones muy intensivos, para caracterizar en detalle los procesos y flujos (TFT, LTER-Mex)	24	Continuo a mensual
2	Sitios de monitoreo que representan los elementos de paisaje alrededor de los sitios nivel 1	400	Anual (o más frecuente)
3	Inventarios regionales de programas existentes, como Inventario Nacional Forestal, sitios ProGan, UMAs, etc., con toma de datos de reservorios que no se miden en estos programas en una muestra de 10-20% de sitios	(800-1,000 sitios re-muestreados)	5-10 años
4	Inventarios nacionales, considera el conjunto de los inventarios regionales para conformar estudios nacionales	25-50,000 (5,000 sitios re-muestreados)	5-10 años

El esquema de coordinación del proyecto fue planteado que operara bajo la dirección de un Consejo Científico, con representantes de la coordinación del proyecto y miembros de los sitios de monitoreo intensivo de paisajes. También se consideró un Comité Evaluador Externo para poder corregir desviaciones del proyecto y evitar sesgos en su implementación.

La Figura 3 muestra en forma esquemática el diseño horizontal de los sitios de paisajes propuestos, los mismo del Plan Científico del PMC. Los sitios son de dimensiones de alrededor de 40 km x 40 km (160,000 ha), con superficies suficientes para definir paisajes heterogéneos que caractericen la dinámica del carbono, particularmente los diferentes usos del suelo (tierra).

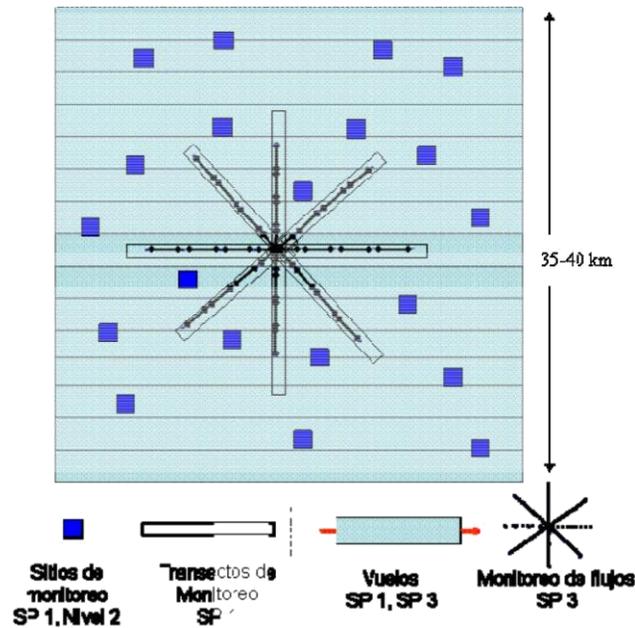


Figura 3. Diseño horizontal esquemático de los sitios de paisajes del Proyecto SIBACAR-MEX.

El diseño vertical de los sitios de paisaje esta mostrado en la Figura 4, que define un escalamiento a nivel detalle en superficie con sensores remotos en plataformas satelitales, para su calibración.

En lo general, el sistema de monitoreo multi-nivel (multi-escala) que fue propuesto consiste de los siguientes elementos:

- Conglomerados tipo INFyS de la CONAFOR para caracterizar la heterogeneidad del paisaje, donde se incluyen mediciones de flujos (*e.g.* descomposición del mantillo y material leñoso caído, respiración el suelo, etc.).
- Una torre de EC fija central (o en localización estratégica en el paisaje) de medición de flujos de CO₂ (y metano cuando se requiera).
- Una red de estructuras radiales para posicionamiento de torres de EC y scintilómetros.
- Un sistema móvil con una torre de EC y un scintilómetro (XLAS) para expandir el área de influencia ("footprint") de las mediciones de flujos.

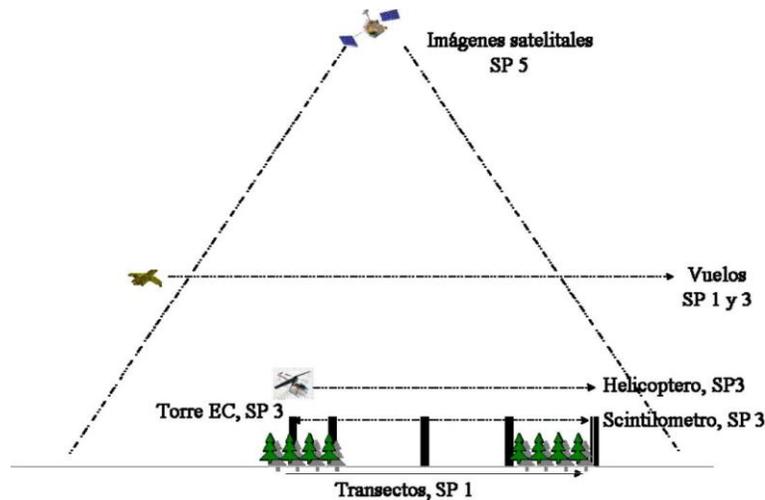


Figura 4. Diseño vertical esquemático del sistema de monitoreo en los sitios de paisaje.

- Sitios de muestreo (transectos) de almacenes y flujos alrededor de las zonas de influencia de las mediciones de flujo, usando parcelas con diseño específico experimental y compatibles con los sitios de los conglomerados del INFyS.
- Un sistema de monitoreo usando un helicóptero de control remoto instrumentado (radiómetro, sensor de temperatura, etc.) para caracterización de los footprints y para validación de productos de sensores remotos.
- Un sistema de monitoreo usando un avión pequeño instrumentado con cámara estereoscópica e instrumentos adicionales (e.g. video de alta resolución, distanciómetros tipo láser, imágenes multi-espectral, luz fotosintéticamente activa, GPS y sensores de CO₂, temperatura, humedad relativa, radiación, etc.), para caracterizar la biomasa aérea (y otros almacenes) de la vegetación a una resolución espacial compatible y armonizada con las mediciones del helicóptero y los sensores remotos.
- Sensores remotos pasivos (ópticos) y activos (radar y lidar) usando el concepto de “satélites virtuales” que fusionan información multi-fuente y multi-escala para el desarrollo de productos propios.

Un punto central del sistema de monitoreo de flujos (paisaje heterogéneo) es el relativo a la caracterización de los footprints del sistema de EC y el del scintilómetro, Figura 5, para poder interpretar los flujos y asociarlos a mediciones de campo.

El uso de un sistema híbrido de torre de EC y scintilometría permite caracterizar grandes paisajes y tener mediciones de flujos representativas de paisajes.

La Figura 6 muestra en forma esquemática de la red de monitoreo de los sitios de paisaje, la cual requiere de una torre móvil adicional de EC, usada para poder interpretar los flujos de calor sensible (índice de refracción del aire) del scintilómetro. De esta forma las restricciones de los sistemas de EC pueden ser eliminadas o minimizadas, permitiendo un sistema de mayor alcance y menor costos, con el único inconveniente de un sistema adicional de EC y un sistema de estructuras fijas para montar los instrumentos.

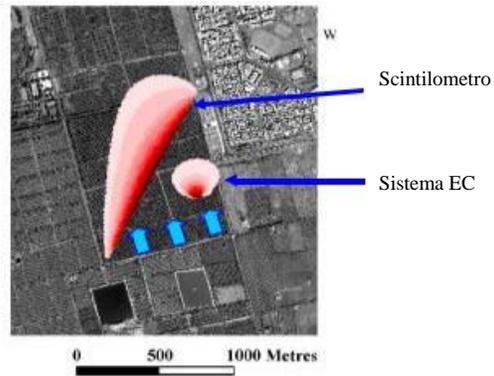


Figura 5. Zonas de influencia o footprints de sistema de EC y scintilometría.

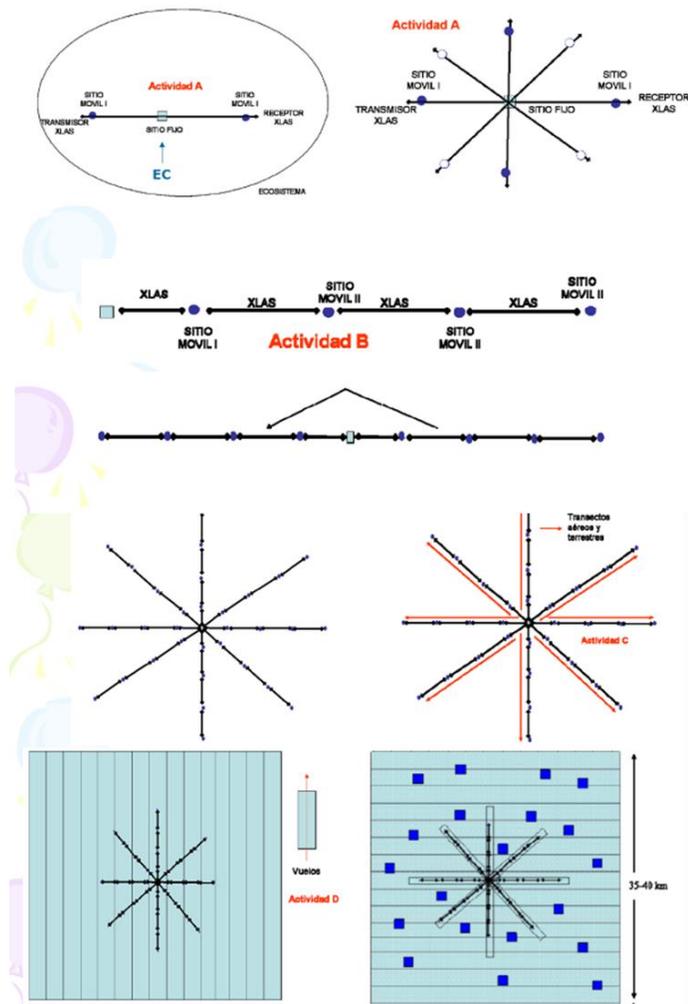


Figura 6. Arreglo espacial y diseño global del sistema de monitoreo terrestre en el paisaje.

1.3 Red de sitios de monitoreo y calibración de GEO FCT

Bajo los auspicios de GEO FCT (Group of Earth Observation, Forest Carbon Task), en el 2009 se negoció el establecimiento de una red de paisajes (áreas de 10 km x 10 km) para monitoreo satelital (radar principalmente) para su calibración en campo. La Figura 7 muestra la selección de sitios de calibración definidos para GEO FCT.



Figura 7. Sitios de calibración seleccionados para GEO FCT

En el caso de Chiapas, en el contexto del proyecto del PMC de REDD, se planteó un área mayor de trabajo definida en la Figura 8, donde se contaba con datos de muestreos de campo para calibración. La Figura 9 muestra el área de calibración en El Ocote, Chiapas.

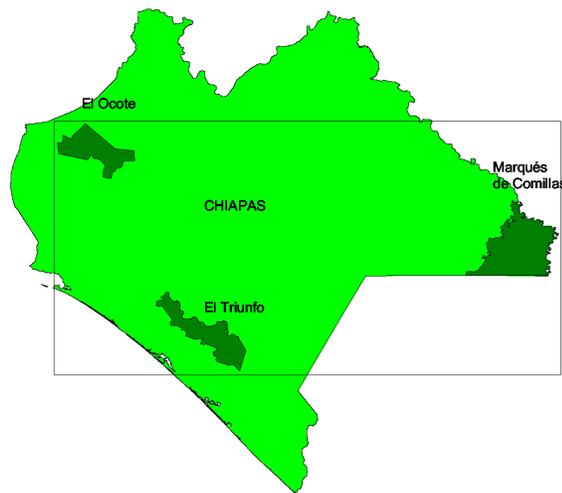


Figura 8. Área para GEO FCT en Chiapas

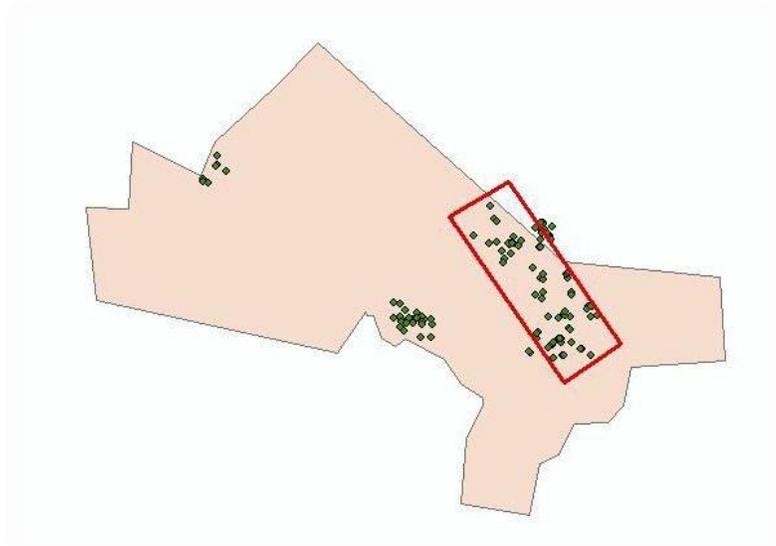


Figura 9. Área de calibración/validación satelital en la Reserva de la Biosfera El Ocote, Chiapas

Aunque el esquema de colaboración con GEO FCT era interesante para crear esquemas de sitios paisajísticos asociados a calibración y validación de productos satelitales con sensores remotos, su implementación no pudo realizarse como se tenía planeado dada la falta de interés del gobierno federal mexicano y las dificultades que emergieron de la colaboración academia (socios del PMC) y gobierno.

1.4 Proyecto piloto “Una REDD para Chiapas”

En el 2008 el PMC planteo al gobierno estatal y organizaciones de la sociedad civil de Chiapas la implementación de un proyecto de REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación foresta) estatal con una visión de “abajo hacia arriba” en primera fase y de “arriba hacia abajo” en forma posterior (Figura 10), como piloto demostrativo de la viabilidad de visiones locales en la política nacional. El esquema organizacional de implementación del proyecto también se planteó a nivel multi-nivel (Figura 11).



Figura 10. Enfoque del proyecto “Una REDD para Chiapas”

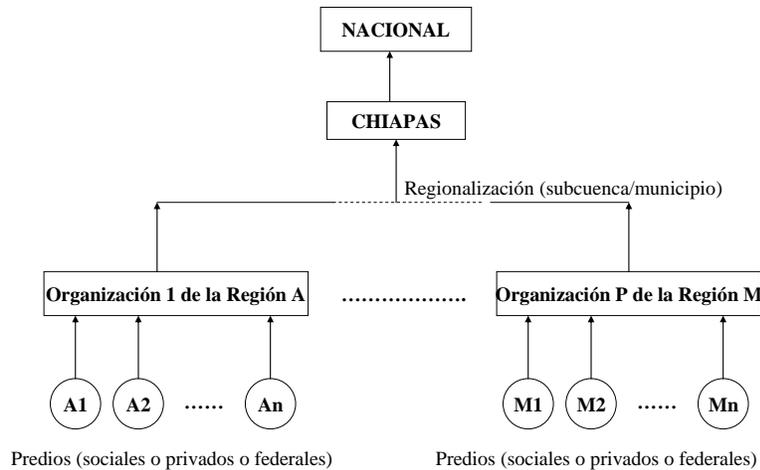


Figura 11. Esquema multi-nivel de gobernanza planteado para el proyecto de Chiapas.

Los principales objetivos planteados para el proyecto fueron:

- Desarrollo de enfoques de modelación de la dinámica del carbono en forma simplificada y operacional, con incertidumbres bajas.
- Desarrollo de un esquema de armonización de información nacional de datos de actividad (mapas de uso del suelo y vegetación) con las escalas locales.
- Desarrollo de esquemas de monitoreo comunitario y métodos de fusión de información multi-fuente usando principios de conservación de la incertidumbre.
- Desarrollo de esquemas simplificados para reducir costos y tiempos de inventarios a escala local y estatal, aprovechando la información de los inventarios nacionales.
- Analizar la viabilidad de una implementación de proyectos REDD desde la escala local, armonizados al requerimiento de una contabilidad nacional.
- Desarrollo de esquemas multi-nivel de gobernanza.
- Construir un vínculo entre acciones locales y políticas públicas.

El piloto del estado de Chiapas fue planteado como un modelo nacional para analizar metodologías relacionadas con el sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV), acordado con CONAFOR en el esquema de alianza estratégica 2008-2010 con el PMC y sus socios. El proyecto piloto, tal como se discute más adelante, formó parte de la propuesta de colaboración México-Noruega.

La Figura 12 muestra el primer esquema de modelación usando METs (Modelos de Estados y Transiciones) para las actividades del estado de Chiapas. La modelación fue planteada usando formulaciones matemáticas de la dinámica temporal del carbono en los almacenes biomasa viva y suelo.

La formulación de METs, y sus dinámicas temporales, ha sido detallada y mejorada en diversos trabajos en función de vacíos y limitaciones encontradas en múltiples evaluaciones de los modelos del carbono asociado a los usos del suelo y vegetación (locales y nacional).

BR: Bosque en condición sin degradación o de referencia;
BDa: Bosque degradado en relación a BR con dominancia arbórea;
BDb: Bosque degradado en relación a BR con dominancia arbustiva;
BDh: Bosque degradado en relación a BR con dominancia herbácea;
CPNO: Cafetal con sombra de policultivo - no orgánico (tradicional);
CI: Cafetal con sombra de Inga;
ST: Sistema Taungya;
AM: Acahual mejorado;
CPO: Cafetal con sombra de policultivo – orgánico;
AT: Acahual tradicional;
PAD: Pastizal con árboles dispersos;
PCV: Pastizal con árboles como cercos vivos;
MM: Milpa de maíz;
PSA: Pastizal sin árboles;
UHP: Usos humanos permanentes;
FSE: Factores socioeconómicos;
ME: Mercados;
AC: Acceso;
PP: políticas públicas;
ECBE: Eventos climáticos/biológicos extremos;
ECBNE: Eventos climáticos/biológicos no extremos;
UI: Uso ilegal.

Modelo Conceptual de Estados y Transiciones en Chiapas

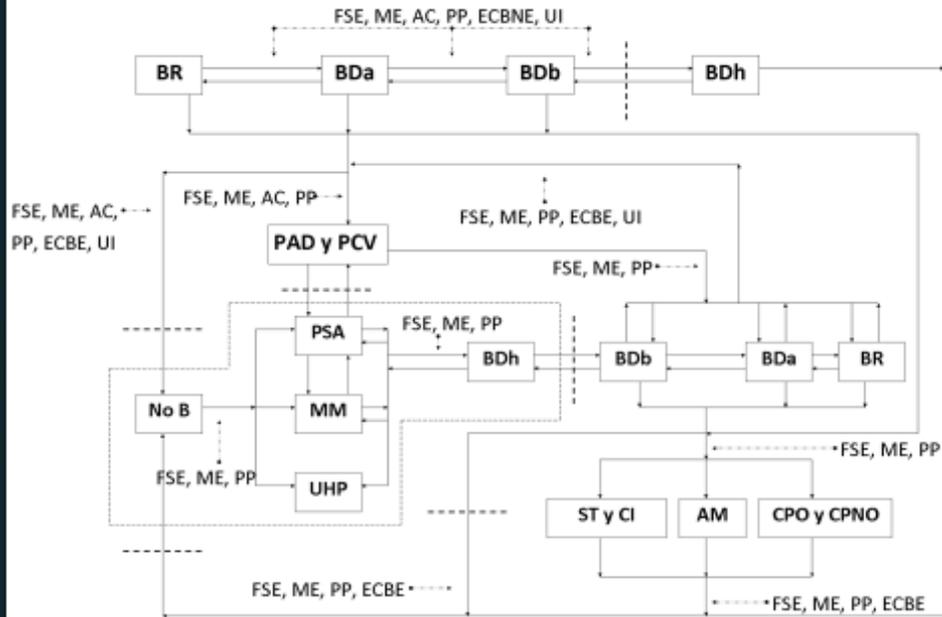


Figura 12. Modelo de estados y transiciones inicial para el estado de Chiapas

Los modelos de estados y transiciones fueron planteados en función de la información generalmente disponible en México y no de modelos desarrollados en otros países, con requerimientos de información más intensivos. En el proyecto (y otras áreas del país) también se utilizó el modelo CBM-FS3 de Canadá para tener un contexto de su viabilidad. El piloto de aplicación del modelo canadiense puede ser considerado solo como un piloto y para viabilidad genérica. Esfuerzos posteriores de aplicación del modelo han avanzado algo al respecto, pero todavía es necesario una revisión detallada de este enfoque en México.

Dentro de los esfuerzos de analizar la viabilidad de implementación de REDD+ desde lo local, se utilizó información del satélite Landsat (resolución espacial de 30 m) para construir una serie multi-anual de coberturas del suelo, particularmente las asociadas a las clases Bosque y No Bosque, Figura 13. Con la serie multi-anual (1992-2010) se revisaron las transiciones entre clases para definir cambios (Figura 14) y poder revisar la evolución temporal de cambios a escala de 30 m x 30 m, como insumo en la generación de estimaciones de los contenidos anuales de carbono a nivel de predios en el estado, usando un catastro disponible de predios (Figura 15).

Los ejercicios de la dinámica del carbono a nivel de predios, y otras escalas de análisis, permitió establecer límites, e incertidumbres, a la viabilidad de los enfoques “abajo hacia arriba”

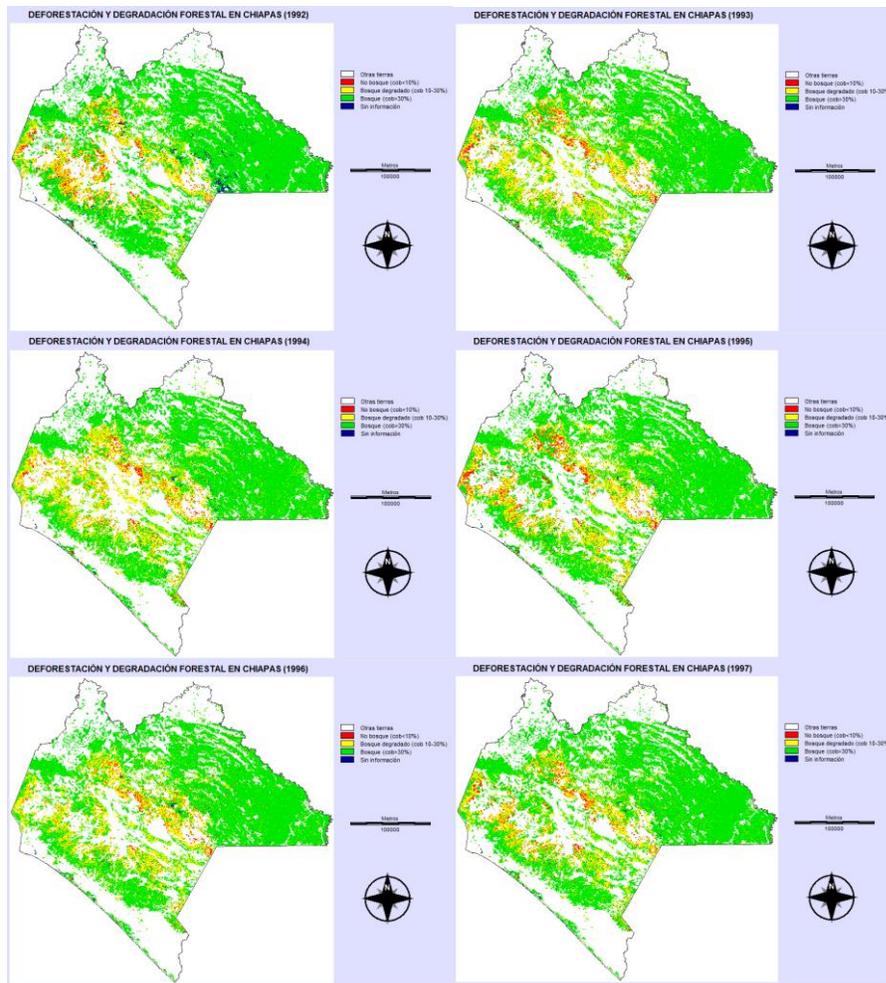


Figura 13. Serie multi-anual de las categorías Bosque y No Bosque para Chiapas.

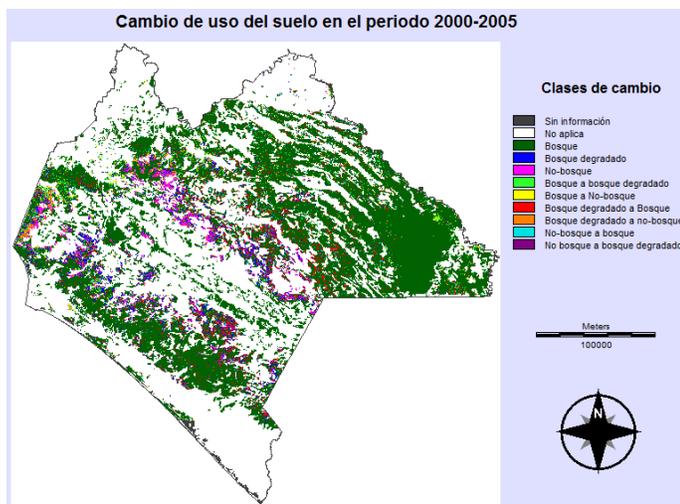


Figura 14. Ejemplo de cambios en la dinámica de las coberturas de Chiapas.

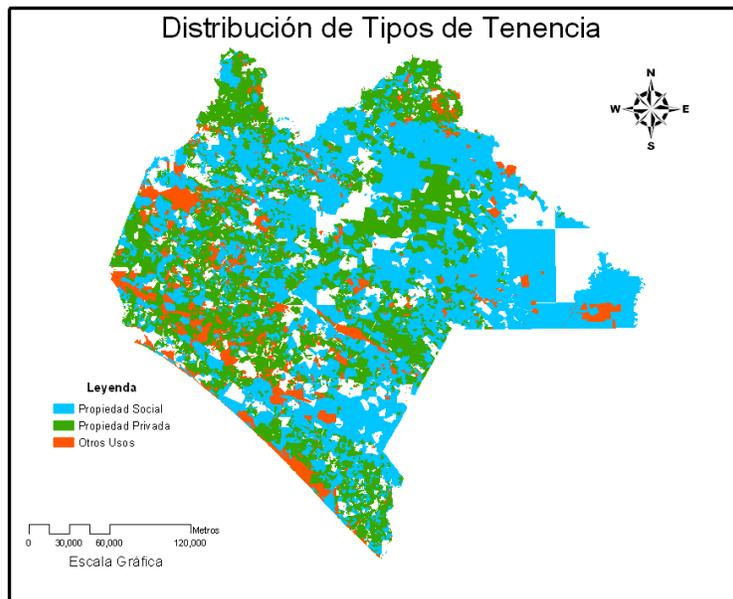


Figura 15. Distribución de la tenencia de la tierra en Chiapas.

Con la información de los inventarios en Chiapas, se estimaron los contenidos de carbón en la biomasa viva y suelo asociados a diferentes usos del suelo y vegetación. Con esta información, más la asociada a la dinámica de cambios de datos de actividad (productos satelitales) se generaron estimaciones del contenido de carbono multi-anales como ejercicio de establecimiento de líneas base a escala de predios individuales (Figura 16).

Con la información de los almacenes de carbono en los predios de Chiapas, se integraron las estimaciones a escala de municipios y subcuencas hidrográficas (Figura 17) y finalmente a nivel estatal (Figura 18). La Figura 19 muestra las emisiones GEI a nivel de predios en Chiapas.

Adicionalmente, se revisó la implementación de la estrategia de estimación y definición de líneas base a nivel de predios a través de ejercicios de intervención participativa en el desarrollo de planeación territorial usando el modelo de Plan Vivo en la Reserva de la Biosfera El Ocote. La Figura 20 muestra las líneas base para comunidades / predios en el área de estudio y el Cuadro 2 un ejercicio de ordenamiento territorial y las emisiones GEI asociadas.

En lo general, los pilotos realizados permitieron establecer que los enfoques desde lo local eran viables para la implementación de REDD. Los resultados del ejercicio de generación de líneas base a escala de predios fue presentado en la Conferencia de las Partes de Cancún, México en el 2010.

Las estimaciones de incertidumbre no pudieron ser realizadas en el ejercicio por diferentes razones, pero con la información disponible (algo replicable en todo el país) es posible realizar este tipo de estimaciones, permitiendo analizar los niveles de confiabilidad de los almacenes y flujos de carbono desde lo local y su impacto en las evaluaciones nacionales (contabilidad) de flujos en el país.

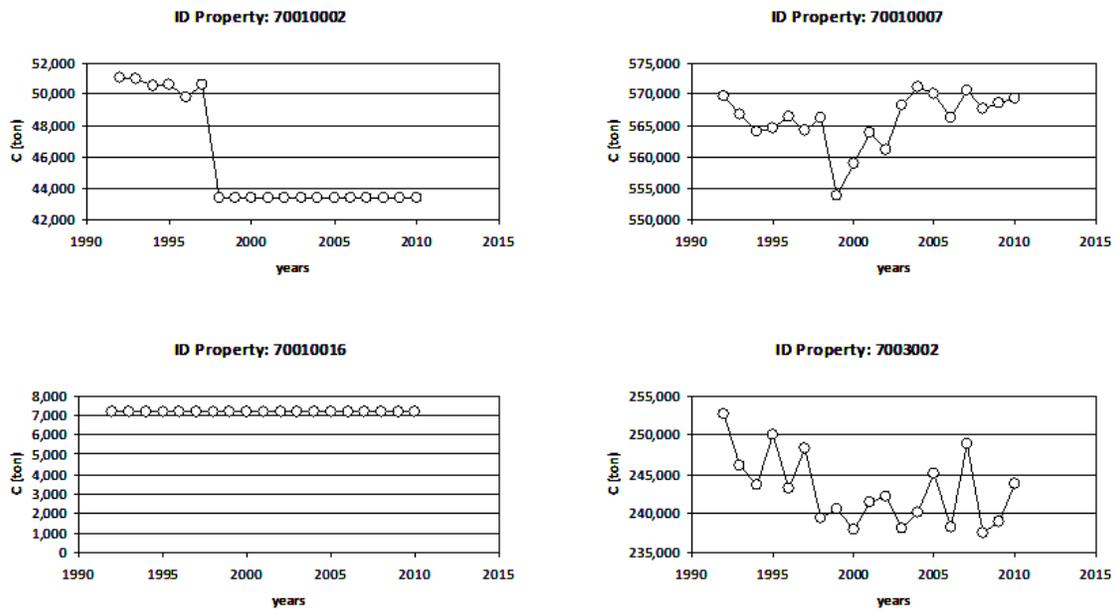


Figura 16. Líneas base de los almacenes de carbono a nivel de predios en Chiapas.

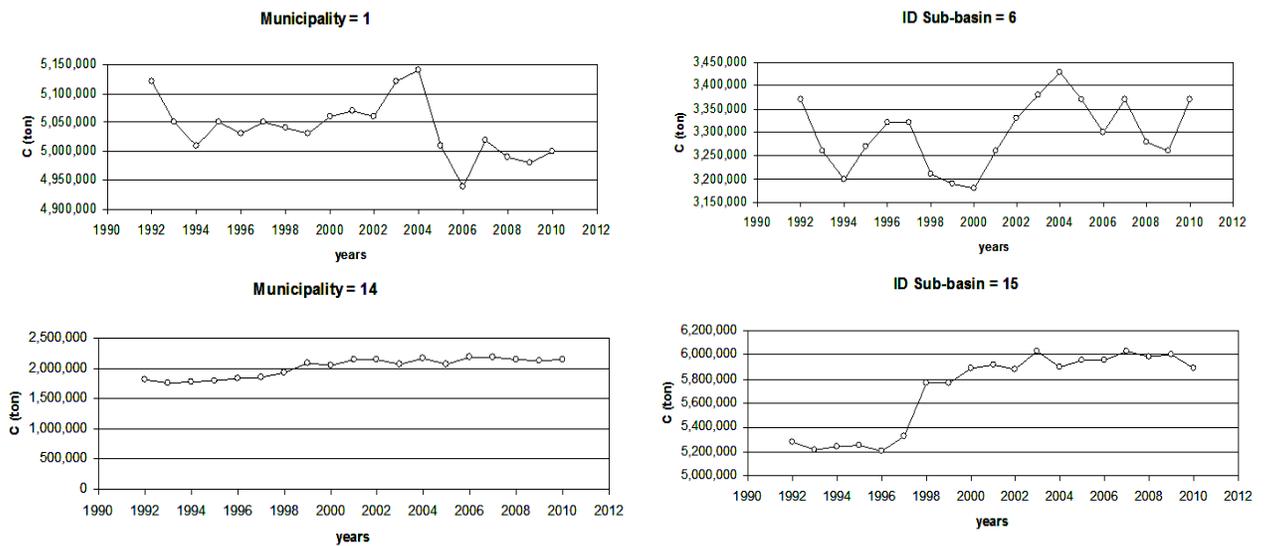


Figura 17. Líneas base de los almacenes de carbono a nivel de municipios y subcuencas en Chiapas.

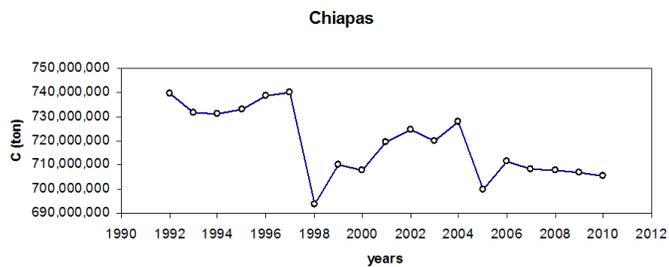


Figura 18. Líneas base de los almacenes de carbono a nivel estatal en Chiapas.

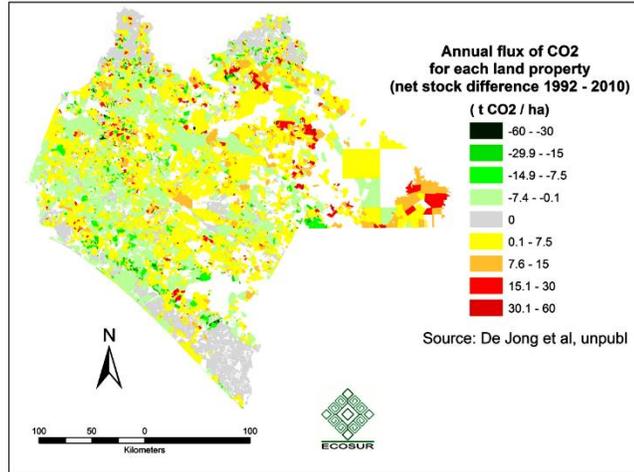


Figura 19. Emisiones GEI (1992-2010) de los predios de Chiapas.

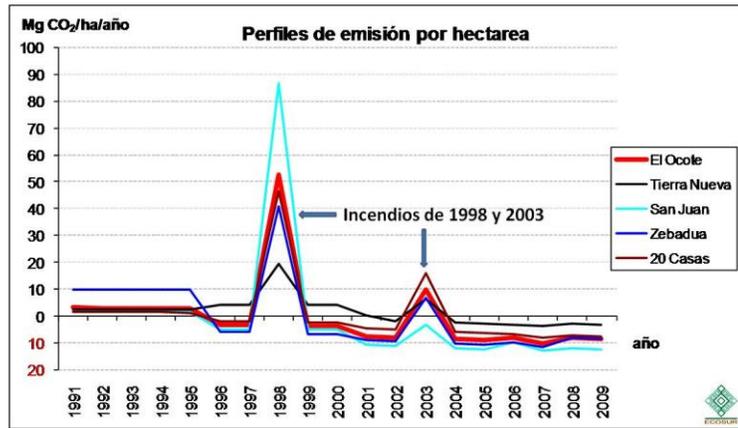


Figura 20. Evolución temporal emisiones GEI en predios en el Ocote, Chiapas

Cuadro 2. Planeación territorial en el predio Nuevo San Juan Chamula, en El Ocote, Chiapas.

Uso Futuro	Uso actual						Total general
	Acahual	Potrero	Cafetal	Agrícola	Selva	Solares	
Acahual	76.5						76.5
Potrero	12	166.5	2	0.5			181
Agrícola	34.25	4		80.25			118.5
Cafetal	1		109.25		14		124.25
Selva					123.5		123.5
Solar						7.13	7.13
Otros	6.5	8	2.5				17
Total general	130.25	178.5	113.75	80.75	137.5	7.13	647.88

En relación a la armonización de escalas y clases de uso del suelo y vegetación (coberturas de la tierra), se diseñó un sistema de clasificación de coberturas a escala 1:10,000 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Sistema de clasificación de coberturas de la tierra para piloto Chiapas.

Clase	Estrato	Cobertura	Estado
Bosque	Arbóreo	Cerrado	Conservado
	Arbóreo-arbustivo		
	Arbustivo-arbóreo	Abierto	Degradado
	Arbustivo		
Agropastoril	Herbáceo	Abierto	
		Muy abierto	
Suelo	Ninguno	Sin cobertura	

La Figura 21 muestra el mapa de coberturas a escala local con el nacional (INEGI) para Chiapas. Ejercicios similares fueron realizados para otras áreas contempladas como pilotos en la propuesta inicial del proyecto México-Noruega.

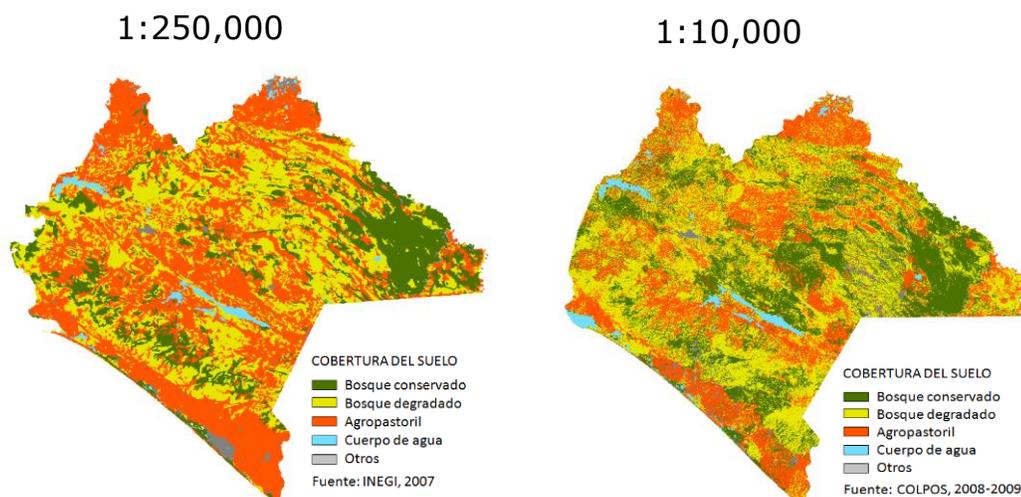


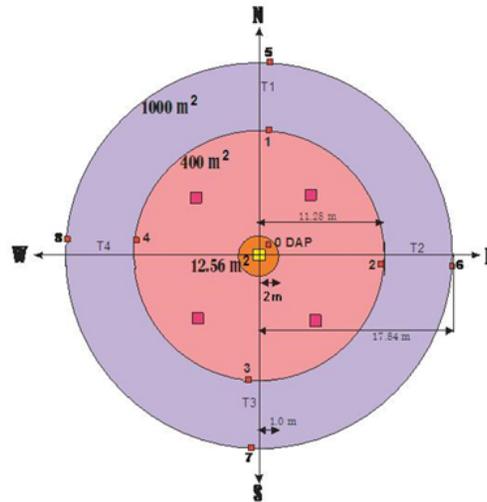
Figura 21. Mapas de cobertura del suelo para Chiapas a diferentes escalas.

En relación al acoplamiento de inventarios locales con el nacional, desde la perspectiva del carbono, y en particular de los monitoreos comunitarios, se desarrolló un esquema de complementariedad y fusión de información bajo las siguientes bases:

- Planteamiento de parcelas de monitoreo de 1,000 m²; armonizadas a las del INFyS, con algunas variantes para recolección de información adicional. No se consideraron conglomerados de 4 sitios del INFyS, dado que el efecto de escala podía determinarse de éste, reduciendo los costos de los monitoreos.
- Reducción de información de los monitoreos aprovechando la información del INFyS. Un ejemplo es la no inclusión de la altura del arbolado en los monitoreos, dadas las incertidumbres y complejidades de las mediciones en sitios con alta cobertura, realizando

estimaciones de esta variable en función de las áreas de las copas y DAP (diámetro a la altura del pecho) disponibles en el INFys.

La Figura 22 muestra el esquema de las parcelas o sitios de monitoreo a escala no nacional.



	Sólo en el espacio entre el círculo de 1000 m ² (Radio = 17.84 m) y el de 400 m ² (área de color azul), se tomará información de árboles con diámetro normal mayor a 20cm, poniendo especial atención en que la forma de vida y porte de los individuos sea propia de un árbol.
	Sitio de 400m ² (Radio = 11.28m) para medir árboles con diámetro normal mayor a 7.5cm, poniendo especial atención en que la forma de vida y porte de los individuos sea propia de un árbol. Por ejemplo, debe diferenciarse un árbol que en su etapa joven tiene un crecimiento arbustivo (por ejemplo un encino) de los arbustos típicos. En este sitio también se obtiene información de arbustos.
	Subsitio de 12.56m ² (Radio = 2m) para registrar renuevo: elementos con diámetro <7.5cm y altura >= 50cm poniendo especial atención en que la forma de vida y porte de los individuos sea efectivamente de árboles o arbustos. Por ejemplo, un renuevo de <i>Quercus</i> que en esa etapa tiene un porte arbustivo, finalmente llegará a ser un árbol. En este sitio también se obtiene información de arbustos.
	Subsitio de 1 m ² (L = 1 m) para el registro de hierbas, helechos, musgos y líquenes.
	Transectos de muestreo de 15m para registrar información de materia orgánica muerta sobre la superficie (combustibles).
	Puntos de registro de materia orgánica muerta sobre la superficie (combustibles)
	Puntos de registro de mantillo y suelo.
	Subsitio de 1 m ² (L = 1 m), 4 muestras en forma representativa, 1 por cuadrante, donde se registra el estrato herbáceo con enfoque ganadero (requerimiento de S.AGARPA).

Figura 22. Diseño del sistema de monitoreo del carbono en enfoques no nacionales

Los manuales de campo, y de planeación, fueron generados para distintos usos del suelo y han sido actualizados para otros inventarios estatales.

Un punto importante en los monitoreos de sitios cuantitativos (similares a los sitios del INFyS) es el relativo a definir la tendencia e historia de cambios para definir puntos en cronosecuencias (Figura 23) que permitan aproximar la dinámica temporal del carbono y generar aproximación en modelos como los METs.

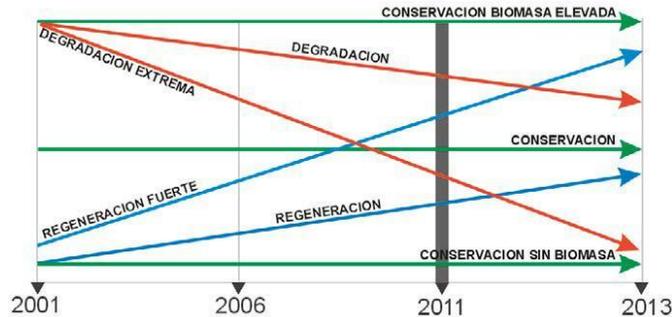


Figura 23. Definición de tendencias en cronosecuencias de sitios cuantitativos.

En relación al uso de conocimiento e información de las comunidades, se planteó un esquema de monitoreos semi-cuantitativos para su uso por las comunidades y con requerimientos de solo entrenamiento básico. En la Figura 24, por ejemplo, se muestra el caso de mediciones del diámetro basal (área basal) usando relascopios, para estimar el DAP en forma rápida. Algo similar fue hecho para todos los almacenes de carbono definidos por el IPCC. Los monitoreos comunitarios o semi-cuantitativos fueron diseñados para su implementación en tiempos cortos (aproximadamente 15 minutos), con el objetivo de tener muchos, aunque con menor precisión que los monitoreos cuantitativos. Para la implementación de los monitoreos semicuantitativos se generaron manuales de campo y se dio entrenamiento a brigadas comunitarias.

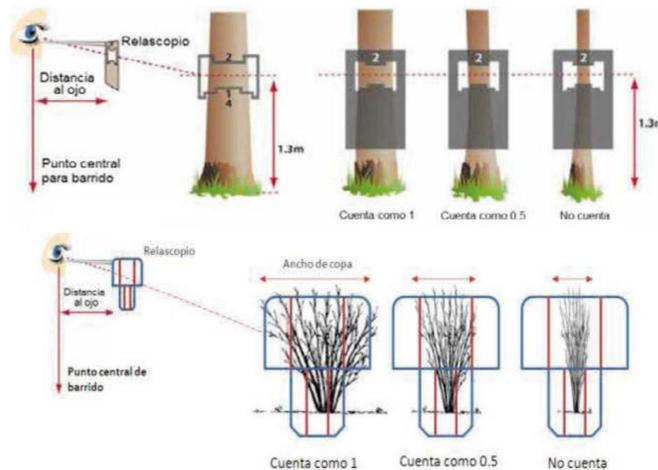


Figura 24. Estimaciones de DAP y áreas de copas (arbustos) del monitoreo semicuantitativo.

En todos los sitios de mediciones cuantitativas siempre se realizaron mediciones semicuantitativas (mediciones pareadas), para poder evaluar las incertidumbres de este esquema en relación a las mediciones clásicas o cuantitativas. Usando el marco de la geoestadística bayesiana indicadora, se generaron esquemas de fusión de información en las estimaciones de carbono, conservando las incertidumbres de cada fuente de información, de tal forma que se armonizaron las escalas locales (monitoreo comunitario), estatal de bajo costo y el INFyS.

El desarrollo de mediciones cuantitativas y semicuantitativas fue implementado en seis comunidades de la Sierra Madre de Chiapas y a nivel estatal (2,501 sitios), usando estrategias de muestreos dirigidos y de cronosecuencias. La Figura 25 muestra la distribución de los sitios del inventario estatal realizado por el PMC en el 2011.

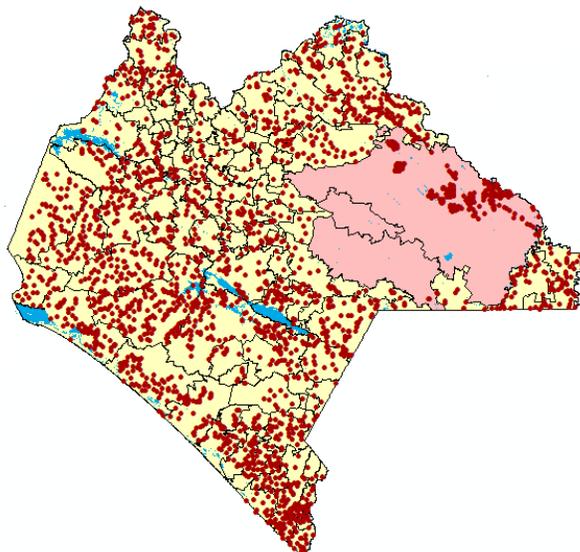


Figura 25. Distribución de sitios de muestreo del inventario estatal de Chiapas en el 2011.

Desafortunadamente todos los desarrollos no han sido aprovechados por diferentes razones, particularmente por cambios en el gobierno estatal y cambio de políticas en el gobierno federal.

1.5 Proyecto regional CONACYT para la Frontera Sur

En el 2009 se elaboró un proyecto para una convocatoria regional del CONACYT. El proyecto considero los desarrollos previos de Chiapas y planteo un esquema focalizado, donde los productos finales de interés del gobierno fueron hechos compatibles y armónicos con los intereses científicos del sector académico.

La Figura 26, fundamentada en el Plan Científico del Programa Mexicano del Carbono, muestra los módulos de la propuesta del proyecto de la Frontera Sur, donde se estructuró un enfoque de generar los elementos para políticas públicas y programas de acción.

El Proyecto de la Frontera Sur planteo la integración del carbono con el agua y la biodiversidad para definir enfoques integrales y armonizados. Adicionalmente se planteó una visión multi-sectorial, que incluyo el sector forestal, agrícola, ganadero y de la biodiversidad en forma unificada. Adicionalmente, los esquemas de mitigación y adaptación al riesgo climático fueron considerados para el desarrollo de diferentes instrumentos y acciones de intervención en programas asociados a políticas públicas.

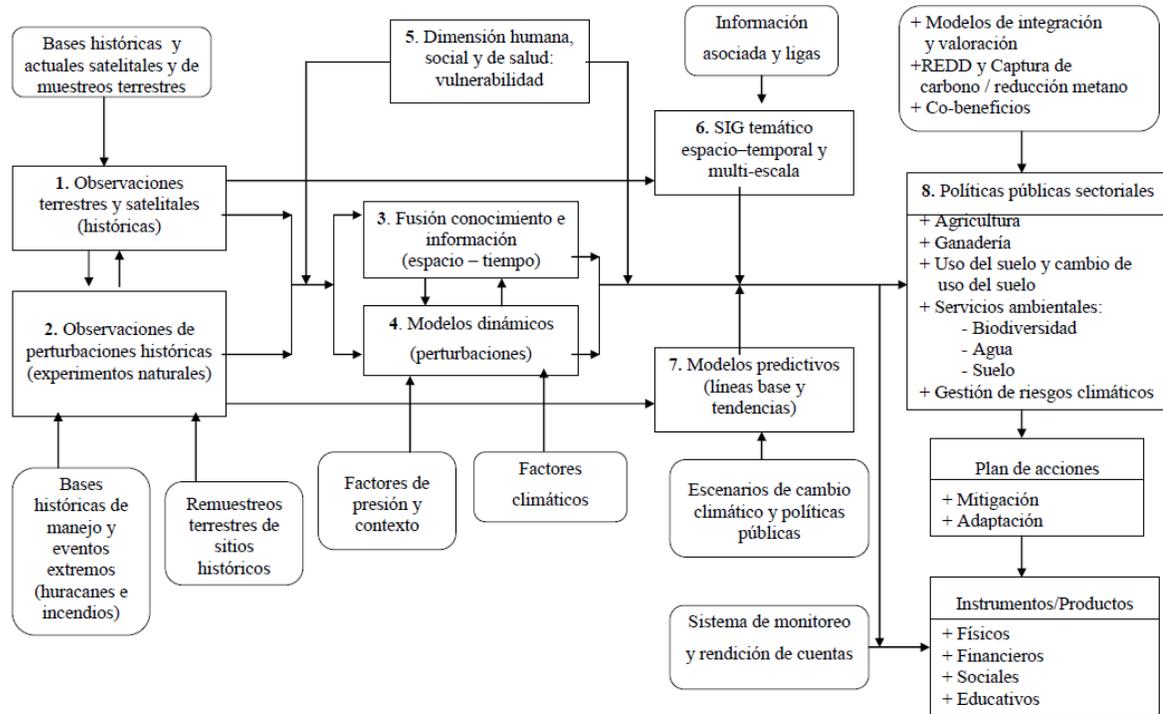


Figura 26. Módulos del Proyecto de la Frontera Sura para convocatoria del CONACYT.

1.6 Alianza estratégica CONAFOR-PMC y socios, 2008-2011

En el 2008 se planteó una alianza estratégica entre CONAFOR y PMC y sus socios para el desarrollo del tema de REDD en México, particularmente en relación al desarrollo del RPP del Fondo Cooperativo Forestal del Banco Mundial y otras iniciativas. La alianza estratégica fue visualizada como un enfoque colaborativo de la academia y el gobierno para preparar a México ante los desafíos de construir una agenda de país en el tema forestal, para expandirla hacia una visión multi-sectorial.

Entre otras cosas, la alianza se planteó para el desarrollo de un sistema multi-escala de monitoreo forestal, con sitios intensivos de muestreo para construir las bases de un sistema MRV. La Figura 27 muestra el planteamiento de los niveles del sistema (con afinaciones posteriores a la concepción inicial), con un enfoque de colaboración de socios del PMC y del gobierno federal (CONAFOR y SAGARPA) para complementariedades.

En el Nivel 5 el megaproyecto del PMC fue considerado como el más intensivo (mediciones de campo, torres de EC, sensores remotos, etc.). Los Niveles 2 y 1 fueron planteados para el desarrollo colaborativo con los miembros del PMC.

El sistema de sitios permanentes de monitoreo fue concebido bajo un concepto de colaboración multi-institucional (Figura 28), complementado la estrategia de CONAFOR del INFyS y su expansión hacia inventarios estatales. La parte de la participación de la SAGARPA quedó en proceso de negociación, particularmente con la Coordinación General de Ganadería (CGG). La idea central planteada fue la generación de información forestal y de interés para la CGG (pastizales y matorrales), bajo un esquema coordinado de muestreo y complementariedades.

NIVELES DEL SISTEMA

Nivel	Almacenes	Escala Temporal	Escala Espacial	Dimensiones	Institución
5	Todos	ms a años	Múltiple	40 km x 40 km (160,000 has) - 18 sitios	PMC
4	Todos	interanual	Múltiple	1.5 km x 1.5 km (225 has) - 504 sitios	SAGARPA-COLPOS
3	Todos	Anual	Fija	4 sitios de 400 m ² (1 ha) - 25,000 sitios	CONAFOR-COLPOS
2	Todos	Mensual a anual	Variable	Variables (5,000)	PMC
1	B aérea/Suelo	Esporádica	Variable	Fija (50,000)	PMC
0	B aérea/Suelo	Esporádica	Variable	Variables (500,000)	Varias (INEGI)

Figura 27. Sistema nacional multi-nivel inicial de monitoreo de ecosistemas terrestres

Sistema de monitoreo escalado

	Esquema	Instituciones
SIMTOG	SIMTOG: Multi-escala, multi-temporal (225 has - 1.5 x 1.5 km) - 504 sitios	SAGARPA-COLPOS - PMC (32 instituciones)
INFyS	INFyS: Multi-escala, multi-temporal, intensivo 1,600 m ² plots (4 sitios de 400 m ² c.u.) - 25,000 conglomerados permanentes	CONAFOR (COLPOS en suelos; Ecosur y Ciego en MO)
Inventarios Estatales	Modelo similar al INFyS	Instituciones estatales
Nivel de proyecto	Proyecto piloto Chiapas	Ecosur, Ambio, Colpos

Figura 28. Marco institucional del sistema de muestreo multi-nivel

La Figura 29 muestra la propuesta de áreas para mediciones a la escala de nivel de proyecto, donde se planteó la medición de almacenes y flujos usando el diseño implementado en ese entonces en la Reserva de la Biosfera El Ocote.

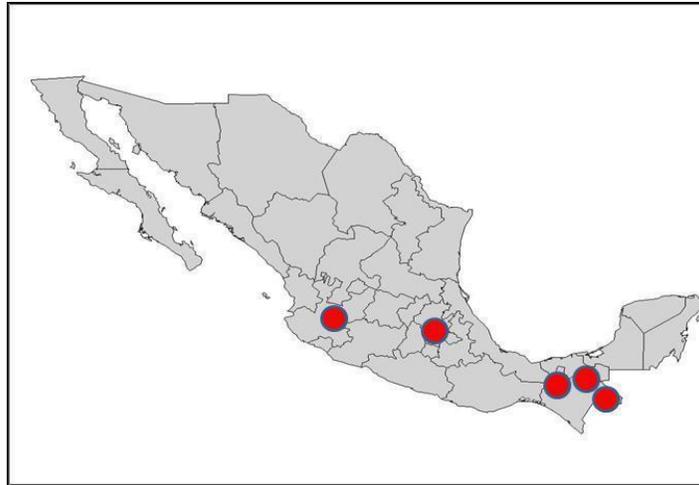


Figura 29. Propuesta de sitios de muestreo a nivel de proyecto para el sistema.

ESQUEMA BASICO – TIPO “El Ocote”

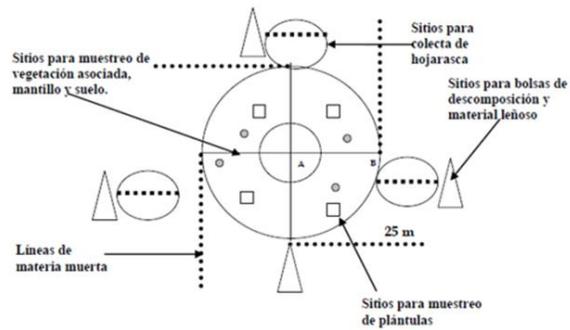


Figura 30. Diseño propuesto para mediciones a nivel de proyecto del sistema.

Para la operación de la propuesta del sistema MRV multi-escala y multi-sectorial se iniciaron las negociaciones y pruebas de conceptos para su promoción internacional (incluyendo GEO FCT) en la búsqueda de fondos para su financiamiento. El esquema propuesto, junto con la ventaja de tener un INFyS, fue promocionado como ejemplo y base para la cooperación internacional en múltiples foros.

Un ejemplo de la cooperación establecida en la alianza fue la inclusión de los muestreos del suelo, donde el diseño de muestreo fue planteado por el PMC para analizar la variabilidad espacial y su incertidumbre. En este esquema colaborativo se acordó iniciar los procesos de recolección de muestras y laboratorio a cargo del PMC y después recuperar estos costos en función de financiamientos en negociación.

En colaboración con la CONAFOR se realizaron negociaciones con Noruega para el establecimiento de un proyecto para un MRV integrado. La negociación con Noruega fue basada en los siguientes elementos:

- Alianza entre el sector científico y el gubernamental para complementariedades y solidez de experiencia.
- Sistema MRV multi-escala y multi-sectorial, armonizado.
- Sistema multi-nivel de implementación: desde inventarios comunitarios hasta el INFyS
- Red de laboratorios para estimaciones del carbono (suelos, principalmente).
- Modelo para Cooperación Sur-Sur.

A raíz de cambios en la CONAFOR, de intereses de geopolítica y de cambios en la visión de implementación de REDD, la alianza estratégica se canceló y CONAFOR redefinió el futuro de lo que sería REDD.

El Proyecto México-Noruega, bajo la nueva administración, fue concebido para que el gobierno hiciera ciencia y generara sus propias capacidades a través de “expertos” y “consultores”, con la idea de que este cuadro de personal formara parte a futuro de la CONAFOR. En la administración del proyecto, por razones justificadas muy pobremente, se decidió empezar de nuevo, olvidarse de la experiencia previa, y “reinventar la rueda”. En esta nueva visión, producto normal del enfoque de intermediarios, se establecieron intereses personales (dados los sueldos pagados) que hicieron cada vez más difíciles los esquemas de cooperación (para los objetivos planteados), terminando el PMC en alejarse de estos ejercicios.

1.7 Colaboraciones con la CGG-SAGARPA

Como parte de la alianza estratégica del PMC con CONAFOR, y de las negociaciones de la propuesta inicial del Proyecto México-Noruega, se realizaron acercamientos con la CGG de la SAGARPA para el desarrollo de un MRV orientado a la ganadería, complementario al MRV planteado por la CONAFOR.

El proyecto colaborativo con la CGG-SAGARPA planteo dos, entre otros, sistemas de monitoreo: SIMSOG (Sistema de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería) y el SIMTOG (Sistema de Monitoreo Terrestre Orientado a la Ganadería)

El SIMSOG fue concebido como un sistema multi-escala (Figura 31) que pudiera acoplarse a los sistemas de la CONAFOR, y otras instituciones a futuro.

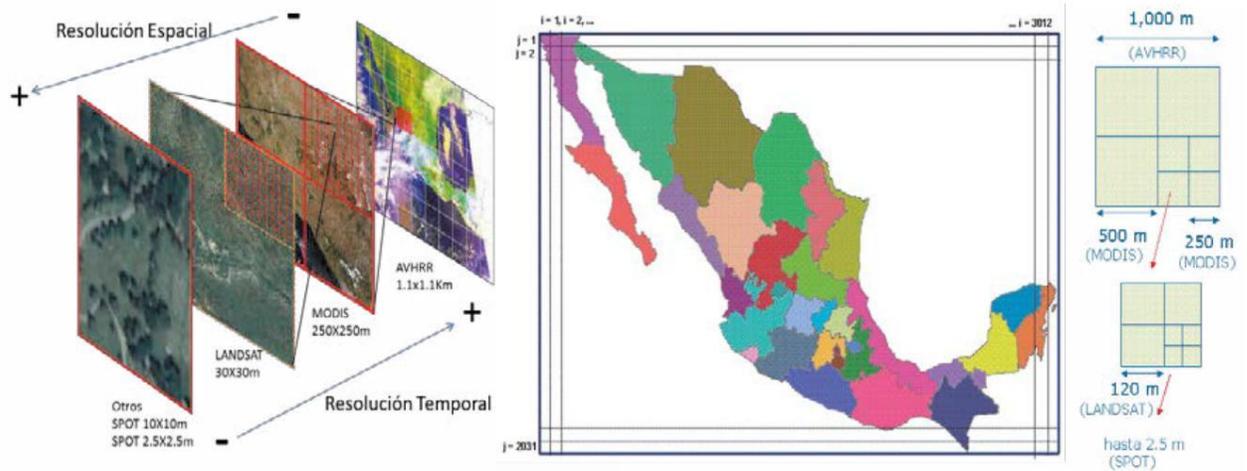


Figura 31. Sistema de monitoreo satelital orientado a la ganadería de la CGG-SAGARPA.

El SIMSOG fue diseñado para ser acoplado al SIMTOG para su calibración a validación y en función de imágenes satelitales disponibles con diferentes sensores remotos (AVHRR, MODIS, Landsat, Spot, etc.)

EL SIMTOG fue planteado para definir paisajes (principalmente en pastizales y matorrales) heterogéneos para calibración y validación de productos satelitales como base para el MRV ganadero de la SAGARPA. La Figura 32 muestra el diseño original del SIMTOG, donde las estaciones de muestreo (EM) consideraban el establecimiento de conglomerados tipo INFyS, en una superficie de 1.5 km x 1.5 km, para validar productos de diferentes resoluciones espaciales de sensores remotos.

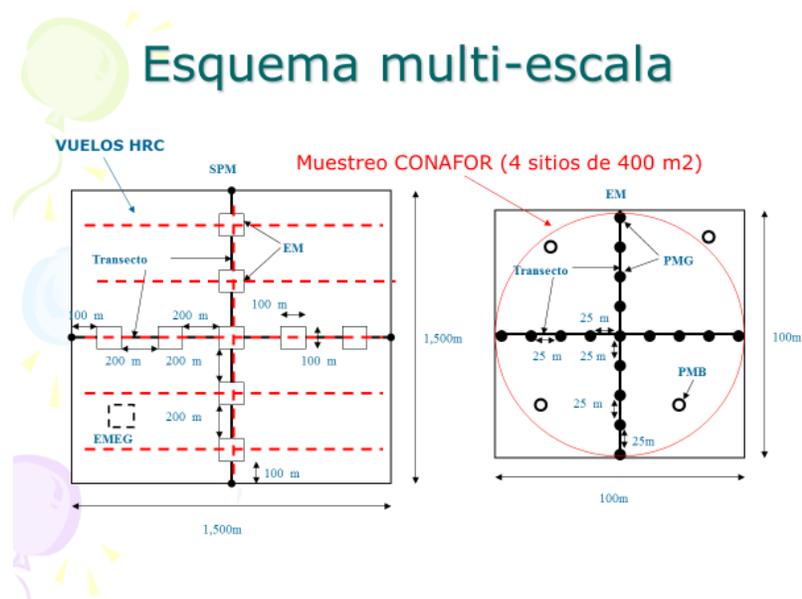


Figura 32. Sistema multi-escala inicial del SIMTOG.

A cambio de implementar los sistemas de muestreo de la CONAFOR, SAGARPA planteo adecuaciones a los muestreos del INFyS (mayor énfasis en el estrato herbáceo y arbustivo). Desafortunadamente, por diversos intereses dentro de la CONAFOR, la colaboración no fue realizada, por lo que SAGARPA (PMC) modifico el diseño muestral y no considero el establecimiento de conglomerados tipo INFyS.

El SiMSOG fue implementado en el periodo 2009-2011 y hecho operativo con el sensor MODIS (250 m x 250 m; resolución temporal diaria), de resolución espacial suficiente para los objetivos de la CGG-SAGARPA de evaluar el PROGAN, entre otros fines.

El SIMTOG fue implementado al mismo tiempo del SiMSOG en más de 500 paisajes distribuidos en todo el país, Figura 33.

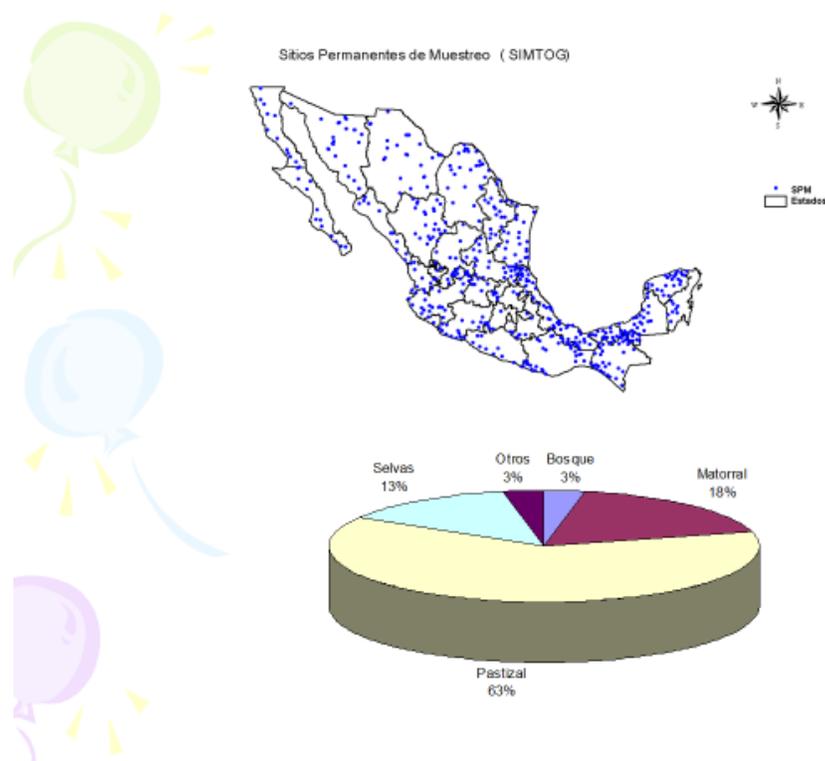


Figura 33. Distribución de los sitios permanentes de muestreo del SIMTOG.

El diseño final del SIMTOG esta mostrado en la Figura 34, donde se omitieron los muestreos de los conglomerados del INFyS, con mediciones de radiometría, cobertura aérea, biomasa, etc., en transectos. La distribución de las estaciones de muestreo (EM) fue planteada en dos arreglos: sistemática y estratificada, dependiendo de la complejidad del paisaje.

En cada sitio permanente de muestreo (SPM) se realizaron mediciones con el helicóptero de control remoto (HCR) para poder escalar las mediciones, Figura 35. El HCR realizo mediciones de radiometría y cobertura aérea.

El enfoque de monitoreo del SIMTOG y SiMSOG está basado en los planteamientos del megaproyecto del carbono, adecuándolo a los requerimientos de la CGG-SAGARPA:

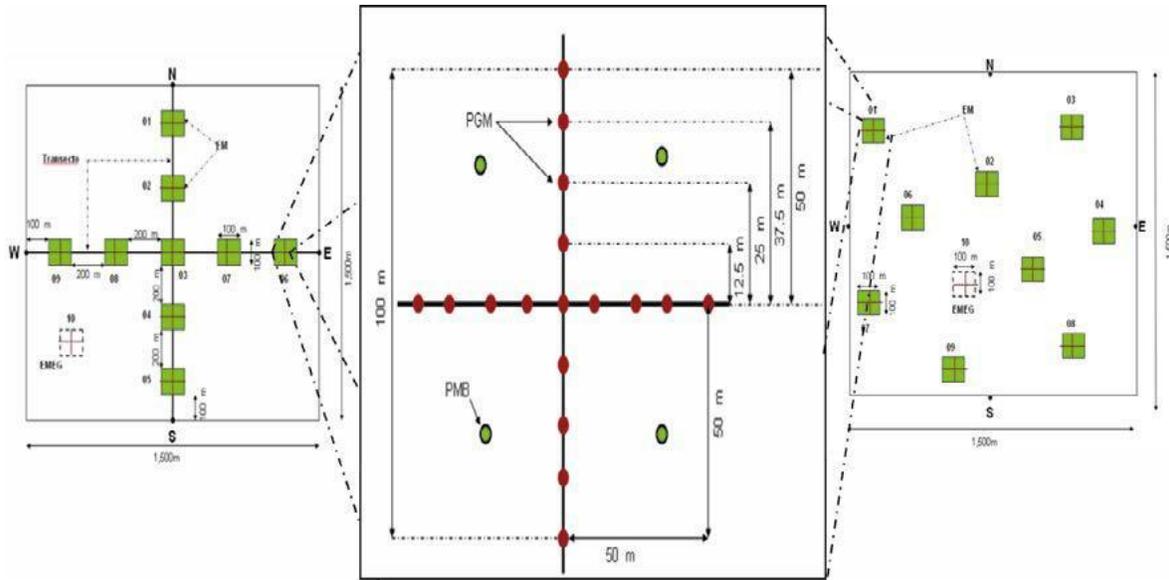


Figura 34. Diseño del sistema de monitoreo del SIMTOG en los SPM.

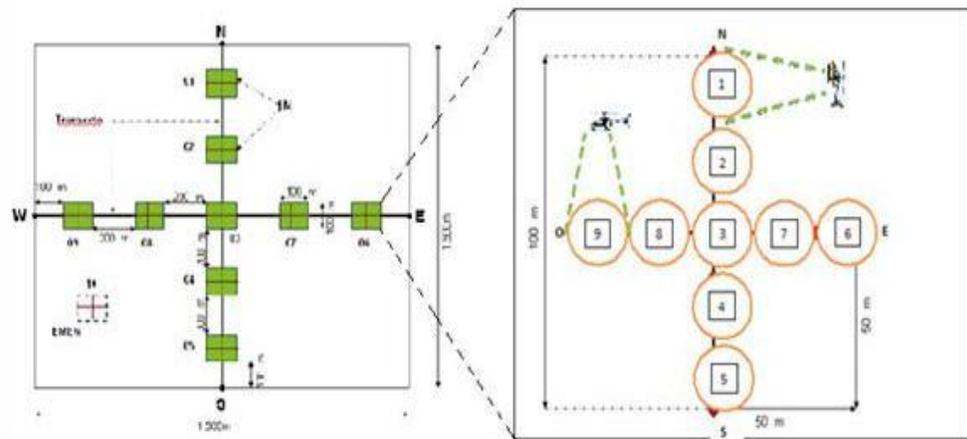


Figura 35. Vuelos de helicóptero de control remoto instrumentado en las EM de los SPM.

Dado que la vegetación objetivo del SIMTOG fue pastizales y matorrales, fue necesario la realización de varios muestreos estacionales para capturar el crecimiento de la vegetación en ciclos intra anuales. La Figura 36 muestreo en forma esquemática la distribución de los muestreos durante el ciclo de crecimiento de la vegetación.

El requerimiento de información durante el ciclo de crecimiento de la vegetación fue una de los mayores retos del proyecto, por la dificultad de tener acceso a los sitios en época de lluvia.

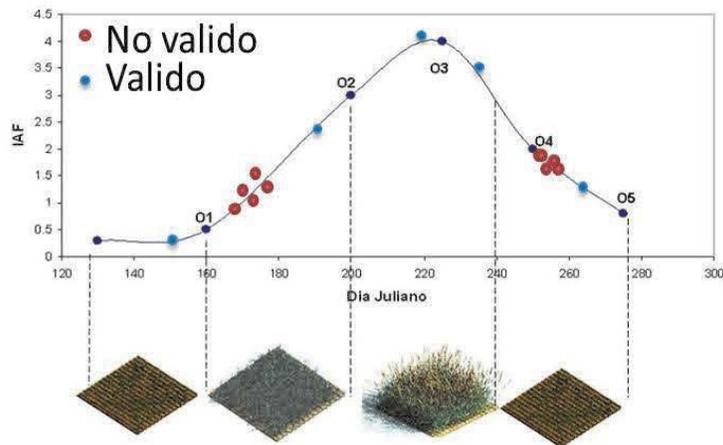


Figura 36. Temporalidad de los muestreos en los SPM del SIMTOG.

Adicionalmente a la red de sitios permanentes de muestreo se estableció una red complementaria de monitoreo, orientada a toma de muestreos rápidos en los trayectos hacia la red de SPM. La Figura 37 muestra la distribución geográfica de esta red (más de 5,000 mediciones).



Figura 37. Distribución de muestreos de la red complementaria de monitoreo del SIMTOG.

De acuerdo a la experiencia del SIMTOG, la red nacional de monitoreo de ecosistemas terrestres fue replanteada en sus niveles (Cuadro 3), donde el Nivel 1 se refiere a mediciones rápidas (tipo muestreos semi-cuantitativos del piloto de Chiapas y la red complementaria del SIMTOG), permitiendo la integración nacional de diferentes niveles de muestreo.

Cuadro 3. Propuesta emergente de la red nacional de monitoreos de ecosistemas terrestres.

Nivel	Almacenes	Escala Temporal	Escala Espacial	Dimensiones	Institución
5	Todos	ms a años	Múltiple	40 km x 40 km (160,000 ha) - 25 sitios (cada sitio con 20 sitios tipo Nivel 4)	PMC
4	Todos	Interanual y anual	Múltiple	1.5 km x 1.5 km (225 ha) - 504 sitios (cada sitio con 10 sitios Nivel 3)	SAGARPA-PMC
3	Todos	5 años	Fija	25,000 sitios + sitios de estados, cada sitio compuesto de 4 sitios de 400 m ² , nivel 2	CONAFOR-Estados-PMC
2 ^a	Todos	2-3 años	Fija	1 sitio de 400 m ² , expandido a 1,000 m ² . Al menos 50,000 sitios	Comunidades-CONAFOR-CONANP-OSCs-PMC
2b	Todos	Variable	Variable	Sitios de experimentos de la comunidad científica. Se desconoce el número	Comunidad científica en general - PMC
1	Todos, con B aérea/Suelo principalmente	Esporádica	Fija	500,000 Sitios de aprox. 0.5 has	PMC-CONAFOR-SAGARPA
0	B aérea/Suelo	Esporádica	Variable	Variables (5,000-10,000)	Varias (INEGI)

El proyecto de MRV de la CGG-SAGARPA fue cancelado en su último año (2012) y no se ha implementado operacionalmente por diferentes razones, además de la pérdida de momento de la colaboración SAGARPA-CONAFOR.

1.8 Piloto PMC para un Sistema Nacional de Monitoreo Forestal

Dadas las experiencias y proyectos del PMC en relación al establecimiento de una red nacional de paisajes de monitoreo intensivo, en el 2012 se estableció el paisaje “El Tlálóc” en Texcoco, Estado de México, como prototipo del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal del PMC, Figura 38.

La Figura 39 muestra en forma esquemática el diseño del esquema de muestreo en El Tlálóc, donde se consideraron todos los almacenes del IPCC, así como sus flujos. Todo el diseño de muestreo está orientado hacia la calibración y validación de modelos de la dinámica del carbono.

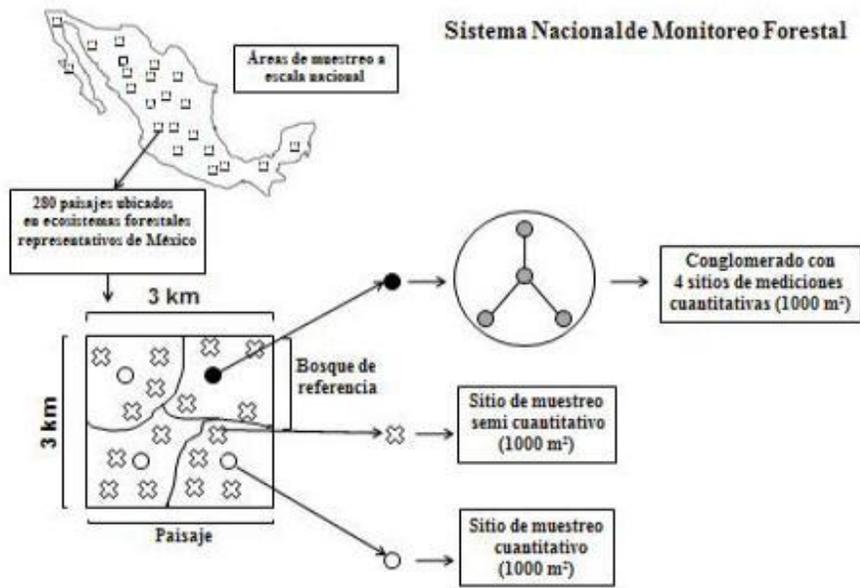


Figura 38. Esquemática del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal del PMC.

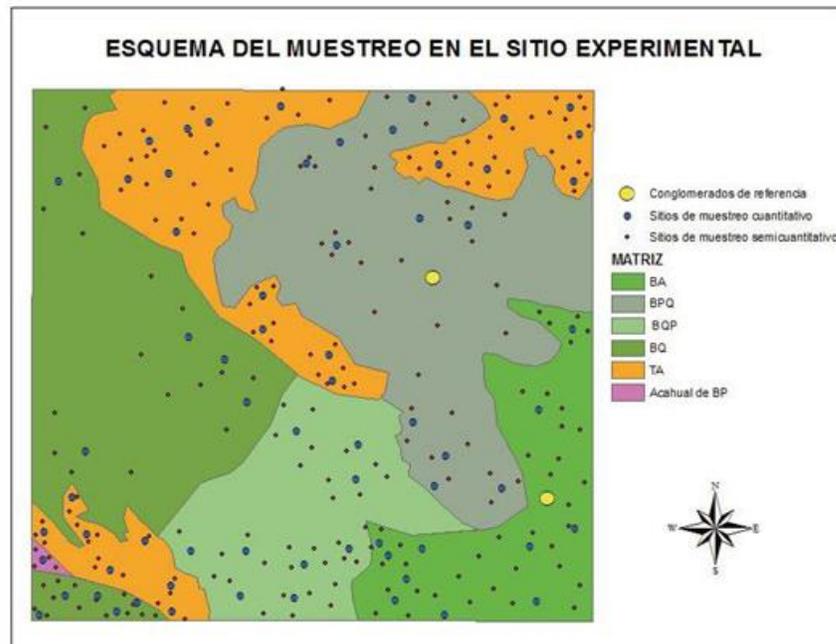


Figura 39. Esquemática del monitoreo en área de El Tláloc.

El sitio continúa en operación y está en diferentes fases de implementación y detalle.

1.9 Proyecto PROBOSQUE-PMC en el Estado de México

Durante 2015 y 2016, en acuerdo colaborativo con Protectora de Bosques (PROBOSQUE) del Estado de México, el Proyecto “RETUS con BASES” (Reducción de Emisiones de Todos los Usos del Suelo con Biodiversidad Armonizada a Servicios Ecosistémicos y con impacto Socioeconómico) fue implementado y está en proceso de afinación de detalles operativos.

El Proyecto RETUS con BASES fue concebido para generar elementos para toma de decisiones para implementar proyectos, programas y políticas públicas para mercados nacionales e internacionales, de compromiso y voluntarios, del carbono, bajo un esquema de ciencia sólida de respaldo y resultados concretos. La Figura 40 muestra los subsistemas del proyecto.

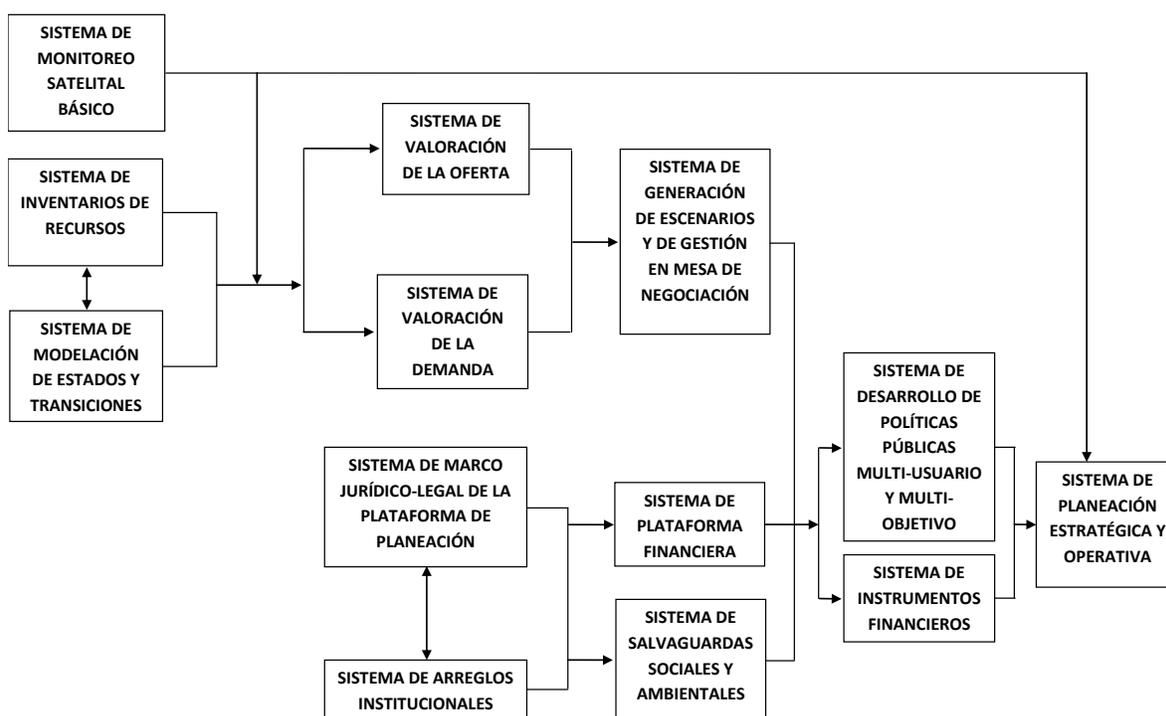


Figura 40. Subsistemas del Proyecto RETUS con BASES.

En relación al sistema de muestreo y monitoreo, el proyecto parte de las siguientes consideraciones:

- Análisis de vacíos para definir prioridades del muestreo bajo el concepto de complementariedad de trabajos previos.
- Muestreos direccionados en función de modelación de las dinámicas del carbono (Figura 41) y definidos en función de la caracterización detallada de paisajes, con revisión de decisiones a nivel de campo.
- Uso de muestreos cuantitativos y semi-cuantitativos (caracterización espacial de paisajes), con sitios pareados como obligatorios.
- Muestreo por fases: fase I orientada a sitios forestales no perturbados, fase II sitios forestales perturbados y fase III sitios no forestales (Figura 42).

Establecimiento de Sitios de Muestreo.

Objetivo: Recabar información para modelar la dinámica del C.

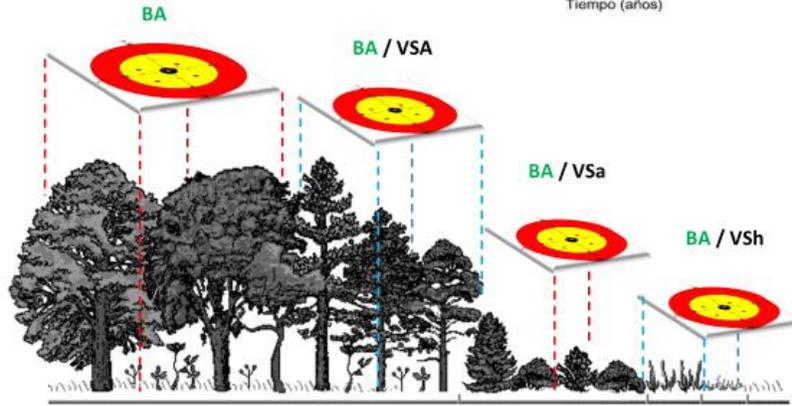
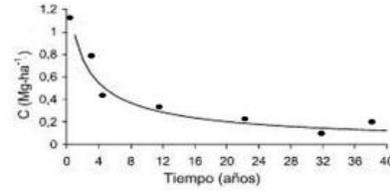


Figura 41. Establecimiento de sitios e muestreo orientados a modelación del carbono.

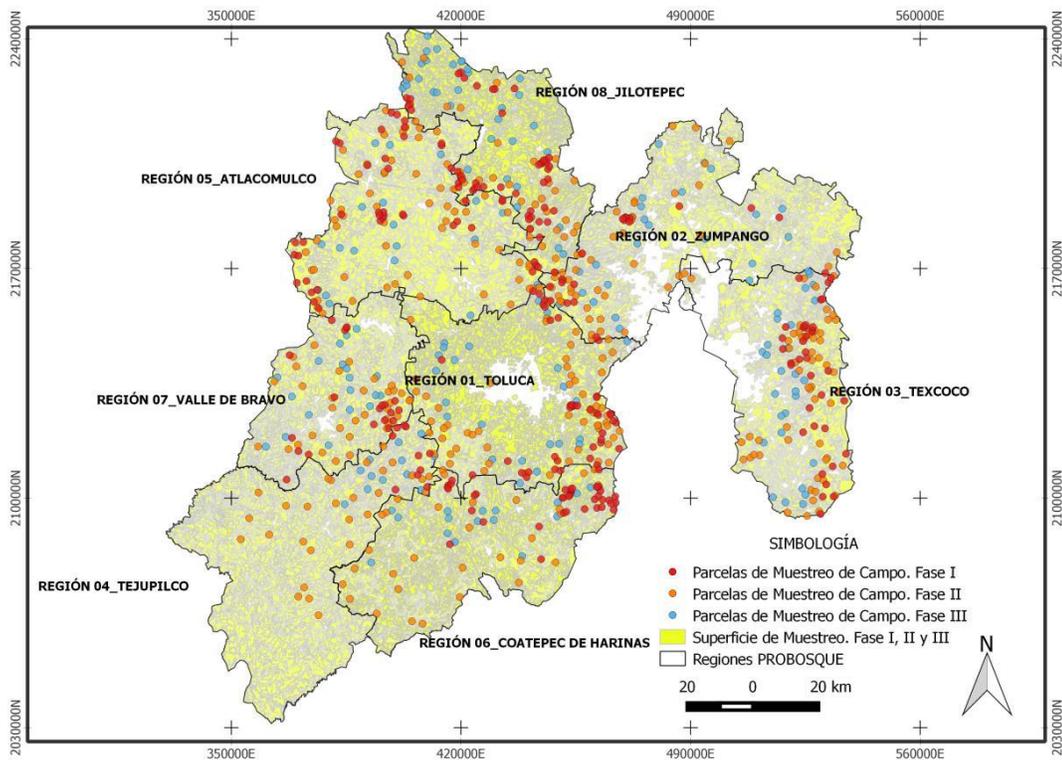


Figura 42. Muestréos de carbono por fases (alrededor de 800).

Con el muestreo implementado se estimaron los almacenes, y flujos, de carbono para todos los usos del suelo y vegetación en el estado y se definieron los parámetros de modelos de estados y transiciones a escala municipal.

En la fase de implementación operativa del proyecto el sistema incluirá sitios intensivos de monitoreo (tipo El Tláloc), que además de servir para tener mejor información, servirán como centros de capacitación.

1.10 Otros proyectos

Los socios del PMC y su colectivo han desarrollado múltiples proyectos orientados a generar nuevo conocimiento sobre el ciclo del carbono y sus interacciones, en un enfoque multi-escala. Por ejemplo, NASA en colaboración con el PMC desarrollo el Proyecto “AmigaCarb” para estimar el carbono forestal en México bajo una estrategia doble de estimación usando información de lidar del satélite IceSat y vuelos de avioneta equipada con lidar en el territorio nacional (Figura 43).

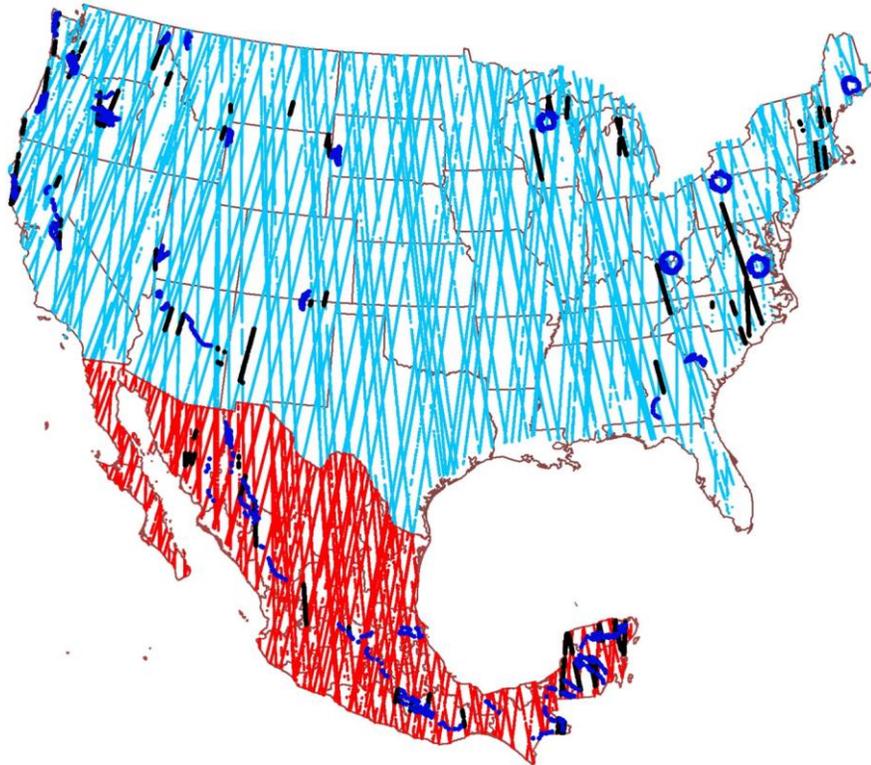


Figura 43. Datos de lidar en el territorio mexicano del proyecto AmigaCarb con NASA.

1) RED MEXFLUX

La Red MexFlux está conformada por grupos de investigación asociados a sitios con torres de medición de flujos con la técnica de EC (Eddie Covariance). La experiencia mexicana en mediciones de flujos con EC tiene alrededor de 30 años en el Noroeste de México (particularmente mediciones de flujos de evapotranspiración y sus componentes) y en la última década se han incorporado algunos sitios adicionales.

MexFlux tiene una propuesta de planeación científica orientada a la generación de diferentes objetivos específicos, Figura 44.

Objetivos específicos en las investigaciones de la red MexFlux.

- 1- Cuantificar la variación espacial y temporal del almacenamiento de carbono y los intercambios de gases de efecto invernadero, vapor de agua y energía en los principales ecosistemas terrestres, costeros, marinos y urbanos de México.
- 2- Comprender los mecanismos que regulan la dinámica de gases de efecto invernadero, así como los vínculos entre la concentración atmosférica de estos gases, el flujo de energía en el ecosistema, y los ciclos biogeoquímicos del carbono, el agua, y el nitrógeno a través de experimentos observacionales y manipulativos, y modelos de procesos de ecosistemas.
- 3- Generar una base de datos histórica de alta calidad para análisis a nivel de sitio, y para actividades de síntesis a nivel regional y global.
- 5- Apoyar y guiar los esfuerzos individuales de nuevos investigadores interesados en establecer nuevos sitios de monitoreo de flujos de masa y energía.
- 6- Investigar métodos adicionales y/o alternativos para cuantificar almacenes de carbono y flujos de gases de efecto invernadero en otros componentes del ecosistema (ej., suelo, columna de agua).
- 7- Evaluar y certificar el funcionamiento de los instrumentos en cada sitio del consorcio mediante campañas de comparación con instrumentos y procedimientos de referencia.

Figura 44. Objetivos específicos de la red MexFlux.

En lo general, los objetivos de MexFlux son los mismos que los del área temática Atmosfera del Comité Científico del PMC, donde la coordinación de esta área es realizada por miembros de MexFlux. El historial de cooperación del PMC y MexFlux es largo, dado que ambos colectivos tienen intereses comunes e interactúan entre sí.

Uno de los principales problemas planteados por la Red MexFlux es el relativo a la interoperabilidad de las mediciones, Figura 45.

Diseño de red interoperable

- La interoperabilidad debe de ser un diseño a priori
- El pragmatismo invita a que la interoperabilidad se construya sobre estructuras, procesos e interfaces ya establecidas,
- Se espera que el sistema trascienda fronteras de agencias, países y disciplinas científicas.

3 tipos de infraestructura:

-Flujo de datos e información :

Como se hicieron las mediciones, metadatos, trazabilidad, formatos de datos, preguntas de investigación, archivo y acceso de datos

-Infraestructura Física:

Integridad física de la instrumentación, elementos de diseño que afectan las mediciones (algoritmos o paquetes de procesamiento de datos)

Incertidumbres asociadas a las mediciones

-Infraestructura de Soporte

Sistemas de soporte para manejar la construcción y operación de la infraestructura de (presupuestos, riesgos, perspectivas de síntesis e integración).

Infraestructura para diseminar los datos (i.e. www)

Estructuras de participación y entrenamiento.

Figura 45. Interoperabilidad de la red MexFlux

Aunque MexFlux ha planteado protocolos y estrategias para implementar prácticas de interoperabilidad, estas todavía no han sido implementadas por diferentes razones.

MexFlux tiene una distribución geográfica de sitios de monitoreo mostrada en la Figura 46, con algunos sitios en operación o planeados no mostrados (e.g. Querétaro).

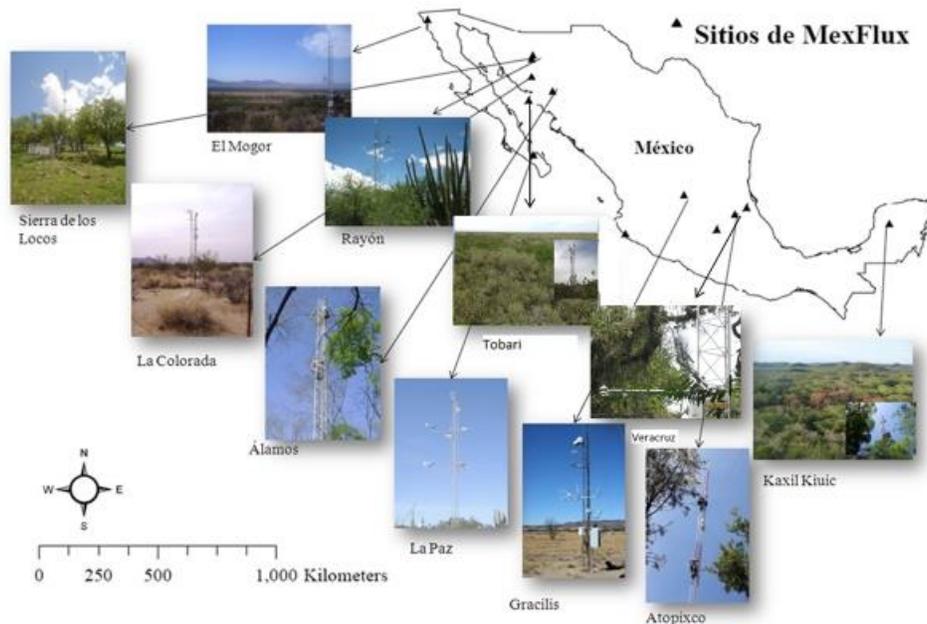


Figura 46. Red de sitios de monitoreo de la red MexFlux.

La Red MexFlux opera en función de los intereses de los investigadores principales (IP) y de sus fuentes de financiamiento, por lo que es necesaria su consolidación operativa como colectivo.

2) SITIOS INTENSIVOS DE MONITOREO Y RED MEX-SMIC

El Dr. Richard Birdsey del USFS promovió en el 2010 la implementación de sitios intensivos de monitoreo en Atopixco, Hidalgo y Kaxil Kiuc, Yucatán, sitios donde existía trabajo previo por varios años e intereses de grupos de investigación bien definidos. Posteriormente, con apoyo financiero de USAID, en 2011 se establecieron torres de EC en los sitios mencionados.

El enfoque planteado fue establecer sitios intensivos de monitoreo (SIM) para integración de datos de inventarios, sensores remotos y modelos, con una perspectiva de múltiples niveles ("tiers") de incertidumbre en las estimaciones y su armonización espacial multi-escala.

La Figura 47 muestra en forma esquemática el concepto de los SIM, concebida con una visión hemisférica en América para diferentes calibrar y validar modelos y otros productos.

El enfoque de inventario “Multi-tier”: Observaciones Extensivas Ligadas a Sitios Intensivos



Birdsey, 2013

- Sensores remotos
- Red de parcelas de inventarios nacionales
- Sitios de medición intensivo

Todas ligadas con modelos a nivel ecosistema y modelos de contabilidad de C

Figura 47. Enfoque conceptual de los sitios intensivos de monitoreo.

De acuerdo a planteamientos del NACP, a nivel terrestre, la propuesta consistió en el establecimiento de una red de conglomerados de muestreo tipo CONAFOR alrededor de la torre de EC, para caracterizar el paisaje. La Figura 48 muestra el diseño geométrico de distribución de conglomerados en un paisaje de 3 km x 3 km. El arreglo geométrico propuesto fue acoplado a las necesidades de información de los sitios (*e.g.* monitoreo de cronosecuencias), Figura 49.

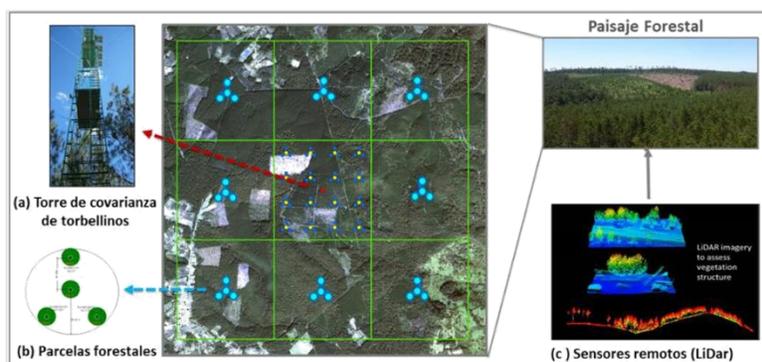
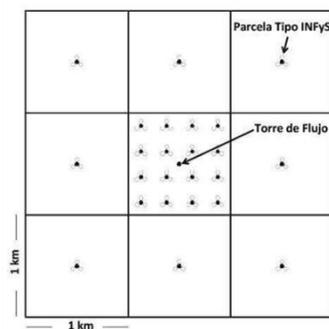


Figura 48. Arreglo de mediciones en los sitios intensivos de monitoreo.

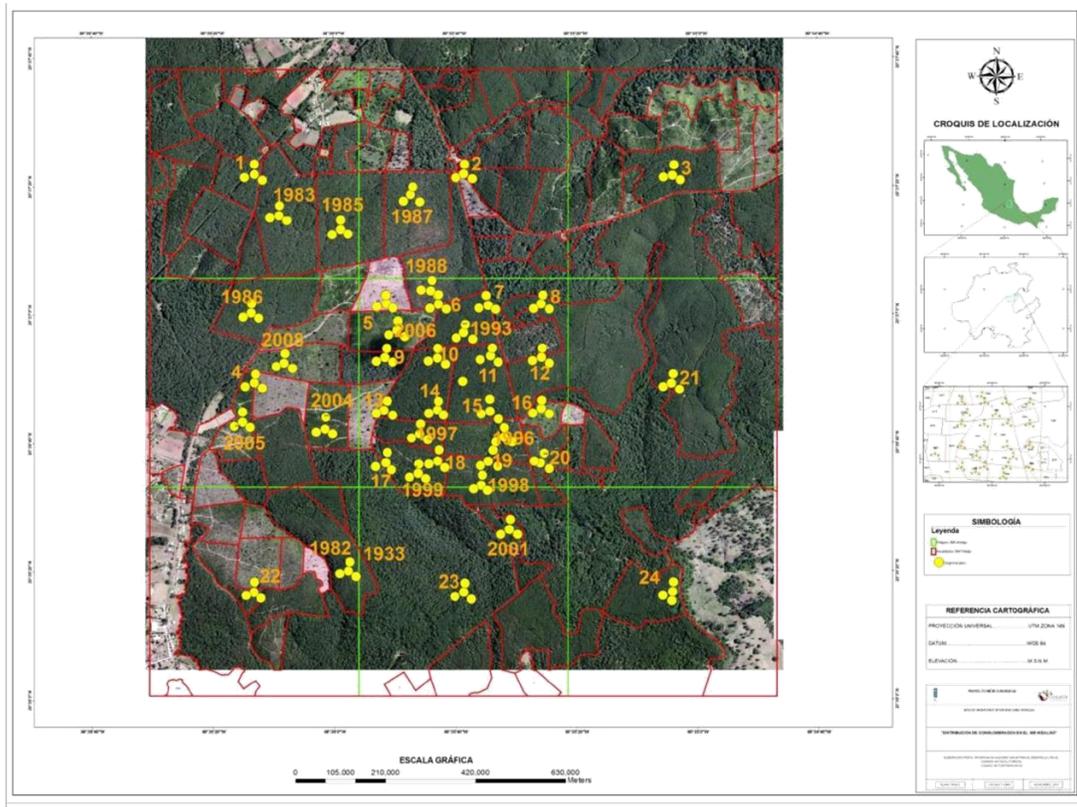


Figura 49. Adaptación de la red de mediciones para incorporar otros intereses (cronosecuencias).

En el 2012, el Proyecto México-Noruega utilizó los esfuerzos de los SIM para la creación de la RED Mex-SMIC (Sitios de Monitoreo Intensivo del Carbono), bajo el supuesto de apoyar financieramente a la red de nueva creación. Así se estableció la red con 5 sitios, Figura 50, en su estado actual.

En el proyecto de los sitios SIM estaba planteado que los sitios de la Red MexFlux se expandirían en sitios de monitoreo intensivo, aprovechando la experiencia y capacidades ya establecidas. Esta estrategia solo fue considerada para el sitio de Álamos, Sonora.

La Red MexFlux está traslapada con los objetivos de la Red MexFlux y PMC, y planteada con objetivos muy ambiciosos que no reflejan el planteamiento original de intereses de los grupos de investigación en sus sitios.

Independientemente de los trabajos realizados de investigación que tenían su propia lógica y estaban en función de los grupos de investigación, la operación de las torres de EC ha sido problemática.

Los SIM originales ya tenían trabajos previos y una visión de integración de enfoques, por lo que la incorporación de torres de EC era algo bienvenido, para complementar sus objetivos. No obstante lo anterior el agregar objetivos a otras escalas a la Red Mex-SMIC obedeció más a los intereses del Proyecto México-Noruega.

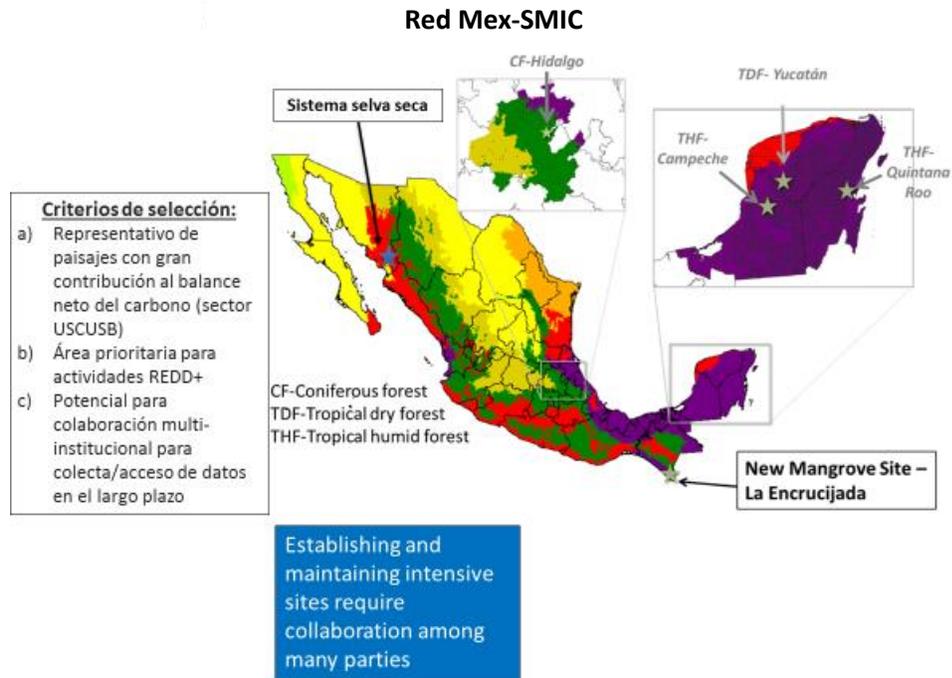


Figura 50. Sitios de la Red Mex-SMIC

Una de las ventajas de la Red Mex-SMIC ha sido el establecimiento de protocolos comunes en los sitios (Figura 51), para avanzar en el tema de interoperabilidad; aunque solo en estos sitios. El caso de las mediciones de flujos con los sistemas EC es tarea pendiente en este objetivo.

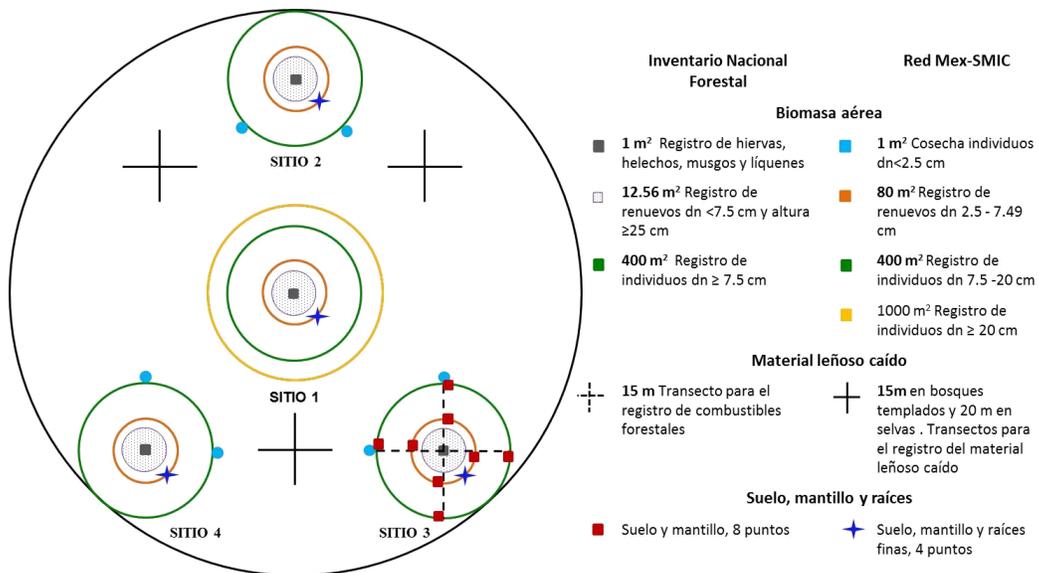


Figura 51. Protocolo asociado al establecimiento de sitios de medición y su geometría de Mex-SMIC.

3) DIAGNOSTICO GENERAL DE EXPERIENCIAS, PROYECTOS Y ENFOQUES

De la revisión realizada, además de múltiples documentos asociados, resultan claros algunos puntos del diagnóstico general:

- a) Hay múltiples iniciativas y proyectos con objetivos traslapados y que no hacen sinergia entre sí, desperdiciando recursos y tiempo.
- b) Los proyectos/redes tienen objetivos que no están completamente armonizados entre las diferentes escalas y actores que intervienen. Muchos de ellos son proyectos locales, con intereses particulares, que crecieron sin tener un respaldo de capacidades para hacerlo.
- c) La mayoría de los proyectos son altamente dependiente de los investigadores principales y no están institucionalizados, haciéndolos altamente vulnerables a problemas de financiamiento o cambio de intereses.
- d) La mayoría de proyectos han crecido en función de coyunturas de financiamiento, particularmente en el caso de la instalación de torres de EC.
- e) Las agencias de apoyo (principalmente del gobierno federal), en lo general no tienen claro la utilidad de las iniciativas y sus requerimientos son más del tipo coyuntural para justificar proyectos en curso.
- f) No hay una coordinación nacional efectiva y eficaz en los esfuerzos emprendidos, más allá de declaraciones y buenas intenciones.
- g) La investigación realizada, en muchos casos, no tiene una visión claramente definida.
- h) Persisten los problemas de interoperabilidad y complementariedades entre las diferentes redes e iniciativas.
- i) Los resultados de los esfuerzos de investigación no son claros para las fuentes de financiamiento actuales ni futuras. No hay un esfuerzo de poner los resultados en acciones concretas o elementos para toma de decisiones, resultando difícil de justificar financiamientos, más allá de objetivos científicos.}
- j) Las coyunturas de financiamiento han provocado que las iniciativas, redes y proyectos se adapten a sus planteamientos, con una visión reducida en relación a un proyecto integral más allá de estas circunstancias.

México cuenta con una masa crítica de investigadores para generar nuevo conocimiento y establecer proyectos ambiciosos que posicionen al país a nivel de liderazgo y participación activa en iniciativas nacionales e internacionales. No obstante lo anterior, muchos planteamientos son “más de lo mismo”, manteniendo una fuerte dependencia del conocimiento y experiencia de actores internacionales y ejecutar trabajo de “mano de obra barata”

La parte de síntesis y modelación de procesos es claramente faltante en muchos proyectos, concretándose a descripciones de información y caracterizaciones asociadas. Es urgente contar con una iniciativa que tenga clara la visión de integración de la información que se esté generando, orientada a metas con objetivos para generar elementos para políticas públicas, corregir errores metodológicos, ampliar fronteras del conocimiento, entre otras cosas.

Los recursos financieros son escasos, por lo que es necesario la integración de iniciativas más allá de coyunturas de corto plazo (*e.g.* Convocatoria CONACYT-CONAFOR), de otra manera solo se desfasará la muerte de los proyectos.

4) PROPUESTA DE CONVERGENCIA Y ELEMENTOS DE LA REMPACI

La Red Mexicana de Paisajes del Carbono y sus Interacciones (REMPACI) es una propuesta del PMC (Red Temática del CONACYT) planteada en el 2016 y propuesta en el plan de trabajo aprobado por CONACYT para el 2017.

La propuesta se planteó para institucionalizar los esfuerzos de sitios de proyectos y coordinarse en un planteamiento nacional, dejando los detalles de su estructuración concreta para el 2017. Un punto central de la iniciativa es hacer sinergia con los esfuerzos existentes, bajo el principio de complementariedad y sinergia, para mejorar su eficacia y eficiencia; y, por el otro lado, fundamentar la iniciativa en las múltiples experiencias del PMC en relación a la implementación de su Plan Científico.

Un punto crítico planteado como fundamento para la creación de la red es el relativo al aprovechamiento de recursos y tiempos de las escuelas/facultades de múltiples instituciones del país con interés en el tema (ecología, biología, agricultura, ganadería, forestal, etc.) de tal forma que los paisajes sirvan para que los estudiantes realicen sus prácticas y desarrollen tesis, con un soporte científico de miembros del PMC asociados a los profesores e investigadores de las instituciones locales. De esta forma se busca aprovechar recursos ya disponibles en un esquema de institucionalizar esfuerzos y contribuir a un proyecto nacional integral.

Un objetivo primario es la realización de alianzas estratégicas con las redes y grupos de investigación con proyectos activos, para la búsqueda de convergencias en una perspectiva de un solo proyecto nacional, con múltiples aristas, que genere sinergias y estructure esfuerzos hacia un fin común: avanzar en el conocimiento de México.

En su primera etapa, la red está concebida a ser implementada en ecosistemas terrestres, pero se espera a futuro expandirla a ecosistemas acuáticos (costeros y marinos; la parte de humedales/manglares está considerada en la primera etapa).

La estrategia general para la implementación de la REMPACI es:

- Implementación progresiva en función de resultados, intereses y financiamientos disponibles.
- Desarrollo de un plan nacional estratégico y operativo para la red de tipo multi-institucional, multi-escala, multi-nivel, multi-funcional y multidisciplinario. Algo similar, pero revisado y con mayor alcance al megaproyecto del carbono.
- La focalización inicial es hacia el carbono (y su dimensión social; además de bioenergía y atmosfera)), pero se espera en el corto plazo incluir agua y biodiversidad, principalmente.
- Hacer sinergia y consolidar esfuerzos actuales, siempre y cuando sean viables de integración y estén basados en resultados.
- El desarrollo de nuevos paisajes será en función de intereses institucionales y su soporte, además de que será progresiva la implementación.
- Desarrollo por fases de capacidades de implementación y soporte: una primera fase centralizada, con algunas descentralizaciones y segunda fase totalmente descentralizada; lo anterior para garantizar resultados concretos e incentivar fuentes de financiamiento.

- Los paisajes estarán concebidos como “escuelas de campo” para generación de capacidades locales.
- Los paisajes deberán tener soporte gubernamental a nivel comunidades (apoyos de CONAFOR, SAGARPA, etc.), para incentivar su participación en el desarrollo de información y conocimiento útiles a las instituciones de gobierno (para incentivar su apoyo a nivel básico de sus programas – *e.g.* pagos por servicios ambientales)
- Integrar la REMPACI con otras, más allá de un solo sector (*e.g.* forestal), particularmente con iniciativas de SAGARPA (proyecto en curso entre INIFAP-PMC). También se incluye la integración con la Redes Temáticas del CONACYT y otras redes profesionales y científicas.
- Los paisajes de la red deberán tener soporte institucional (universidades o centro de investigación) definido como áreas para el desarrollo de prácticas y tesis (además de investigación), con un esquema de asesoría integral.
- Los paisajes deberán ser heterogéneos y estar asociados a comunidades, para tener representaciones de la realidad de los usos de la tierra en el país, además de entender las acciones humanas y sociales sobre la dinámica de cambios. Se busca mapear la realidad de los territorios mexicanos y no sitios solo prístinos sin intervención.
- Se buscará institucionalizar financiamiento a corto, medio y largo plazo para los paisajes usando fuentes nacionales (CONAFOR, SAGARPA, CNA, CONACYT, etc.) e internacionales; particularmente en esquemas basados en resultados.

La organización de la red y su estructuración operativa está planteada como:

- Consejo Coordinador integrado por representantes de las redes asociadas. En el caso de ecosistemas terrestres se espera la participación de Mex-SMIC y MexFlux, con la posible incorporación de MexLTER y otras redes.
- Consejo Científico integrado en función de áreas de especialidad y experiencia, con coordinaciones temáticas, para asistir en el desarrollo de conocimiento en los paisajes y complementariedad de conocimiento de las instituciones locales.
- Grupo Nacional de Soporte, integrado por becarios (particularmente postdoctorados) contratado por tiempo determinado, para realizar las tareas de caracterización y seguimiento de los paisajes, administración de datos, etc. Las áreas planeadas de soporte son: sensores remotos, sistemas de información geográfica, operación y mantenimiento de torres de EC, administración (control de calidad) de datos; y, síntesis y modelación. Este grupo deberá ser incorporado, al finalizar su estancia, en instituciones locales para apoyar la viabilidad a futuro de los paisajes.
- Grupos locales a cargo de los paisajes, bajo un acuerdo institucional con la red.

Para el 2017 se contactará a posibles instituciones interesadas en participar en la red y se discutirán los alcances y objetivos de una posible asociación, para que la iniciativa forme parte de sus programas anuales de trabajo.

Con el objetivo de generar resultados concretos a largo plazo, el énfasis inicial será en proyectos en curso que sean viables de hacerlos operativos en un esquema de expansión de

alcances, después de lograr los objetivos que estos paisajes tengan plateados o comprometidos. El planteamiento es garantizar resultados para las fuentes financieras de soporte (e.g. caso de torres de EC sin resultados a la vista).

Está planteado que el consorcio estudiantil CABEMAS del PMC intervenga en forma colegiada en la estructuración de proyectos regionales o nacionales colectivos, en asociación con la coordinación científica de la red.

5) PROYECTO SECTORIAL CONACYT-CONAFOR: UN PRIMER PASO HACIA LA INTEGRACIÓN

La Convocatoria del Fondo Sectorial CONACY-CONAFOR ha planteado la demanda “Sitios de monitoreo intensivo del carbono en ecosistemas forestales estratégicos de México” para el 2017. Aunque la demanda está orientada a consolidar la Res Mex-SMIC, ofrece una oportunidad importante hacia el objetivo de construir una alianza estratégica nacional de coordinación de esfuerzos.

La Convocatoria plantea consolidar 5 sitios: Chiapas (Manglar en La Encrucijada, ECOSUR y UDel), Hidalgo (Atopixco, COLPOS), Quintana Roo (Ejido Felipe Carrillo Puerto, U'yoolche A.C.), Yucatán (Kaxil Kiuic, CICY) y Sonora (Álamos, ITSON). Adicionalmente plantea a creación de 3 nuevos sitios de monitoreo intensivo. Un diagnóstico genérico (hasta donde está documentado en el 2015 y de información de otras fuentes) de los 5 sitios de SMIC permite posicionar la viabilidad y hoja de ruta de este proyecto:

- En la mayoría de los sitios se establecieron conglomerados tipo INFyS (32 a 40), por lo que su remuestreo (intervalo mínimo de 3-5 años) es viable para aproximar flujos en términos de inventarios.
- El sitio de Chiapas solo implemento 8 conglomerados, aunque cuenta con financiamiento (planeado) para concluir el establecimiento de conglomerados adicionales y poner en términos operativos la torre de EC.
- Aunque en los protocolos de SMIC está planteado el enfoque multi-escala, dada la distribución de los muestreos en campo, no es clara la viabilidad de este objetivo y su liga con sensores remotos.
- En la mayoría de los sitios se están realizando mediciones de flujos (respiración de suelos, descomposición de mantillo, material leñoso caído, raíces finas), que permitiría implementar modelos a escala temporal, no siendo claro el aspecto espacial y de escala de estas mediciones.
- Los trabajos de investigación en Hidalgo y Yucatán, enfoque de cronosecuencias, permitirían estimar factores de emisión y avanzar en modelación. En Sonora y Quintana Roo no es claro como realizar esta tarea. En Chiapas no será posible.
- El sitio de Sonora (desarrollado previamente a financiamientos de USFS-USAID y Proyecto México-Noruega) es el más completo y con enfoque de sucesión vegetal; aunque la información de campo tipo cronosecuencias es baja, pero abundante en caracterizaciones asociadas a procesos.

- Los sitios Sonora, Hidalgo y Yucatán son los únicos viables para atender los objetivos planteados en la convocatoria, generando la necesidad de revisar el diseño de Quintana Roo y Chiapas.

En el país hay muchos grupos de investigadores (*e.g.* Sonora, Querétaro, Durango, Estado de México, etc.) interesados en coordinarse con los esfuerzos en ejecución, por lo que la red puede expandirse en función de las aportaciones de estos sitios, en función de los trabajos y resultados que tengan.

6.1 Enfoque teórico-metodológico propuesto para contexto general, mas allá de la convocatoria

De las revisiones realizadas previamente y de planteamientos en los trabajos del PMC y discusiones realizadas con múltiples colegas y reuniones de trabajo, un proyecto integral deberá incluir, además de las mediciones de almacenes y flujos de los protocolos de la SMIC y otros proyectos:

- a) Mediciones de torres de EC, para avanzar en la parte teórica y metodológica:
 - Estimaciones de flujos con base a los footprint, sin asumir homogeneidad.
 - Analizar el establecimiento de sistemas de EC en terrenos no planos, para generar estimaciones de flujos mas allá de los métodos actuales y expandir los alcances de la red de torres a terrenos accidentados típicos de los paisajes forestales.
 - Analizar y establecer un sitio (Álamos) para un sistema combinado de EC y scintilometría usando funciones de estructura (covarianzas). Para esto es necesario revisar el arreglo propuesto en el megaproyecto del carbono.
 - Analizar opciones de reducir costos de los sistemas EC en relación a periodicidad de las mediciones con base las propiedades escalantes de la función de covarianza. Esto permitiría extender el uso de sistemas de EC a menor costo.
 - Complementar la información de sistemas de EC para ecosistemas no forestales, para analizar el enfoque REDD+ en su componente más importante: cambios de uso del suelo de forestal a no forestal.
- b) Inventarios de almacenes de carbono y armonización de escalas/niveles para expandir el uso del INFyS a REDD+:
 - Analizar y revisar metodologías de monitoreo comunitario e inventarios estatales y de SMIC para integrarlas al INFyS, bajo un enfoque de heterogeneidad del paisaje (revisar el enfoque propuesto en Chiapas y el sitio El Tláloc por el PMC) e información multi-fuente y multiescala. La caracterización de heterogeneidades en los sitios SMIC permitiría tener elementos para escalamiento espacial fundamentado en datos y no suponer homogeneidad y no heredar la visión de inventarios estatales con esquemas de densificación de la retícula del INFyS. Los resultados servirían para analizar la incertidumbre y pertinencia del INFyS para REDD+, cuyo principal objetivo son los cambios.
 - Desarrollo de metodologías multi-escala desde una visión de perturbaciones para realizar una fusión de información, bajo el principio de conservación de la incertidumbre, que integre las distintas fuentes y escalas de observación. El enfoque de cronosecuencias requiere de un mejor marco teórico de análisis para su viabilidad para modelación de procesos.

- Desarrollo de metodologías fundamentadas en datos para el escalamiento de información de campo a la de sensores remotos, para tener esquemas sólidos de propagación de incertidumbre y estimaciones multi-escala, teóricamente basados.
 - Realizar ejercicios de escalamiento de los SMIC a escalas estatales usando sensores remotos, con calibraciones y validaciones intensivas.
- c) Síntesis y modelación de la dinámica del carbono:
- Desarrollar enfoques de modelación propios, además de otros modelos, para sintetizar conocimiento en el país, con una visión orientada a la información disponible.
 - Implementar los desarrollos previos del PMC del modelo MEJICO (Modelo de Estados y transiciones Jerárquicos Integrados y multiescalares del Carbono y Otros componentes)
 - Realizar síntesis de la red de paisajes orientada a requerimientos de información de gobierno, OSCs, público general; además de la parte científica que es obligada.

6.2 Enfoque organizacional y operativo del proyecto

Considerando que es necesario garantizar el pleno cumplimiento de los objetivos y productos de la convocatoria y los problemas operativos relacionados con los sistemas EC, además del requerimiento de generar capacidades para el seguimiento de la red de sitios, es necesario implementar un enfoque organizacional y operativo que lleve a cabo la responsabilidad de generar resultados satisfactorios en todos los sitios:

- Grupo de trabajo centralizado con el objetivo de que, independientemente de los responsables de los sitios, el proyecto cumpla con los objetivos.
- Coordinación por Consejo, con participación de todos los miembros.
- Apoyo a los sitios en términos de complementariedades y sinergias.

Un asunto crítico es el presupuesto disponible del proyecto. La propuesta es que primero se revise el presupuesto real de cada sitio para cumplir con los objetivos planteados (además de las restricciones reales para cumplir esto) y que el presupuesto restante se utilice para expandir los objetivos hacia un proyecto nacional como el discutido, que además generará valor agregado a la propuesta y le dará solidez científica y aplicada.

6.3 Elementos para la generación de los productos esperados del proyecto

En lo siguiente se presenta una primera aproximación al cumplimiento de los productos esperados del proyecto. Los productos adicionales se plantearán en función de lo discutido de requerimientos adicionales y deseables. Lo primero es garantizar que el proyecto satisfaga los objetivos planteados en la convocatoria, independientemente de si son pertinentes o de interés.

Objetivo 1. Caracterizar la dinámica espacio-temporal de los cambios en los reservorios y los flujos del carbono en ecosistemas estratégicos de México, bajo diferentes esquemas de conservación y manejo.

Producto 1.1. Un reporte técnico (estudios de caso) por SMIC con la información analizada e interpretada de las estimaciones (con nivel de incertidumbre) de los cambios en cada uno de los 5 reservorios de carbono considerados en las Guías de Buenas prácticas de IPCC (1. biomasa aérea, 2. mantillo, 3. Madera muerta, 4. biomasa subterránea, 5. carbono orgánico en el suelo-sólo línea base) y la variabilidad de flujos de carbono (al menos para 4 sitios) entre el bosque y la atmósfera (emisiones y absorciones de GEI). Asociado a cada reporte técnico, se incluirán bases de datos (nivel de observación) y mapas con información integral de las distintas mediciones, documentados bajo esquemas de control de calidad establecidos en la Guías de Buenas Prácticas para la cuantificación de incertidumbre, así como el reporte de inventarios de GEI, del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2003, 2006). Las bases de datos deben ser compatibles con la BD del SNMRV.

Este producto es fácilmente generable con la información disponible y con los remuestreos de los sitios de Mex-SMICS. La red ya ha realizado un primer reporte de este tipo

Producto 1.2. Documento de análisis sobre la sensibilidad del flujo del carbono en ecosistemas estratégicos en función de la variabilidad climática estacional.

Este producto es inviable bajo el esquema en operación de la red, pero se puede generar un análisis del INFyS y de inventarios estatales para satisfacer el objetivo (ya se ha realizado por el PMC). Para el caso de flujos de CO₂, solo el sitio Álamos puede generar un reporte.

Producto 1.3. Documento de análisis y listado de especies vegetales con mayor capacidad de almacenamiento de carbono y otros atributos deseables para la adaptación al cambio climático.

Esto es trivial, dados los datos de los inventarios y análisis de aptitud de las especies.

Producto 1.4. Documentos de referencia para planes o estrategias de conservación forestal y de suelos que describan la variación de atributos estructurales, funcionales y de biodiversidad de los ecosistemas representados en los SMIC

Esto es producto de los productos anteriores, aunque no queda claro que son “documentos de referencia”. De todos modos es un producto fácil de elaborar, cuando estén los insumos disponibles.

Objetivo 2. Establecer áreas forestales que sean utilizadas como referente para calibrar y validar enfoques de monitoreo basadas en plataformas satelitales, torres de flujos, modelos ecosistémicos e inventarios forestales y de suelos (nacional, estatal o municipal).

Producto 2.1. Estudios de caso en sitios de los estados de Yucatán, Hidalgo y Sonora, que muestren las metodologías y resultados que relacionan las mediciones de campo con información de sensores remotos (Lidar y/o imágenes de satélite), datos de actividad y flujos ecosistémicos de torres que permitan realizar estimaciones de emisiones y remociones de carbono a nivel de paisaje.

Este producto no tiene mayor problema, dado el trabajo previo, pero es el requerimiento de flujos de las torres de EC es problemático. Viable en Sonora por el periodo de mediciones a disposición y solo aproximado burdamente para Hidalgo y Yucatán. Se puede generar el producto sin dificultades.

Producto 2.2. Consolidación de cinco áreas forestales con conglomerados tipo INFYS, instrumentadas y operando bajo enfoque de monitoreo multiescala a largo plazo que permitan

aportar insumos a estrategias y programas como ENAREDD+, ENAIPROS, PRONAFOR, IRE, entre otros.

Sin problema después de los remuestreos y enfoque actual multi-escala aceptado por la CONAFOR.

Producto 2.3. Diseño y acompañamiento de protocolos en al menos tres nuevos sitios intensivos, en función de requerimientos de información de la CONAFOR sobre la dinámica del carbono en ecosistemas específicos (p.ej.. bosques de pino-encino, selva baja, matorrales o selva mediana) que adopten las estrategias de monitoreo intensivo del carbono multi-escala y de largo plazo.

Sin problema de ejecutar, sujeto a restricciones presupuestales que se definan. Los nuevos posibles sitios podrían ser Novapatia y El Sargento en Sonora, el sitio de matorral en Querétaro, el sitio de bosques manejados en Durango, Sitio El Tlálloc en el Estado de México, etc., además considerar incorporar los sitios MexFlux, aunque solo sea con presupuestos mínimos para reuniones y discusión de la red. El punto central es establecer un programa a largo plazo del proyecto donde los sitios asociados tendrán al menos un apoyo financiero para sentirse parte de la red,

Objetivo 3. Generar Factores de Emisión regionales con bajo nivel de incertidumbre para ecosistemas forestales estratégicos de México que contribuya al Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación

Producto 3.1. Bases de datos con factores de emisión asociados a las distintas actividades en los bosques (p.ej. deforestación, manejo forestal, incendios, perturbaciones crónicas como pastoreo y extracción de madera, y eventos climáticos extremos) considerando los cambios en los 4 reservorios de carbono (y en su caso, suelos) y su potencial variación temporal.

Producto fácil de obtener en función de los muestreos y remuestreos en los sitios.

Producto 3.2. Manual para la generación de factores de emisión en bosques Mexicanos considerando los cambios a nivel de ecosistema, a partir de datos de torres de covarianza de vórtices. Desarrollo de al menos un estudio de caso con factores de emisión calculados para al menos alguno de los SMIC.

Solo viable en Sonora dada la información existente y parcialmente viable en Hidalgo y Yucatán. Lo del manual es trivial.

Producto 3.3. Análisis comparativo sobre el uso de factores de emisión nacionales vs. los específicos generados para cada SMIC y publicados en la página de Internet de CONAFOR.

Fácilmente realizable, con datos de inventarios estatales y del INFyS y los datos de los sitios.

Objetivo 4. Actualización de protocolos estandarizados existentes con el fin de mejorar las prácticas de colecta de información y estimación de parámetros para reducir incertidumbre. Así como su divulgación a las autoridades correspondientes.

Producto 4.1. Actualización y mejora de protocolos de colecta, procesamiento y análisis de la información generada en los conglomerados de los SMIC para adaptar situaciones particulares y de cambio de los sitios.

Fácilmente realizable cuando se tenga incluido el enfoque de heterogeneidad del paisaje y salirse de los esquemas de densificación de conglomerados.

Producto 4.2. Protocolos para la integración de información sobre la dinámica del carbono derivada de los conglomerados, sistemas de flujos, sensores remotos y modelos, considerando la propagación de incertidumbre de las estimaciones generadas en las diferentes escalas espaciales y temporales.

Sin problema de realizar, dado el marco teórico y metodológico ya realizado por el PMC.

Producto 4.3. Actualización del documento con recomendaciones metodológicas (incluyendo su justificación técnica) enfocadas en la mejora del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) y los inventarios forestales estatales en donde se encuentran los SMIC.

Fácil de realizar dados los proyectos y pilotos del PMC, además de la experiencia del SMIC.

Objetivo 5. Fomentar buenas prácticas para el intercambio de la información generada conforme a reglas sobre acceso y uso justo de datos.

Producto 5.1. Documento: Procedimientos para la apropiada documentación de las bases de datos de los SMIC con lineamientos claros para que los usuarios dentro y fuera de la Red accedan a las bases de datos calificadas y actualizadas, validado por CONAFOR.

Algo largamente discutido y con múltiples ejemplos de como hacerlo, solo falta ponerlo en papel.

Producto 5.2. Apoyo y seguimiento a la vinculación de un repositorio electrónico a las bases de datos del sistema nacional de monitoreo forestal de fácil acceso para la información generada en los SMIC que permita generar estadísticas de uso de la información en la infraestructura informática de la CONAFOR

Sin problemas, si los sitios tienen organizada su información y complicado si hay desorden.

Objetivo 6. Fortalecer esquemas de capacitación y formación de capital humano, dentro y fuera de la red, que sean capaces de coleccionar información sistemáticamente, integrar resultados de distintas fuentes de información y transferirla para la mejora de la toma de decisiones.

Producto 6.1. Formación de cuadros especializados para la asimilación y manejo de datos de la estrategia multiescala para la estimación de reservorios y flujos del carbono en el largo plazo.

Implícito en los requerimientos del proyecto y el esquema operativo planteado.

Producto 6.2. Desarrollo de talleres semestrales de capacitación para armonizar las habilidades técnicas e infraestructura de los distintos SMIC basándose en las habilidades y fortalezas detectadas en cada sitio, en coordinación con la UTEMRV y con el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal en CONAFOR. La Red otorgará un documento con validez curricular en función de la asistencia a dichos talleres (los criterios los definirá la Red en conjunto con la CONAFOR).

Sin problema, incluyéndolo en el presupuesto.

Producto 6.3. Un foro anual de transferencia de conocimiento/métodos entre el grupo de trabajo y personal de las áreas usuarias de CONAFOR y otras instituciones.

Simposio Internacional del Carbono del PMC

Producto 6.4. Colaboración en las visitas técnicas de verificación (por lo menos una visita por sitio) durante la vigencia del proyecto.

Obligado, solo falta definir si el proyecto financiaría estas visitas y el asunto de agendas.

Producto 6.5. Un directorio de especialistas e instituciones en temas relacionados con el monitoreo de la dinámica de carbono en ecosistemas forestales.

Trivial

Producto 6.6. Un taller anual de capacitación de personal (estudiantes, técnicos, ejidatarios) en la medición de carbono en productos forestales así como en el monitoreo de los flujos de carbono y la biodiversidad.

Se puede hacer en la semana del simposio del PMC, como cursos pre-simposio.

Objetivo 7. Diseño de Sitios de Monitoreo Intensivo de Carbono para determinar el impacto de prácticas silviculturales para maximizar el aprovechamiento del potencial productivo de los ecosistemas forestales.

Producto 7.1. Diseño de protocolos en al menos 1 de los nuevos SMIC propuestos, que incluya, de manera adicional, las metodologías, insumos y enfoques para:

- El análisis de tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de especies forestales asociadas a la aplicación de prácticas silviculturales enfocado a la dinámica del carbono, utilizando insumos de modelos biométricos propios y de proyectos similares concluidos e información disponibles para los ecosistemas representados en los SMIC.
 - *Sin problema en Durango y sitio El Tláloc*
- El análisis de la diversidad de especies y aspectos funcionales relacionados con la captura y almacenamiento del carbono, considerando los impactos de los sistemas de manejo forestal sobre la conservación de la biodiversidad en el área de influencia de los SMIC como estrategia de mitigación del cambio climático.
 - *Desarrollo ya hecho por el PMC*
- El análisis económico de alternativas silvícolas para determinar el potencial del manejo forestal como estrategia de mitigación del cambio climático en los SMIC con programas de manejo autorizados.
 - *Asunto de rutina*
- Documento de Estrategia de Colaboración a largo plazo entre la CONAFOR y otras redes de investigación para establecer sinergias y líneas específicas de colaboración en relación con este objetivo.
 - *Sin problema, se tiene contemplado en la Red CONACYT PMC.*

6) NOTA ACLARATORIA GENERAL Y SIGUIENTES PASOS

El presente documento de discusión es de circulación restringida a solo los actores que pueden contribuir con la propuesta. El lenguaje se ha cuidado, pero una disculpa por frases o párrafos no políticamente correctos, no es la intención criticar, pero a veces eso así se interpreta.

Los siguientes pasos planteados son:

- Circulación del documento a los actores de interés e interesados.
- Iniciar proceso iterativo de discusión por correo electrónico, conversaciones personales y llamadas telefónicas.
- Organizar una reunión sobre la propuesta en el Simposio del Carbono del PMC en Ensenada el día miércoles 17 de mayo. Programa en borrador y revisión para envío a la brevedad.
- Definición de acuerdo general y sus reglas.
- Generar propuesta para convocatoria
- Seguir en el armado de una iniciativa mayor, tal como está propuesto.
- Implementar el esfuerzo coordinado.

7) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (DESORDENADAS – CORTAR Y PEGAR, CON FALTANTES)

- Aubinet, M., T. Vesala y Papale, D. 2012. Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis. Springer Science & Business Media.
- Baldocchi, D. 2014. Measuring fluxes of trace gases and energy between ecosystems and the atmosphere—the state and future of the eddy covariance method. *Global Change Biology* 20: 3600-3609.
- Hollinger, D. 2008. Defining a Landscape-Scale Monitoring Tier for the North American Carbon Program. En: *Field Measurements for Forest Carbon Monitoring*. Hoover, C. (Ed.). Springer-NY, USA. pp 3-16.
- Birdsey, R., G. Angeles, W. Kurz, A. Lister, M. Olguín, Y. Pan, C. Wayson, B. Wilson y K. Johnson. 2013. Approaches to monitoring changes in carbon stocks for REDD+. *Carbon Management* 4: 519-537.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018 (ENAIROS). CONAFOR, Zapopan, Jalisco.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2014. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Programa Nacional Forestal. Reporte Especial, CONAFOR. Zapopan, Jalisco.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2015. Modelo de Intervención en las Áreas de Acción Temprana REDD+. CONAFOR, Zapopan, Jalisco.
- Gebhardt, S., T. Wehrmann, M.A. Ruiz, P. Maeda, J. Bishop, M. Schramm, R. Kopeinig, O. Cartus, J. Kellndorfer, R. Ressler, L.A. Santos, M. Schmidt. 2014. MAD-MEX: Automatic Wall-to-Wall Land Cover Monitoring for the Mexican REDD-MRV Program Using All Landsat Data. *Remote Sensing* 6:3923-3943.
- Olguín, M., C. Wayson, V. Maldonado, D. López, R. Birdsey, G. Ángeles, J.L. Andrade, J. Arreola, J.L. Hernández, J.M. Dupuy, K. Johnson, L. Esparza, B. Méndez, G. Sánchez, J.P. Caamal, O. Carrillo. 2015. Consideraciones para una propuesta de colaboración a largo plazo de la Red Mex-SMIC y CONAFOR. Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR, Red Mex-SMIC, USFS, SilvaCarbon. 16 p.
- Olguín, M., W.A. Kurz, C. 2016. Wayson, M. Fellows, V. Maldonado, D. López-Merlín, O. Carrillo y G. Ángeles. Estimating past and projected future GHG emissions. CEC. Commission for Environmental Cooperation. En: *Integrated Modeling and Assessment of North American Forest Carbon Dynamics: Tools for monitoring, reporting and projecting forest greenhouse gas emissions and removals*. Kurz, W., R.A. Birdsey, V.S. Mascorro, Z. Dai, D. Greenberg, M. Olguin y R. Colditz. Commission for Environmental Cooperation. Montreal, Canadá.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). 2003. Good practice guidance for land use, land use change and forestry. Kanagawa, Japón. Institute for Global Environment Strategies.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Ginebra, Suiza.
- Red Mex-SMIC. 2016. Protocolo para la estimación de la dinámica del carbono forestal en sitios de medición intensiva: un enfoque multi-escala. Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR, Red Mex-SMIC, 143pp

- Perez-Ruiz, E.R., J. Garatuza-Payan, C.J. Watts, J.C. Rodriguez, E.A. Yopez y R.L. Scott. 2010. Carbon dioxide and water vapor exchange in a tropical dry forest as influenced by the North American Monsoon System (NAMS). *Journal of Arid Environments* 74: 556-563.
- Vargas, R., E.A. Yépez, J. L. Andrade, G. Ángeles, T. Arredondo, A.E. Castellanos, J. Delgado, J. Garatuza, E. González, W. Oechel, J.C. Rodríguez, A. Sánchez, E. Velasco, E.R. Vivoni y C. Watts. 2013. Progress and opportunities for monitoring greenhouse gases fluxes in Mexican ecosystems: the MexFlux network. *Atmósfera* 26: 325-336.
- Verduzco V.S., Garatuza-Payan J., Yopez E.A. Watts C.J., Rodriguez J.C., Robles-Morua A., Vivoni E.R. 2015 Variations of Carbon Exchanges due to Seasonal Precipitation Differences in a Tropical Dry Forest of Northwest Mexico. *Journal of Geophysical Research – Biogeosciences* 120 (10): 2081-2094
- Birdsey, R., G. Angeles-Perez, W.A. Kurz, A. Lister, M. Olguin, Y. Pan, C. Wayson, B. Wilson y K. Johnson. 2013. Approaches to monitoring changes in carbon stocks for REDD+. *Carbon Management* 4: 537-555.
- Dai, Z., R.A. Birdsey, K.D. Johnson, J.M. Dupuy, J.L. Hernandez-Stefanoni y K. Richardson. 2014. Modeling carbon stocks in a secondary tropical dry forest in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Water, Air and Soil Pollution* 225: 1925.
- Dai, Z., K.D. Johnson, R.S. Birdsey, J.L. Hernandez-Stefanoni y J.M. Dupuy. 2015. Assessing the effect of climate change on carbon sequestration in a Mexican dry forest in the Yucatan Peninsula. *Ecological Complexity* 24, 46-56.
- Hernández-Stefanoni, J.L., J.M. Dupuy, K.D. Johnson, R. Birdsey, F. Tun-Dzul, A. Peduzzi, J.P. Caamal-Sosa, G. Sánchez-Santos y D. López-Merlín. 2014. Improving species diversity and biomass estimates of tropical dry forests using airborne LiDAR. *Remote Sensing* 6: 4741-4763.
- Hernández-Stefanoni, K. Johnson, B.D. Cook, J.L., J.M. Dupuy, R. Birdsey, A. Peduzzi y F. Tun-Dzul. 2015. Estimating species richness and biomass of tropical dry forests using LIDAR during leaf-on and leaf-off canopy conditions. *Applied Vegetation Science* 18(4): 724-732.
- Mascorro, V.S., N.C. Coops, W.A. Kurz, y M. Olguín. 2014. Choice of satellite imagery and attribution of changes to disturbance type strongly affects forest carbon balance estimates. *Carbon Balance and Management* 10:30.
- Mascorro, V.S., N.C. Coops, W.A. Kurz, y M. Olguín. 2015. Attributing changes in land cover using independent disturbance datasets: a case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change* 16: 213-228.
- Olguín M., C. Wayson, W.A. Kurz, R.A. Birdsey, M. Fellows, V. Maldonado, et al. 2015. Hacia un enfoque Tier 3 en paisajes estratégicos en México, modelos ecosistémicos y sitios de monitoreo intensivo del carbono. *Memorias del XIV Congreso Forestal Mundial*. 7-11 de Septiembre. Durban, Sudáfrica.
- Olguín, M., W.A. Kurz, C. Wayson, M. Fellows, V. Maldonado, D. López-Merlín, O. Carrillo y G. Ángeles. Estimating past and projected future GHG emissions. CEC. Commission for Environmental Cooperation. En: *Integrated Modeling and Assessment of North American Forest Carbon Dynamics: Tools for monitoring, reporting and projecting forest greenhouse gas emissions and removals*. Kurz, W., R.A. Birdsey, V.S. Mascorro, Z. Dai, D. Greenberg, M. Olguin y R. Colditz. Commission for Environmental Cooperation. Montreal, Canadá.
- Ortiz-Reyes, A.D., J.R. Valdez-Lazalde, H.M. de los Santos-Posada, G. Ángeles-Pérez, F. Paz-Pellat y T. Martínez-Trinidad. 2015. Inventario y cartografía de variables del bosque con datos derivados de LiDAR: comparación de métodos. *Madera y Bosques* 21: 111-128.
- Ortiz-Reyes, A.D., J.R. Valdez-Lazalde, G. Ángeles-Pérez, R. Birdsey y A. Peduzzi. 2015. LiDAR aerotransportado para el manejo de recursos forestales. In: *Avances y Perspectivas de Geomática con aplicaciones Ambientales, Agrícolas y Urbanas*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. pp. 67-89.
- Santiago, W., H.M. de los Santos, G. Ángeles, J.R. Valdez, J.J. Corral, G. Rodríguez y E. García. 2015. Modelos de crecimiento y rendimiento de totalidad del rodal para *Pinus patula*. *Madera y Bosques* 21(3): 95-110.
- Soriano, Ma. de los A., G. Ángeles, T. Martínez, F.O. Plascencia y R. Razo. Aboveground biomass estimation by structural component in Zacualtipán, Hidalgo, Mexico. *Agrociencia* 49: 423-438.
- Verduzco V.S., Garatuza-Payan J., Yopez E.A. Watts C.J., Rodriguez J.C., Robles-Morua A., Vivoni E.R. 2015 Variations of Carbon Exchanges due to Seasonal Precipitation Differences in a Tropical Dry Forest of Northwest Mexico. *Journal of Geophysical Research – Biogeosciences* 120 (10): 2081-2094
- Wayson, C., K.D. Johnson, J.A. Cole, M.I. Olguín, O.I. Carrillo y R.A. Birdsey. 2015. Estimating uncertainty of allometric biomass equations with incomplete fit error information using a pseudo-data approach: methods. *Annals of Forest Science* 72: 825-834.
- Ángeles-Pérez G., B. Méndez-López, R. Valdez-Lazalde, F. Plascencia-Escalante, H. de los Santos Posadas, G. Chávez, A. Ortiz, M. Soriano-Luna, Z. Zaragoza, E. Ventura, A. Martínez, C. Wayson, D. López, M. Olguín, O. Carrillo, V. Maldonado. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Hidalgo. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Montecillos, Estado de México, 105 p.
- Caamal J.P., J. M. Dupuy, J.L. Andrade, J.L. Hernández, A. Huechacona, M. Tamayo, C. Wayson, M. Olguín, D. López, V. Maldonado, O. Carrillo, L. Vázquez. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Yucatán. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Mérida, Yucatán, 89 p.

- Esparza L., N.A. González, I. Pérez, M.A. Hass, J.Y. Sima, D. Alvarez. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Campeche. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Campeche, Campeche, 41 p.
- Sánchez G., J.A. Arreola, D. López, C.V. Maldonado, M. Olguín, Wayson, O. Carrillo, R. Puc. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Quintana Roo. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, 133 p.
- Sánchez-Mejía Z.M., Vargas R., Olguín M., Tovilla C., Infante-Mata D., Birdsey R., Wayson C. 2015. Establish an eddy covariance system at the Intensive Carbon Monitoring Site (SMIC, Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono) La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas México. Technical Report UDEL/CONAFOR. 30pp.
- Tovilla C., J.C. de la Presa, D. Infante, D. López, V. Maldonado, J. P. Caamal, M. Olguin, C. Wayson. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Chiapas. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Tapachula, Chiapas, 43 p.
- Casiano, M. and F. Paz. 2015. Modelos de estados y transiciones: una herramienta para el manejo sustentable de recursos naturales asociados al contenido de carbón. pp. 629-639. En: Paz, F., J. C. Wong y R. Torres A. (eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A. C. y el Centro Internacional de Vinculación y Enseñanza de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-3-6. 702 p.
- CONAFOR. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional. FAO. Roma, Italia. 98 p.
- CONAFOR. 2010. Visión de México sobre REDD+: hacia una estrategia nacional. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco, México
- CONAFOR. 2016. Estrategia nacional para REDD+ (ENAREDD+). Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco, México.
- CONAFOR-SEMARNAT. 2014. National forest reference emission level proposal Mexico. Report prepared for United Nations Framework Convention on Climate Change. 48 p.
- CONAFOR-SEMARNAT. 2015. National forest reference remission level proposal Mexico (modified version). Report prepared for United Nations Framework Convention on Climate Change. 68 p.
- CONAFOR-UACH. 2013. Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación. Informe final. Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma de Chapingo. Zapopan, Jalisco. 160 p.
- Cotler, A. H., M. Martínez y J. D. Etchevers. 2016. Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: investigación y políticas públicas. *Terra Latinoamericana* 34:125-138.
- Covaleda, S., F. Paz y A. Ranero. 2016. Carbono edáfico en Chiapas: planteamiento de políticas públicas de mitigación de emisiones. *Terra Latinoamericana* 34:97-112.
- Covaleda, S., F. Paz y B. de Jong. 2012. Modelos de estados y transiciones: una herramienta para la planificación de estrategias REDD+. pp. 752-758.
- Covaleda, S., F. Paz, A. Ranero y T. Ramos. 2015. Desarrollo de escenarios de mitigación para intervención con políticas públicas asociadas a REDD+ y RETUS en Chiapas. pp. 574-778. En: Paz, F., J. C. Wong y R. Torres A. (eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A. C. y el Centro Internacional de Vinculación y Enseñanza de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-3-6. 702 p.
- Covaleda, S., F. Paz y B. de Jong. 2013. Parametrización de modelos de estados y transiciones para el carbono y caracterización de la incertidumbre. pp. 29-34. En: Paz, F., M. Bazan y V. Saynes (eds.). *Dinámica del Carbono en el Suelo 2012. Serie Avances Temáticos del Ciclo del Carbono y sus Interacciones. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Sociedad Mexicana de Ciencias del Suelo. Texcoco, Estado de México, México.*
- Covaleda, S., S. Pajares, J. F. Gallardo, J. Padilla, A. Báez and J. D. Etchevers. 2009. Effect of different agricultural management systems on chemical fertility in cultivated tepetates of the mexican transvolcanic belt. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129:422-427.
- de Jong, B., C. Anaya, O. Masera, M. Olguin, F. Paz, J. Etchevers, R. Martínez, G. Guerrero and C. Balbontin. 2010a. Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in Mexico. *Forest Ecology and Management* 260:1689-1701.
- de Jong, B., M. Olguin, F. Rojas, V. Maldonado, F. Paz, J. Etchevers, C.O. Cruz y J. A. Argumedo. 2009. Inventario nacional de emisiones de gases invernadero 1990-2006. Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. Reporte preparado para el Instituto Nacional de Ecología. D. F., México. 119 p.
- de Jong, B., O. Masera, R. D. Martínez, F. Paz, M. Olguin, C. Anaya, C. Balbontín, M. Motolinia y G. Guerrero. 2006. Inventario nacional de emisiones de gases invernadero 1993-2002. Uso del suelo, cambio de uso del suelo y bosques. Reporte preparado para el Instituto Nacional de Ecología. D. F., México 78 p.
- de Jong, B. 2012. Step-wise approach in improving greenhouse gas inventories. The case of Mexico. pp. 47-52. In: Mora, B., M. Herold, V. De Sy, A. Wijaya, L. Verchot and J. Penman (eds.). *Capacity Development in National Forest Monitoring. Experiences and Progress for REDD+. Joint report by CIFOR and GOF-C-GOLD. Bogor, Indonesia.*

- Diaz, H., W.E. Grant, M. M. Kothmann, W. R. Teague, F. Paz and M. Bolaños. 2016. Strategies to reducing GHG emissions in semi-arid rangelands of Mexico. *Terra Latinoamericana* 34:73-81.
- Eagle, A. J., L. R. Henry, L. P. Olander, K. Haugen K., N. Millan and G. P. Robertson. 2011. Greenhouse gas mitigation potential of agricultural land management in the United States. A Synthesis of the literature. Companion report to assessing greenhouse gas mitigation opportunities and implementation options for agricultural land management in the United States. Report N1 R 10-04. Second Edition. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions. Duke University. Durham, N.C. 68 p.
- Etchevers, J. D., O. Masera, C. Balbontin, D. Gómez, A. Monterroso, R. Martínez, M. Acosta, M. Martínez y C. Ortiz. 2006. Soil carbon sequestration in Mexico and Central America (Biome A). In: Lal, R., C. C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers and E. Cerri (eds.). *Carbon Sequestration in Soils of Latin America*. Howarth Press, Inc. New York, USA pp. 119-146.
- Fuentes, M., C. Hidalgo, I. Gonzalez M., J. M. Hernández H., B. Govaerts, K. D. Sayre and J. Etchevers. 2012. NIR spectroscopy: an alternative for soil analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43:346-356.
- Galicia, L., A. M. Gamboa, S. Cram, B. Chávez, V. Peña, V. Saynes y C. Siebe. 2016. Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamericana* 34:1-29.
- Gebhardt, S., T. Wehrmann, M. A. M. Ruiz, P. Maeda, J. Bishop, M. Schramm, R. Kopeinig, O. Cartus, J. Kellndorfer, R. Ressler, L. A. Santos, and M. Schmidt. 2014. MAD-MEX: Automatic Wall-to-Wall Land Cover Monitoring for the Mexican REDD-MRV Program Using All Landsat Data. *Remote Sensing* 6:3923-3943.
- González, L., J. D. Etchevers, F. Paz, F. Carillo, M. Acosta y A. Báez. 2016. Desempeño del modelo rothc-26.3 a nivel parcela en México. *Terra Latinoamericana* 34:357-366.
- González, L., J. D. Etchevers, F. Paz, R. Valdez, J. M. González, and E. C. Moreno. 2010. Estimation of changes in soil organic carbon in hillside systems on a regional scale. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:57-67.
- González, L., M. Acosta, F. Carrillo, A. Báez y J. M. González. 2014. Cambios de carbono orgánico del suelo bajo escenarios de cambio de uso del suelo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:1275-1285.
- Herrera, J.A., A. Camacho, E. Pech, M. Pech, J. Ramírez y C. Teutli. 2016. Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana* 34:61-72.
- INECC y SEMARNAT. 2015. Primer informe bienal de actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. INECC / SEMARNAT. México. 287 p.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. In: Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner (eds.). *Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*.
- IPCC. 2006. Agriculture, forestry and other land use IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston, H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds.). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.
- IPCC. 2014. Climate change 2014: synthesis report. The Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva Switzerland.
- Jang, Y. W., I. S. Park, S. Ha, S. H. Jang, K. W. Chubg, G. Lee, W. H. Kim and Y. J. Choi. 2014. Preliminary analysis of the development of the Carbon Tracker system in Latin America and the Caribbean. *Atmósfera* 27:61-76.
- Kurz, W.A., R. A. Birdsey, V. S. Mascorro, D. Greenberg, Z. Dai, M. Olguin and R. Colditz. 2016. Integrated Modeling and Assessment of North American Forest Carbon Dynamics Technical Report: Tools for monitoring, reporting and projecting forest greenhouse gas emissions and removals. Commission for Environmental Cooperation, Montreal, Canada.
- Libert, A. y T. Trench. 2016. Bosques y suelos en el contexto de REDD+: entre gobierno y gobernanza en México. *Terra Latinoamericana* 34:113-124.
- Mas, J. F., S. Couturier, J. Paneque, M. Skutsch, A. Pérez, M. A. Castillo and G. Bocco. 2016. Comment on Gebhardt et al. MAD-MEX: Automatic Wall-to-wall land cover monitoring for the Mexican REDD-MRV program using all Landsat data. *Remote Sens.* 2014,6,3923-3943. *Remote Sens.* DOI:10.3390/rs8070533.
- Masera, O. R., M. J. Ordoñez, and R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35:265-295.
- Mesta, M. E. 2016. Servicios ambientales: elementos para el desarrollo de un marco jurídico. *Terra Latinoamericana* 34:155-166.
- Montaño, N. M., F. Ayala, S. H. Bullock, O. Briones, F. García, R. García, Y. Maya, Y. Perroni, C. Siebe, Y. Tapia, E. Troyo y E. Yepez. 2016. Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: síntesis y perspectivas. *Terra Latinoamericana* 34:39-59.
- Olguín, M., W. Kurz, B. de Jong, F. Paz, G. Ángeles, C. Zermeño y R. Flores. 2012. Hacia el uso del modelo CBM-FS3 a escala nacional en México: proyecto piloto Chiapas. pp. 108-115. En: Paz, F. y R. Cuevas (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2011. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma del Estado de México y el Instituto Nacional de Ecología. Texcoco, Estado de México, México. ISBN 978-607-715-085-5. 887 p.*

- Ordoñez, J. A. B., T. Hernández, A. Galicia, I. E. Jiménez, A. Núñez, J. D. León, C. Tapia, J. F. Torres, M. Hernández, M. J. Ordoñez, F. A. González, J. A. Carrera, L. E. Piña, R. Gómez, H. Cervantes y G. E. Álvarez. 2012. Actualización del inventario nacional de gases efecto invernadero 1990-2010, para el sector uso de suelo, cambio en el uso de suelo y silvicultura. Reporte preparado para INECC-PNUD. D. F., México. 227 p.
- Panek, J. A., P. A. Matson, I. Ortiz M. and P. Brooks. 2000. Distinguishing nitrification and denitrification sources of N₂O in a mexican wheat system using 15N. *Ecological Applications* 10(2):506-514.
- Paz, F. 2010. Evaluación, importancia y perspectivas de la captura de carbono y reducción de emisiones de gases efecto invernadero en pastizales y matorrales: hacia la implementación de REDD++. pp. 7-22. En: Velasco, M. E., M. Salvador, M. L. Adriano, R. A. Perezgrovas y B. Sánchez (eds.). *Memorias del I Congreso Internacional de Pastizales Chiapas 2010*. SOMMAP. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Paz, F. 2012. Una visión integral de territorio y su planeación ante el cambio climático: RETUS (Reducción de Emisiones de Todos los Usos del Suelo). pp. 712-726. En: Paz, F. y R. Cuevas (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2011*. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma del Estado de México y el Instituto Nacional de Ecología. Texcoco, Estado de México, México. ISBN 978-607-715-085-5. 887 p.
- Paz, F. 2015. ¿Es suficiente evaluar "datos de actividad x factores de emisión = emisiones" en mecanismos tipo REDD+ o RETUS? pp. 471-477. En: Paz, F. and J. C. Wong (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2014*. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN 978-607-96490-2-9. 640 p.
- Paz, F. 2015. Servicios ambientales integrales del bosque: carbono, agua y biodiversidad – más allá de REDD+. pp. 173-197. En: Villavicencio, A. A. (ed.). *Los Pagos por Servicios Ambientales: Intercambio de experiencias de la Red Iberoamericana de PSA*. El Colegio de Michoacán. Zamora, Michoacán.
- Paz, F. y J. Etchevers. 2016. Distribución a profundidad del carbono orgánico en los suelos de México. *Terra Latinoamericana* 34:339-355.
- Paz, F. y S. Covalada. 2015. Modelos de estados y transiciones (METs) compuestos para la modelación anual de la dinámica del carbono. pp. 301-307. En: Paz, F. y J. C. Wong (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2014*. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN 978-607-96490-2-9. 640 p.
- Paz, F., C. Balbontín, J. Etchevers, M. Martínez y C. Ortiz. 2008. Análisis multifractal del carbono en los suelos 1. Función universal de escalamiento. *Terra Latinoamericana* 26:183-191.
- Paz, F., C. Balbontín, J. Etchevers, M. Martínez y C. Ortiz. 2009. Análisis multifractal del carbono en los suelos 2. Divergencia de momentos estadísticos. *Terra Latinoamericana* 27:257-264.
- Paz, F., C. Balbontín, J. Etchevers, M. Martínez y C. Ortiz. 2010. Análisis multifractal del carbono en los suelos 3. Estimaciones escalantes. *Terra Latinoamericana* 28:89-95.
- Paz, F., J. Argumedo, C. O. Cruz, J. D. Etchevers and B. de Jong. 2016. Distribución especial y temporal del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas terrestres. *Terra Latinoamericana* 34:289-310.
- Paz, F., S. Covalada y J. Etchevers. 2014. Distribución del carbono orgánico en los diferentes tamaños de partículas del suelo: modelo simple de cinética lineal. *Terra Latinoamericana* 32:127-142.
- Paz, F., S. Covalada, C. Hidalgo, J. Etchevers y F. Matus. 2016. Modelación simple y operativa de la distribución del carbono orgánico por fracciones físicas en los suelos. *Terra Latinoamericana* 34:321-337.
- Paz, F., S. Covalada, J. Etchevers and B. de Jong. 2015. Modelos de la dinámica temporal del carbono orgánico de los suelos asociada a cambios de uso del suelo en ecosistemas forestales. pp. 285-290. En: Paz, F. and J. C. Wong (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2014*. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN 978-607-96490-2-9. 640 p.
- Saynes, V., J. Etchevers, F. paz, M. Carrasco, C. Hidalgo and J. Padilla. 2013. Visible-NIR spectroscopy as cost-effective tool for soil organic carbon monitoring in the National Forest and Soil Inventory in Mexico. *Geophysical Research Abstracts* 15:EGU2013-6422.
- Saynes, V., J. D. Etchevers, F. Paz and L.O. Alvarado. 2016. Emisiones de gases efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana* 34:83-96.
- SEMARNAT. 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. México, D. F.
- SEMARNAT. 2013. Inventario Nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2010. México, D. F. 384 p.
- SEMARNAT. 2014. Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. Intended Nationally Determined Contribution (INDC). México, D. F.

- SEMARNAT. 2014. Diagnóstico del programa de manejo de tierras para la sustentabilidad productiva. Diagnóstico para programas nuevos. Ciudad de México, México. 104 p.
- SEMARNAT. XXXX. Programa nacional manejo sustentable de tierras. Versión de trabajo. Ciudad de México, México. 66 p.
- SEMARNAT-CP. 2002. Evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la República Mexicana a escala 1:250,000. Memoria Nacional. D. F., México.
- SEMARNAT-INECC. 2012. Quinta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el
- Tinoco, J. A., J. Etchevers, F. Paz and M. Olguin. 2012. Uso del modelo CBM-FS3 para la simulación de la dinámica del carbono en la Sierra Mazateca de Oaxaca. pp. 448-453. En: Paz, F. y R. Cuevas (eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2011. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma del Estado de México y el Instituto Nacional de Ecología. Texcoco, Estado de México, México. ISBN 978-607-715-085-5. 887 p.
- Trujillo, T. N., C. Cruz M., M. S. Vásquez M., O. Van C. and L. Dendooven. 2008. Inorganic N dynamics and N₂O production from tannery effluents irrigated soil under different water regimes and fertilizer applications rates: a laboratory study. *Applied Soil Ecology* 38:279-288.
- vitícola de Baja California, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* 10:2047-2059.
- Vargas, R., D. Alcaraz, R. Birdsey, N. A. Brunsell, C. O. Cruz, B. de Jong, J. Etchevers, M. Guevara, D. J. Hayes, K. Johnson, H. W. Loescher, F. Paz, Y. Ryu, Z. Sanchez and K. P. Toledo. 2016. Enhancing interoperability to facilitate implementation of REDD+: case study of Mexico. Submitted as an Policy Focus for Carbon Management.
- Vargas, R., E. A. Yépez, J. L. Andrade, G. Angeles, T. Arredondo, A. E. Castellanos, J. Delgado B., J. Garatuza P., E. Gonzales del Castillo, W. Oechel, J. C. Rodriguez, G. A. Sanchez A., E. Velasco, E. R. Vivoni and C. Watts. 2013. Progress and opportunities for monitoring greenhouse gases fluxes in Mexican ecosystems: the MexFlux network. *Atmósfera* 26:325-336.
- Vargas, R., F. Paz and B. de Jong. 2013. Quantification of forest degradation and belowground carbon dynamics: ongoing challenges for monitoring, reporting and verification activities for REDD+. *Carbon Management* 4:579-582.
- Vargas, R., H. W. Loescher, T. Arredondo, E. Huber S., R. Lara L. and E. A. Yépez. 2012. Opportunities for advancing carbon cycle science in Mexico: toward a continental scale understanding. *Environmental Science and Policy* 21:84-93. DOI:10.1016/j.envsci.2012.04.003.
- West, T. O., G. Marland, A. W. King, W. M. Post, A. K. Jain, K. Andrasko. 2004. Carbon management response curves: estimates of temporal soil carbon dynamics. *Environmental Management* 33:507-518.