

Plan Estratégico del consorcio de mediciones de flujos de ecosistemas en México: MexFlux

Actualizado 21 de septiembre de 2011.

Revisado por investigadores responsables de sitios de estudio MexFlux:

Rodrigo Vargas; *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México*

Enrico Yépez; *Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México*

Jose Luis Andrade; *Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, México*

Gregorio Angeles; *Colegio de Postgraduados, Tlaxcala, México*

Tulio Arredondo; *Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, México*

Alejandro E. Castellanos; *Universidad de Sonora, Sonora, México*

Jaime Garatuza-Payan; *Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México*

Eugenia González del Castillo; *University of California-Davis, California, USA*

Walter Oechel; *San Diego State University, California, USA*

Arturo Sánchez-Azofeifa; *University of Alberta, Alberta, Canada*

Enrique R. Vivoni; *Arizona State University, Arizona, USA*

Christopher Watts; *Universidad de Sonora, Sonora, México*

MexFlux es un consorcio de monitoreo de flujos de ecosistemas terrestres, costeros y marinos en México que utiliza la técnica de correlación turbulenta o “eddy covariance”. El consorcio se dedica a generar observaciones para entender los controles sobre los intercambios de agua, energía y gases de efecto invernadero (GEI) a nivel ecosistema en distintas escalas espaciales y temporales.

Propósito

El propósito de este plan estratégico es proporcionar un marco para afrontar los retos que, como comunidad de investigadores interesados en la observación de los intercambios de flujos de gases de efecto invernadero (GEI), agua y energía en ecosistemas encontraremos en la próxima década. Cada desafío que enfrentamos ofrece una oportunidad para servir mejor a la comunidad científica y proporcionar asesoramiento científico con productos de valor agregado para la detección temprana de riesgos ambientales, (e.g., cambio climático, pérdida de hábitat y biodiversidad, eventos extremos) y la asistencia en la toma de decisiones políticas en México. En este plan se describe nuestra visión, metas y orientaciones estratégicas.

Visión

Las naciones del planeta se enfrentan a desafíos para el desarrollo de políticas y mecanismos prácticos operacionales para hacer frente al cambio climático global. Es por ello que la comunidad científica tiene la responsabilidad de proporcionar la base científica para desarrollar las políticas del País a nivel nacional e internacional. Esto incluye el desarrollo del conocimiento sobre cómo la tierra, el océano y los procesos atmosféricos responderán ante las presiones humanas y el cambio climático.

MexFlux es un consorcio de investigación coordinada a largo plazo en México para monitorear y entender el papel de la biosfera dentro del contexto del cambio climático global. En concreto, nuestro objetivo es monitorear flujos de energía CO₂ y vapor de agua para proporcionar estimaciones confiables del almacenamiento de carbono en ecosistemas de México. La meta final es mejorar nuestro entendimiento sobre los mecanismos que regulan la dinámica de estas variables y otros GEI (i.e., CH₄, N₂O) en distintas escalas espaciales y temporales en ecosistemas terrestres, costeros y marinos de México.

MexFlux proporciona información sólida para generar productos con valor agregado como un consorcio de monitoreo a largo plazo en ecosistemas representativos del país. El consorcio genera esta información mediante mediciones micrometeorológicas y biofísicas en sitios de estudio intensivo junto con información de sensores remotos y el uso de modelos para integrar diversas variables y escalar las mediciones a nivel regional.

Características únicas de MexFlux

MexFlux es un consorcio de monitoreo dedicado a cuantificar y entender los controles sobre el almacenamiento de carbono, los intercambios de energía, agua y GEI en ecosistemas con distintas historias de perturbación y distintas condiciones climáticas que existen en México. Esto posiciona a MexFlux como una referencia obligada y herramienta necesaria en la toma de decisiones tanto para el sector gubernamental, como organizaciones no gubernamentales de la sociedad civil y la misma comunidad científica en diferentes estudios relacionados con cambio climático, captura de carbono y dinámica de GEI. Finalmente, MexFlux es un consorcio que estudia ecosistemas terrestres, marinos y costeros proporcionando una integración de los ecosistemas representativos del territorio Mexicano.

Las mediciones de flujos de energía, vapor y CO₂ en ecosistemas mexicanos se han originado a partir de esfuerzos individuales, sin contar con una base de sensores o mediciones estandarizadas. Es así que los sistemas de medición actualmente en operación en el territorio Mexicano tienen diversos arreglos y tipos de sensores y su emplazamiento ha respondido a intereses muy particulares debido a limitaciones en los financiamientos y las capacidades de los investigadores, en lugar de haber seguido un diseño geoestadístico predeterminado. En el momento (año 2011) los ecosistemas en operación incluyen matorral xerófito, chaparral, selva baja y mediana caducifolia, sabana, pastizal, una torre marina y se tiene planeado, en el corto plazo, expandir la red hacia bosque templado de coníferas y bosque tropical (Figura 1).

MexFlux tiene un papel fundamental en el desarrollo-calibración-validación-aplicación de modelos de procesos de ecosistemas, modelos de inversión atmosférica y modelos basados en sensores remotos de los ecosistemas de México. La red tiene el potencial de producir una serie de mediciones de variables micrometeorológicas a largo plazo. Las variables incluyen cambios en la concentración de CO₂, calor latente y calor sensible, distintos componentes de la radiación solar, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y albedo entre otras. En un futuro se pretende incrementar las mediciones a otros gases de efecto invernadero (CH₄, N₂O). Estas mediciones estarán enfocadas a incrementar el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas y entender el impacto del cambio del uso del suelo y la cobertura vegetal dentro de distintas condiciones de variabilidad climática y perturbaciones.

Dentro del consorcio se pueden llevar a cabo experimentos *in situ*, estudios de gradientes (e.g., topografía, cambios de cobertura) y estudios comparativos para mejorar nuestra comprensión sobre cómo la variabilidad climática influye en los procesos del continuo suelo-vegetación-atmósfera que contribuyen a los distintos flujos de agua, carbono y energía. El

consorcio se caracterizara por mantener una serie de mediciones micrometeorológicas, meteorológicas y biofísicas estandarizadas en todos los sitios adscritos al consorcio. Así mismo, MexFlux estandariza un control de calidad de datos, una inter-calibración de los instrumentos de medición y un procesamiento de datos para generar mediciones comparables para realizar estudios de síntesis regionales y globales dentro del marco de FLUXNET.

Preguntas científicas

La función de MexFlux es identificar cómo los ecosistemas terrestres y costeros de México responden a la variación climática para reducir las incertidumbres científicas relacionadas con el cambio climático regional y global. MexFlux pretende responder las siguientes preguntas científicas:

- ¿Cuáles son las magnitudes de los intercambios de agua, energía, CO₂, CH₄, N₂O en los ecosistemas terrestres, costeros y marinos mexicanos?
- ¿Cuál es la variabilidad espacial y temporal de estas variables?
- ¿Cuáles son los mecanismos que regulan en el intercambio de agua, energía, CO₂, CH₄, N₂O ?
- ¿Cómo influyen las perturbaciones (e.g., eventos extremos, cambio de uso de suelo) en el intercambio de agua, energía y GEI en los diferentes ecosistemas mexicanos?
- ¿Cuál es la relación entre el clima y los intercambios de energía, CO₂, CH₄, N₂O y vapor de agua para los distintos tipos de vegetación y cómo la variabilidad climática estacional e interanual y las anomalías influyen en estos flujos?
- ¿Cómo responden los ecosistemas ante eventos climáticos extremos (sequías, huracanes, incendios, etc)?
- ¿Cuál es la influencia de la diversidad en la magnitud de los flujos y almacenes de materia y energía?, ¿existe una interacción entre el tipo funcional de organismos y los reguladores abióticos?
- ¿Cuáles son las estrategias de manejo recomendables para limitar las emisiones de gases invernadero?
- ¿Existe alguna relación o teleconexión que influyen la variabilidad de los intercambios de energía, CO₂, CH₄, N₂O y vapor de agua en el continuo mar-costa-tierra del territorio de México?

Objetivo general

El objetivo general de MexFlux es identificar los mecanismos que regulan la dinámica del intercambio de agua, energía y GEI en ecosistemas de México utilizando la técnica de correlación turbulenta o *eddy covariance* (EC) para generar productos con valor agregado útiles para la comunidad científica y herramientas para la toma de decisiones políticas.

Para lograr este objetivo es necesario generar una compatibilidad entre los sitios de estudio asociados al consorcio mediante la estandarización de las mediciones/calibraciones, asegurando al mismo tiempo una flexibilidad necesaria para adaptarse a nuevos métodos y tecnologías. La estrategia general consiste en el uso integral de métodos que incluyen mediciones micrometeorológicas, meteorológicas y biofísicas a largo plazo, el uso de modelos de procesos de ecosistemas, sensores remotos y técnicas analíticas innovadoras para mejorar las estimaciones de almacenamiento y los flujos pertinentes. Así mismo, es necesario generar una estrategia continua para la formación y especialización de recursos humanos en estos ámbitos en colaboración con instituciones nacionales e internacionales.

El consorcio tiene el enfoque de trabajar en múltiples escalas temporales y espaciales

integrar información y desarrollar estrategias de medición para hacer frente a problemas de escalas y evaluar modelos de procesos para aplicaciones a gran escala. MexFlux tiene como finalidad generar trabajos de análisis y síntesis de información y es imperante colaborar con otras redes de observación nacional e internacional. Específicamente el consorcio participará activamente como red regional dentro FLUXNET y seguirá los lineamientos para el proceso y uso de datos dentro de la política de uso de MexFlux.

Objetivos específicos

- Cuantificar la variación espacial y temporal del almacenamiento de carbono y los intercambios de CO₂, CH₄, N₂O, agua y energía en los principales ecosistemas terrestres, costeros y marinos de México.
- Avanzar en la comprensión de los mecanismos que regulan la dinámica de GEI, los vínculos entre estos gases, agua, energía y nitrógeno a través de mediciones, experimentos y modelos de procesos de ecosistemas.
- Generar datos de alta calidad para análisis a nivel de sitio, actividades de síntesis a nivel regional y global y la generación de una base de datos histórica.
 - Establecer qué variables ambientales y bióticas adicionales a las obtenidas en un sistema de EC básico son necesarias para explicar y predecir los flujos.
 - Apoyar y guiar los esfuerzos individuales de nuevos investigadores interesados en establecer nuevos sitios de monitoreo de flujos de materia y energía.
 - Establecer métodos adicionales al sistema EC para cuantificar almacenes de C, flujos de GEI en otros componentes del ecosistema (e.g. suelo, columna de agua, etc) mediciones auxiliares que sirvan de cierta manera para corroborar los flujos observados mediante EC.
 - ¿Evaluar y certificar el funcionamiento de los instrumentos en cada sitio del consorcio mediante campañas de comparación con instrumentos de referencia pertenecientes a MexFlux?

Organización

MexFlux está representado por todos los científicos interesados en realizar mediciones utilizando la técnica de EC en ecosistemas de México. Cada sitio de estudio dentro de MexFlux estará representado por investigadores responsables según sea el caso específico (idealmente 1-2 por cuestiones de logística y organización). Los investigadores responsables de sitios de estudio tienen la obligación de verificar que el sitio sigue los lineamientos de estandarización de las mediciones para mantener el funcionamiento del consorcio.

MexFlux consta de una coordinación general, un coordinador del comité científico y un comité científico. Los miembros directivos de MexFlux trabajan para proporcionar asesoramiento técnico y normativo para ayudar a cumplir los objetivos del consorcio. MexFlux se apoyará de científicos dentro del consorcio para generar programas de control de calidad, gestión de uso de datos, análisis y comunicación/divulgación de la información. Finalmente MexFlux contará con un comité asesor internacional y una sección de estudiantes e investigadores jóvenes (i.e., estudiantes y postdocs).

Productos Principales

MexFlux generará estimaciones regionales de producción primaria, flujos de agua y gases de efecto invernadero y el almacenamiento de carbono en ecosistemas de México. Principalmente

se busca generar productos con valor agregado que sirvan a la comunidad científica y a los tomadores de decisiones y estos productos serán archivados en una base de datos alojada en un repositorio central del consorcio. MexFlux seguirá el ejemplo de la base de datos de FLUXNET para que sea comparable y usada para análisis y síntesis de información a nivel internacional (<http://www.fluxdata.org>). Los análisis de síntesis regionales de MexFlux serán útiles para la comunidad científica, planes de manejo estatales y nacionales y darán información para asesorar y apoyar la política internacional del País.

La base de datos contará con las variables asociadas a las mediciones del consorcio (micrometeorológicas, meteorología, historia biológica, sitio), productos de sensores remotos y resultados de modelos de ecosistemas. El proceso de datos incluye varios pasos: control y análisis de calidad, procesamiento y síntesis de productos. MexFlux adopta una política para someter datos en un plazo de un año a partir de la incorporación del sitio al consorcio. Los datos serán comunicados por el investigador responsable y serán procesados para que sean disponibles para el consorcio dentro de un sitio Web.

Una prioridad de MexFlux es generar una estrategia multi-institucional para la formación de recursos humanos (i.e., estudiantes y técnicos) con nuevos perfiles académicos que fortalezcan la perennidad de MexFlux.

Implementación de las prioridades

- Llevar a cabo mediciones a largo plazo y ampliar los sitios de estudio dentro de MexFlux
- Llevar a cabo experimentos alrededor de los sitios de mediciones de flujos para evaluar las perturbaciones y los riesgos potenciales para el almacenamiento de carbono y los intercambios de carbono, agua, energía y asociados.
- Instrumentar sitios de estudio para medir las concentraciones atmosféricas de vapor de agua CO₂, y/o CH₄, N₂O (torres y un subconjunto de sitios con experimentos), en combinación con información de sensores remotos y modelos de procesos de ecosistemas.
- Desarrollo de un protocolo de medición estandarizado
- Desarrollo de un protocolo de análisis de datos estandarizado
- Incrementar las mediciones comunes asociadas a los flujos de estudio para complementar información biológica (e.g., incrementos de biomasa, raíces, índice de área foliar), fisiológica y físicoquímica del suelo y la atmósfera.
- Generar una estrategia multi-institucional para la formación de recursos humanos que fortalezcan la perennidad de MexFlux.
- Evaluar modelos de procesos de ecosistemas individualmente y como ensamble a partir de los datos adquiridos en cada uno de los sitios de estudio para encontrar parámetros adecuados a los ecosistemas de México.
- Reducir las incertidumbres de las mediciones de flujo, mejorar la confianza y calidad de los datos, normas de archivo para la base de datos, política de uso de los datos para todos los sitios asociados al consorcio.
- Ampliación e integración de sitios de mediciones a MexFlux. El consorcio ayudará a que los sitios que colaboren o quieran asociarse sigan las normas establecidas en cuanto a mediciones, calibración, procesamiento de datos y política de uso para que la información pueda ser compartida y utilizada para trabajos de síntesis y la generación de productos con valor agregado que sirvan a la comunidad científica y a la toma de decisiones políticas.
- Interactuar con instituciones y redes nacionales e internacionales previamente establecidas. Dentro de las redes nacionales podemos identificar la RETAC (Red Temática del Agua del

CONACYT), ECORed (Red Temática de Ecosistemas-Conacyt), PMC (Programa Mexicano del Carbono), Mex-LTER (Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo). Dentro de las redes internacionales está el Programa de Carbono de América del Norte (NACP), SpecNet, FLUXNET. Se espera que MexFlux tenga un papel fundamental dentro del NACP y FLUXNET ya que México está subrepresentado en estas redes y limita la generación de análisis de síntesis de información y la generalización de resultados para la toma de decisiones políticas en Norte América.

- Desarrollo de un programa de formación de recursos humanos (seminarios, *webinars*, cursos cortos), dirigido a investigadores y estudiantes de en las áreas de ciencias Atmosféricas y Biológicas en la teoría y la práctica de medición micrometeorológica de flujos de materia y energía.
- Buscar la integración de investigadores en el área de modelos climáticos y bioclimáticos, aún cuando no estén directamente relacionados con la medición de flujos.

Criterios para el establecimiento de sitios MexFlux

- Asistir a la reunión anual de MexFlux.
- Establecer sitios teniendo una visión de funcionamiento a largo plazo.
- Los sitios de estudio deben brindar una utilidad y singularidad para la red.
- Los sitios deben tener una continuidad de mediciones meteorológicas y micrometeorológicas bajo los criterios del consorcio
- Los sitios deben complementar las mediciones de correlación turbulenta con mediciones de parámetros biológicos, meteorológicos y edafológicos.
- Participar en actividades de síntesis de información y la generación de productos con valor agregado útiles para la comunidad científica y para la toma de decisiones políticas.
- Presentar los datos meteorológicos, micrometeorológicos y variables asociadas al sitio de estudio en un plazo de un año a partir de la incorporación del sitio al consorcio.
- Presentar la actualización de estos datos en Enero de cada año a partir del segundo año.
- Realizar un análisis espacial con las bases de datos cartográficos disponibles a nivel nacional para seleccionar sitios “hotspot” de deforestación (u otra perturbación) y hacer mapas de “exploración” para la implementación de futuros sitios.
- Seguir las recomendaciones de instrumentación y calibración.
- Sitios que cumplan con los supuestos del método de correlación turbulenta.
- Sitios que representen la variabilidad de ecosistemas en México. Establecer sitios tomando en cuenta las diferentes zonas biogeográficas de México.
- Sitios representativos de los ecosistemas mexicanos o más vulnerables ante el cambio ambiental global. (Representativos por su extensión)
- Todos los sitios participarán en una política común de uso de datos.
- Realizar un análisis espacial con las bases de datos cartográficas disponibles a nivel nacional para seleccionar sitios “hotspot” de perturbaciones y hacer mapas de “exploración” para la implementación de futuros sitios.

Lineamientos para el envío de datos

Uno de los requisitos fundamentales para ser miembro de MexFlux es presentar los datos asociados al sitio de estudio en un plazo de un año a partir de la incorporación del sitio al consorcio. El formato y los datos están por definir pero se seguirán los criterios de FLUXNET

(http://www.fluxnet.ornl.gov/fluxnet/submit_data.cfm). Se definirá un repositorio seguro y protegido con claves para el almacenamiento y uso de los datos.

Política de uso de datos

Los datos proporcionados de cada uno de los sitios de estudio estarán disponibles de forma gratuita para todos los miembros de MexFlux, siguiendo los siguientes lineamientos:

- Informar por email al investigador responsable del sitio de estudio cómo se van a utilizar los datos. El investigador tiene la oportunidad de decir si tiene interés en el estudio y debe tener la oportunidad de aportar una contribución intelectual.
- En caso de las torres financiadas por USAID los datos tendrán una política de “acceso libre” a partir de un año de la incorporación de la torre a MexFlux de acuerdo a lo establecido con Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- En caso de haber participación intelectual de los investigadores responsables ésta debe ser reconocida en forma de co-autoría en las publicaciones. En caso de que el trabajo del usuario compita directamente con el análisis del investigador responsable, el usuario deberá esperar a que el trabajo del investigador responsable sea evaluado para su publicación antes de utilizar los datos.
- Es importante contactar al investigador responsable para saber si los datos proporcionados a MexFlux están actualizados y evitar el mal uso o mala interpretación de ellos.
- Reconocer por medio de una cita bibliográfica (específica del sitio de estudio) o en los agradecimientos el uso de los datos.
- Enviar una copia de las publicaciones a la oficina central de MexFlux para que estén disponibles a la comunidad.

El comité científico de MexFlux actuará como comité evaluador de propuestas para el uso de datos con el fin de coordinar y fomentar una colaboración entre los miembros del consorcio. Investigadores que no pertenezcan al consorcio no tendrán acceso a los datos a menos que exista una colaboración en donde un miembro del consorcio sea el responsable de la propuesta. Los datos meteorológicos estarán disponibles a todo el público dentro de la política de uso de datos antes descrita.



Figura 1. Sitios establecidos (naranja) y propuestos (verde) donde se realizan mediciones utilizando la técnica de correlación turbulenta o “eddy covariance” en México. *Vargas et al. (2011) Towards the creation of a regional flux network in Mexico (MexFlux): opportunities for collaboration. FLUXNET and Remote Sensing Open Workshop: Towards Upscaling Flux Information from Towers to the Globe. June 7-9, 2011, Berkeley, CA*