

Informe Final del proyecto

Elaboración de la Estrategia de Implementación del
Programa de Modelación del Clima

presentado por

Víctor O. Magaña Rueda
Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México

para el

Instituto Nacional de Ecología

Diciembre, 2005

Introducción

El presente documento presenta un marco de referencia para la implementación de un proyecto encaminado a estudiar y modelar el clima, sus variaciones, sus tendencias y sus impactos, así como para hacer de la información climática un verdadero elemento de la toma de decisiones. El trabajo se centra en la utilidad de los modelos numéricos para diagnosticar y pronosticar estacionalmente el clima, así como para generar escenarios relacionados con el cambio climático. Uno de los elementos en los que se pone especial énfasis es el relacionado con la generación de capacidad no sólo en materia de modelación y pronóstico numérico del clima, sino también en cuanto a su interpretación, comunicación y aprovechamiento a través del desarrollo de esquemas de toma de decisiones, de proyectos de educación en la materia y de mecanismos que permitan la implementación de acciones destinadas a reducir nuestra vulnerabilidad a extremos climáticos. El programa considera la participación de los diversos grupos mexicanos que trabajan en modelación del clima o en usos de información climática. Por ello, el programa es multidisciplinario e interinstitucional, abierto a contribuciones que lleven a alcanzar las metas planteadas. Debe mencionarse que el programa plantea colaboraciones con instituciones internacionales con experiencia de generación y uso de información climática, que fortalecerán la capacidad en la materia en México.

En resumen, se trata de un programa con la filosofía de acciones principio a fin, a la manera planteada por la Organización Meteorológica Mundial. Para ello, se parte de observaciones del clima que lleven a comprender procesos. El elemento con más importancia del programa se enmarca en el uso de modelos para dicha comprensión y para pronóstico del clima. Sin embargo, se consideran otros aspectos como el de comunicar o facilitar la información, generando productos a la medida de las necesidades del usuario. En otras etapas será necesario analizar las consecuencias del clima y sus variaciones, generando metodologías que permitan elaborar acciones de respuesta.

El Programa de Modelación del Clima incluye: generar proyectos y planes de implementación de las componentes, que permitan definir las estrategias y pasos inmediatos a dar para establecer el programa en sus componentes.

1. Avances en la organización del Programa

El Programa de Modelación del Clima en su Plan Científico definió cinco componentes para cumplir con sus objetivos y para una distribución del trabajo que lleve a alcanzar logros en materia de información climática en un plazo no mayor de dos años. Así, se tienen planes de implementación para las componentes:

- 1) Datos
- 2) Procesos
- 3) Modelos
- 4) Evaluación
- 5) Comunicación, educación y generación de capacidades

En cada una de estas líneas se asignaron tareas de investigación sobre las capacidades existentes hasta ahora en nuestro país, así como de los planes y proyectos de desarrollo en marcha, quedando involucrados investigadores del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), de AGROASEMEX, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Universidad Veracruzana (UV), del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), así como del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM. Este espectro de instituciones se asocia a científicos con la capacidad de proponer mecanismos que hagan de la información climática, trátase de diagnósticos o pronósticos, una verdadera herramienta de apoyo en la toma de decisiones sectoriales.

Para el desarrollo del Programa se ha trabajado en la Búsqueda de Expertos en diversos temas relacionados con la Modelación del Clima. Así, se han identificado a responsables de línea quedando estructurado el trabajo del Plan de Implementación de la siguiente manera:

Tema	Experto Responsable	Apoyo
<i>Datos</i>	Jorge Luis Vázquez (Agroasemex)	Juan Matías Méndez (CCA-UNAM)
<i>Procesos</i>	Tereza Cavazos (CICESE)	Víctor Mendoza (CCA-UNAM)
<i>Modelos</i>	Ricardo Prieto (IMTA)	José Luis Pérez (IMTA)
<i>Evaluación</i>	Ernesto Caetano (CCA-UNAM)	Malaquías Peña (NCEP)
<i>Comunicación y educación</i>	Adalberto Tejeda (U. Veracruzana)	Carolina Neri (CCA-UNAM) Fernando Briones (CIESAS)
<i>Coordinación</i>	Víctor Magaña (CCA-UNAM)	

La definición de los expertos se logró en la reunión de Científicos en el Campo de la Modelación celebrada en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. A partir de ese momento se han mantenido reuniones mensuales para discutir los avances de proyecto. En el caso de los expertos fuera de la Ciudad de México se mantiene contacto vía Internet. A finales de octubre se celebró un encuentro con interesados en el Proyecto, aprovechando la Reunión Anual de Puerto Vallarta, en una sesión especial dedicada al Programa de Modelación de Clima en México. Durante esta reunión se discutieron los elementos del programa, los temas por abordarse así como las estrategias de implementación de investigaciones en el tema.

La reunión en Puerto Vallarta se aprovechó para invitar a Chet Ropelewski, investigador del *Internacional Research Institute (IRI) for Climate and Society*, quien impartió una conferencia sobre el manejo de información climática que se realiza en esa institución. Este encuentro sirvió de punto de partida para formalizar algunas estrategias de colaboración entre el IRI y la UNAM que vengán a beneficiar al programa de modelación.

Adicionalmente, se mantiene el contacto con Instituciones Internacionales con las cuales se espera trabajar en el desarrollo del Plan de Implementación. En particular se trabajará con:

Institución	Contacto
<i>Universidad de Costa Rica</i>	Jorge Amador
<i>Universidad de Sao Paulo, Brasil</i>	Tercio Ambrizzi, Rosmary Rocha
<i>NCAR, EUA</i>	Robert Tomas
<i>Inst. Tecnológico de Georgia, EUA</i>	Peter Webster
<i>NCEP-NOAA, EUA</i>	Malaquías Peña
<i>IRI, EUA</i>	Walter Baethgen, Lisa Goddard
<i>FUNCEME, Brasil</i>	Renzo Tadei
<i>NOAA-CDC, Brasil</i>	Henry Díaz

2. Componentes del Programa de Modelación

El Programa de Modelación del Clima en México ha estructurado en su primera fase un documento que detalla los elementos científicos que deberán ser analizados, construyendo así el Plan Científico. Sin embargo, en esta segunda etapa organizativa, se trabajó en la elaboración de un Plan de Implementación que lleve a definir estrategias y mecanismos, así como a identificar fuentes de financiamiento que permitan hacer avanzar y cumplir con las metas del Programa de Modelación.

El Plan de Implementación Global y cada uno de los Planes de Implementación por línea deberá incluir:

- Fuentes de información utilizadas
- Descripción de la Metodología de Trabajo Utilizada
- Elementos para el desarrollo de la línea
- Estimación de costos, tiempos, recursos humanos y materiales para la implementación de la línea
- Justificación de viabilidad de la Propuesta de Implementación
- Productos esperados
- Beneficios
- Recomendaciones adicionales

I. Datos

Para iniciar los trabajos de diagnóstico de la vulnerabilidad de México ante cambio climático es necesario contar con una base de datos confiable que permita realizar estudios sobre las condiciones medias, las variaciones y las tendencias del clima en nuestro país. Son diversos los requerimientos para formar una base de datos que cumpla con los requerimientos de calidad, longitud en el tiempo y cobertura espacial como los indican las agencias internacionales dedicadas al estudio del clima, como lo es la Organización Meteorológica Mundial.

De acuerdo al diagnóstico desarrollado en el Proyecto para el desarrollo de un programa de Modelación Numérica del Clima, los datos meteorológicos en México provienen de muy diversas fuentes, incluyendo estaciones meteorológicas de superficie, mediciones en altura y estimaciones por sensores remotos (radares o satélites). Las variables incluyen una gran variedad y su distribución en el espacio y el tiempo es contrastante dependiendo del tipo de dato del que se trate.

1.1 Diagnóstico de la situación actual (fuentes de información)

En el caso de México, el Servicio Meteorológico Nacional ha sido la institución encargada de compilar información sobre parámetros meteorológicos a partir de:

- i) estaciones meteorológicas de superficie: automáticas y climatológicas
- ii) estaciones de radiosondeo
- iii) equipos especiales de sensoramiento remoto: imágenes de satélite y radar

Existen sin embargo, otras instituciones que han compilado información meteorológica por varios años. Dichas instituciones incluye a: la Comisión Federal de Electricidad, Petróleos Mexicano, la Universidad Nacional Autónoma de México y asociaciones regionales de agricultores, entre otras.

Existen sin embargo, pocos esfuerzos sistemáticos encaminados a hacer de todos los datos, una verdadera fuente de información meteorológica sistemática. Así, se han compilado los datos de superficie en esfuerzos por parte del Servicio Meteorológico Nacional como el Extractor Rápido de Información Climática en sus fases I y II, en lo que se conoce como ERIC. Otros esfuerzos similares incluyen el Dat322, el Sinop79-01, Madame Plex y de manera más general el CLICOM. Todas las iniciativas anteriores han tenido por objeto el facilitar los datos meteorológicos disponibles en forma digital mediante un sistema de ventanas. Sin embargo, aunque incluyen la mayor parte de la información disponible para México, se carece análisis para determinar la calidad de los datos por lo que aquellos usuarios de los sistemas anteriores proceden de forma casi sistemática a realizar diagnósticos personalizados de los datos, encontrando fallas que podrían incluso llevar a conclusiones erróneas sobre el clima de México.

Existen también algunos esfuerzos para llevar los datos de estaciones meteorológicas a campos en puntos de malla. Por un lado se tienen los esfuerzos nacionales que incluyen al Servicio Meteorológico Nacional en lo que se conoce como MAYA, cuyos objetivos son entre otros, utilizar los datos de estaciones del periodo 1961-2001 para construir campos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación en mallas de 0.5 X 0.5 grados de resolución espacial sobre la región continental de México. Como en otros casos, los campos meteorológicos resultantes carecen de control de calidad aunque ya permiten visualizar algunas estadísticas básicas del clima de manera rápida.

Por otro lado, la UNAM viene realizando esfuerzos por construir campos de variables meteorológicas para un periodo de cincuenta años en mallas de 0.5 X 0.5 de resolución espacial y con resolución espacial diaria y mensual. Las bases de datos mensuales de precipitación y temperaturas incluyen criterios para analizar la calidad de los datos con la que se construye, y un esquema de análisis objetivos tipo Cressman para interpolar de puntos espaciados irregularmente a la malla. Los criterios de calidad ponen especial cuidado en conservar información sobre condiciones extremas del clima en escalas mensuales. Esta base carece sin embargo, de documentación que permita hacer uso de ella de manera simple. La base de datos diarios se encuentra en construcción para precipitación únicamente y sigue criterios de calidad similares a los de la base mensual, aunque con las consideraciones que los análisis diarios imponen. Aunque se encuentra en etapa de prueba, esta base parece ofrecer las ventajas de un dominio que abarca más allá de las fronteras mexicanas, extendiéndose hasta la parte media de los Estados Unidos, Central América, norte de América del Sur y el Caribe, así como las áreas oceánicas colindantes.

Las otras fuentes de datos en mallas con los análisis de variables en superficie incluyen análisis de centros de la NOAA y algunas instituciones Europeas. Quizá el mayor problema con esta fuente de datos es el número tan limitado de estaciones utilizadas para el análisis con respecto del disponible, lo cual lleva a que no siempre reflejen los episodios de tiempo o de clima extremo en toda su dimensión espacial, o en toda su magnitud.

En la mayor parte de los casos, se tiene un limitado acceso a los datos meteorológicos de México a través de medios como CDs o a través de comunicaciones personalizadas. Por este motivo, la comunidad nacional e internacional encuentra dificultades en encontrar información meteorológica de calidad para estudios climáticos.

1.2 La propuesta (metodologías y elementos para el desarrollo)

Dadas las limitaciones en las bases de datos meteorológicas existentes se han analizado esquemas que pudieran poner en el corto plazo los datos meteorológicos de México a disposición de grupos que puedan realizar un análisis de calidad con criterios objetivos, haciendo de tal práctica algo común entre los tomadores de datos.

Son dos las principales formas en que la información meteorológica puede quedar disponible:

- i) a nivel serie de tiempo para una estación (un punto)
- ii) a nivel campo meteorológico en un dominio (puntos de malla)

En el primer caso, se puede utilizar la base CLICOM sometida un esquema básico de calidad de datos que incluya;

- a) ubicación de estaciones,

- b) metadatos (periodo cubierto, variables),
- c) análisis de magnitud media, variabilidad y extremos para determinar valores sospechosos (banderas) y tendencias de la variable.

Dicho procesamiento llevará a determinar regiones, periodos y variables que posean calidad y extensión en el tiempo para estudios de variabilidad y cambio climático. Esta etapa se puede trabajar entre el SMN y el IMTA con sus desarrollos CLICOM y Madame Plex respectivamente.

En el caso de los datos en puntos de malla se puede trabajar con una combinación entre la base MAYA del SMN y los trabajos realizados por la UNAM. Esencialmente se debe contemplar para el caso de temperatura y precipitación algunos de los efectos que la marcada orografía del país y la región imponen en el clima. Así por ejemplo, se deben considerar los cambios de la temperatura como función de la orografía al momento de interpolar temperaturas máximas, mínimas y medias, asegurándose de que se mantienen registrados los eventos extremos. Para ello se sugiere considerar un gradiente adiabático vertical de temperatura para regiones tropicales y subtropicales.

Para hacer disponibles los datos en el corto plazo, se ha propuesto trabajar con el IRI en cuanto a organización de las bases de datos y ponerlos disponibles en su servidor. Dicho acceso posee las ventajas de ser rápido y confiable, además de permitir el acceso abierto, que desde el punto de vista de los participantes en el proyecto, estimula más estudios del clima de México. En esta primera etapa, disponer de bases de datos meteorológicos tendría un costo que se limita a los proyectos encaminados a compilar la información actualmente disponible y procesarla para asegurar su calidad.

En etapas posteriores se puede proceder a integrar un servidor de datos meteorológicos en nuestro país que posea al menos las ventajas que ofrece la página del IRI. Para el desarrollo de esta etapa se debiera considerar la capacitación de aquellos que adquieran la responsabilidad de administrar las bases de datos, principalmente en el manejo del sistema y la actualización de las bases, al menos dos veces por año.

1.3 Productos esperados y viabilidad

El SMN ha financiado trabajos para capturar digitalmente información meteorológica histórica y para realizar algunos diagnósticos básicos sobre la calidad de los datos, encaminados a que se tenga acceso mediante medios electrónicos a dicha información. Adicionalmente, el SMN ha apoyado financieramente trabajos para disponer de campos meteorológicos en puntos de malla. Sin embargo, dichas bases de datos aun requieren de mejoras que los lleven a ser más útiles, no sólo con fines de investigación, sino incluso para fines de planeación, toma de decisiones, o evaluación de desastres como las realizadas por el Fondo para los Desastres Naturales (FONDEN) o para algunas instituciones de Seguros (e.g., AGROASEMEX).

Mediante proyectos de Generación de Bases de Datos Meteorológicas, se espera que la información meteorológica disponible sea confiable y de acceso sencillo, de preferencia por medio de *internet*. Para ello, se puede contar con el apoyo de instituciones con gran experiencia en la materia como el IRI. Para el diagnóstico de la calidad y la estructuración de las bases se puede trabajar en conjunto entre IMTA, UNAM, SMN, así como algunos usuarios de la información para poder definir las características que las bases de datos deben poseer.

1.4 Requerimientos técnicos y costos

La generación de bases de datos es un elemento esencial del Programa y su estructuración es esencial para:

- i) diagnósticos climáticos (variabilidad y tendencias)
- ii) evaluación de modelos
- iii) evaluación de impactos

La determinación de las características de las bases y los correspondientes requerimientos técnicos, humanos y financieros puede definirse a partir de tres escenarios: el actual, el básico (mínimo necesario) y el ideal.

ELEMENTO/ ESCENARIO	ACTUAL (MEJORADO)	BÁSICO	IDEAL
Humanos	2 técnicos (estudiantes en sistemas de cómputo y manejo de bases de datos)	2 técnicos (estudiantes en cómputo con capacitación en manejo de bases de datos meteorológicos)	2 técnicos capacitados 1 capturista encargado de actualización de bases de datos
Infraestructura	2 sistemas de cómputo como servidor Datos de CLICOM, CFE, PEMEX, MAYA, ERIC, CCA	2 sistemas de cómputo Bases de datos existentes: CLICOM, CFE, PEMEX, MAYA, ERIC, CCA, Sría.Marina	2 sistemas de cómputo 1 Lap top Bases de datos existentes: CLICOM, CFE, PEMEX, MAYA, ERIC, Sría.Marina CCA, Bases de datos en papel
Instituciones participantes	CNA-SMN, IMTA, UNAM, IRI	CNA-SMN, IMTA, UNAM, IRI, GDF AGROASEMEX MARINA	CNA-SMN, IMTA, GDF, UNAM, IRI, INEGI, AGROASEMEX MARINA
Beneficiados	SMN ACADEMIA FONDEN	SMN ACADEMIA FONDEN	SMN ACADEMIA FONDEN

	AGROASEMEX	AGROASEMEX SEMARNAT, Otras Instituciones de Gobierno	AGROASEMEX SEMARNAT, Otras Instituciones de Gobierno, Instituciones Privadas
Financieros	\$500,000.00 1 becas Maestría en Sistemas (2 años). 1 salario extra 2 Equipos de Cómputo, Software, Materiales, viáticos	\$750,000.00 2 becas Maestría en Sistemas (2 años). 1 salario extra 2 Equipos de Cómputo, Software, Materiales Cursos de Capacitación viáticos	\$1,000,000.00 2 becas Maestría en Sistemas (2 años). 1 beca Licenciatura - capturista (1 año) 1 salario extra Equipos de Cómputo Software, Materiales Cursos de Capacitación Viáticos, Promoción
Tiempos	2 años	2 años → continuo	3 años → continuo

Los costos de becas se estiman en \$5000 pesos mensuales, por un periodo de dos años, bajo la supervisión de un especialista que recibirá un apoyo mensual equivalente al de una beca de maestría. Los costos de equipos de cómputo se estiman en \$50,000 pesos cada uno. Adicionalmente se contempla la adquisición de software para manejo de datos equivalente al costo de un equipo. Finalmente se incluyen viáticos y materiales por \$100,000.00 que consideran la visita del especialista del IRI a México y la presentación en congresos y para promoción del trabajo desarrollado en esta etapa.

1.5 Beneficios

Bases de datos confiables constituyen un elemento esencial en cualquier proyecto relacionado con clima, pues son el sustento objetivo a partir del cual se debe construir información útil en planeación y toma de decisiones relacionadas con factores climáticos. Son muchos los sectores que demandan información del clima, esencialmente relacionada con eventos extremos recientes o con predicciones estacionales. Se pueden mencionar el sector agricultura, medio ambiente y protección civil, además de los naturales usuarios de datos meteorológicos como son las instituciones de investigación y enseñanza y los servicios meteorológicos.

En el corto plazo, se dispondrá de bases de datos uniformes y confiables para diagnósticos, pero con el tiempo, la asimilación de datos para generar campos en tiempo real debe ser práctica común que permita de inmediato dar respuesta a las demandas de información para sectores como el de la valoración de desastres, el de los seguros o el de la sociedad y los medios de comunicación.

I.6 Recomendaciones adicionales

En el largo plazo, la asimilación de los reportes meteorológicos diarios y su despliegue en forma de campos debe volverse práctica común. Sólo un esquema de asimilación de datos objetivo permitirá contar con criterios constantes para estimar impactos de tiempo y clima extremo.

En los primeros dos años del Programa de Modelación del Clima de México se deberán financiar al menos dos proyectos que respondan a las necesidades de información: i) en materia de análisis de calidad de datos en estaciones y ii) en materia de asimilación para disponer de campos en un dominio estándar con resolución espacial y temporal uniforme para todo el periodo de análisis.

Aunque existen esfuerzos internacionales para construir campos de variables meteorológicas en la región de Norte, Centro América y el Caribe, no está por demás que la comunidad del clima mexicana construya bases de datos propias con la información que generan sus estaciones y la que dispone, proveniente de otros países, pues de esta forma no deberá esperar a que los centros internacionales hagan disponible los datos para los propósitos propios de los sectores nacionales.

II. Procesos

II.1 Diagnóstico de la situación actual (fuentes de información)

Uno de los desafíos más grandes en materia de estudios climáticos es tener la capacidad de determinar y pronosticar la variabilidad espacial y temporal de la precipitación. Para esto es necesario entender los procesos físicos y fenómenos que se relacionan con las lluvias de invierno y verano, ya que involucran complejas interacciones entre parámetros atmosféricos que eventualmente deben reflejarse en los modelos de predicción. El número e intensidad de eventos de precipitación varía sustancialmente de una estación a otra, de un año a otro y de una región del país a otra. Parte de esta variación se debe a la respuesta de los cambios lentos de las condiciones de frontera como las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), la humedad de suelo y la cubierta vegetal. Por otra parte, las anomalías regionales de la precipitación también son un reflejo de la intensificación, debilitamiento, y/o pequeños cambios en la posición de las sistemas sinópticos medios que generan lluvia en México, como son la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC), el monzón, las ondas del este, las tormentas tropicales y de latitudes medias, la canícula y las corrientes de chorro. Por lo tanto, un entendimiento y monitoreo continuo de las condiciones climáticas medias que se relacionan con los procesos de lluvia en México y su evolución estacional son fundamentales para interpretar y predecir las anomalías climáticas.

La estrategia que se propone para investigar los procesos climáticos relevantes para México se enfoca en cinco etapas fundamentales, las cuales pueden llevarse a cabo mediante estudios de diagnóstico empírico y/o numérico. De acuerdo al Plan Científico se considera que los procesos deben incluir:

- 1) Análisis de los factores que resultan en la estacionalidad del clima a escala regional, incluyendo factores topográficos y de interacción océano atmósfera
- 2) Tendencias de las condiciones medias del clima así como de las variaciones en frecuencia, intensidad y distribución de eventos extremos sus tendencias y cambios bajo diferentes escenarios del clima (ENSO, Cambio Climático)
- 3) Avanzar en el entendimiento del papel de las condiciones de frontera (TSM y humedad de suelo), como forzantes de variabilidad climática
- 4) Análisis de los procesos de interacción océano-atmósfera y atmósfera-biosfera que resultan en variabilidad climática interanual

Invierno. Los estudios del clima invernal deben considerar esencialmente los procesos de interacción entre trópicos y extratropicos que resultan en ondas de latitudes medias propagándose hacia bajas latitudes y en ocasiones produciendo lluvias extremas. De particular importancia resulta la modulación de esta actividad de frentes fríos y Nortes por efectos de condiciones El Niño o La Niña. Tal modulación requiere ser analizada como un proceso en el que condiciones anómalas de la temperatura de superficie del mar resulta en circulaciones estacionarias anómalas, del tipo Patrón del Pacífico Norte América. Más aun, es de gran importancia analizar los mecanismos que resultan en variabilidad de los impactos del ENSO de un evento a otro. Pequeñas diferencias en la fase de los sistemas casi estacionarios pueden llevar a condiciones climáticas contrastantes aun bajo condiciones El Niño o La Niña.

Verano. Durante esta estación, la mayor parte de México capta la mayor cantidad de lluvia. Adicionalmente, de mayo a octubre (y quizá noviembre) se presenta la temporada de huracanes además de que en septiembre se presenta el mayor número y variedad de eventos extremos (inundaciones). La variabilidad climática de verano se asocia a fluctuaciones anómalas en la posición e intensidad de la ZICT, el monzón, las ondas del este, las tormentas tropicales, la canícula y corrientes de chorro de bajos niveles. Aunque existen estudios que identifican una señal climática dominante en relación con el ENOS, aun falta por determinar la variabilidad interENOS en la señal del clima en México. Adicionalmente, se debe determinar el significado climático (cambios en precipitación total) de la actividad de ciclones tropicales en los mares mexicanos. No es claro cuál es su importancia, principalmente si se piensa en la capacidad limitada de los modelos de gran escala para simular dicha actividad.

Adicionalmente, es necesario que los diagnósticos y análisis de procesos incluyan relaciones de lluvia escurrimiento a nivel de cuenca así como efectos en términos de humedad del suelo en escala estacional. Lo anterior en relación con el factor agua.

De forma similar, muchas de las preguntas relacionadas con la dinámica del clima mexicano deben ser analizadas en el contexto de cambio climático. Aunque se han construido escenarios globales del clima para las próximas décadas son muchas las interrogantes que permanecen en términos del clima futuro a escala regional, incluyendo los elementos referidos para la variabilidad interanual. Los diagnósticos de tendencias por efecto del calentamiento global, así como por cambios regionales o locales en el uso de suelo (e.g. deforestación) deben ser examinados con gran cuidado

II.2 La propuesta

Específicamente se debe considerar que los estudios de procesos deben tratar temas relacionados con:

- *El ciclo anual del clima por regiones*
- *La canícula, como parte del ciclo anual*
- *La formación de la corriente en chorro de bajos niveles del Caribe y del Golfo de California y sus impactos en el clima regional*
- *La actividad de ondas del este y de huracanes*
- *El monzón mexicano*
- *La probabilidad de ondas cálidas (primavera-verano) y frías (invierno) en escalas de años interanual:*
- *Los impactos de El Niño, La Niña y años neutrales en México (variabilidad interENOS)*
- *La ocurrencia de periodos de sequía y de inundaciones*
- *Los efectos de cambios en la humedad del suelo*
- *Los efectos de otras oscilaciones interanuales en la estructura térmica del océano (oscilaciones en el Atlántico o Mares Intra Americanos) en escalas decadales y de más largo plazo:*
 - *La Oscilación Decadal del Pacífico*
 - *Cambios en el uso de suelo y clima regional (eg. Efecto de Isla de Calor)*
 - *Cambio climático por aumento de gases de efecto invernadero*
 - *Escenarios regionales de Cambio Climático*

Para realizar los estudios en estos temas se dispone de bases de datos de muy diversa índole: reanálisis, datos nacionales (estación y malla), series e índices históricos. Los elementos que los estudios deben considerar son:

- *flujos superficiales de calor sensible y latente (oceánicos y terrestres)*
- *transporte de humedad atmosférica (horizontal y vertical)*
- *impactos en el clima por cambios en el uso del suelo*
- *radiación y física de nubes*
- *interacciones flujo medio con perturbaciones (ondas del este-corriente en chorro)*

Cada tema de los anteriores constituye un tema de estudio de gran alcance. El número de diagnósticos que se requieren lleva a considerar proyectos de estudio por regiones, en los que participen activamente estudiantes de diversas carreras. Bajo tal condición, el sector académico jugará el papel más importante en el cumplimiento de los estudios de procesos que lleven a un mejor entendimiento de los factores que generan variabilidad del clima en escalas regionales. El estudio de procesos permitirá formular hipótesis que pondrán a prueba a la capacidad de los modelos para simular el clima de México, y de ser posible, sugerir mejoras en los modelos que aumenten su capacidad predictiva.

II.3 Elementos para el desarrollo de la línea

Las investigaciones planteadas en la línea de procesos de clima regional requieren de equipos de trabajo que consideren no sólo la presencia de meteorólogos, sino también de especialistas en oceanografía, hidrología y disciplinas relacionadas a los impactos de la variabilidad del clima. Por ello, es importante que los equipos de investigación en esta línea, además de tener una trayectoria sólida en estudios de procesos, incluyan componentes que resulten en relaciones clima-agua, clima-agricultura. De esta forma se pueden complementar los estudios de procesos con diagnósticos sobre productos de relevancia para sectores de interés.

Entre los requerimientos para estudios de procesos se debe considerar gran capacidad de procesamiento de información (datos) y desarrollos de herramientas de diagnóstico dinámico (balances energéticos, de momento, ciclo hidrológico, series de tiempo con consideraciones físicas). Los campos generales de trabajo para estudios de procesos se pueden dividir en dos grandes temas

	CICLO ANUAL	VARIABILIDAD INTERANUAL	CAMBIO CLIMÁTICO
Elemento de estudio	Distribución espacial y temporal de la precipitación y temperatura Lluvias extremas.	Efectos de ENOS en precipitación y temperatura. Eventos extremos: lluvias, sequía. Ciclo hidrológico.	Tendencias de precipitación y temperatura. Eventos extremos. Cambios en el ciclo hidrológico regional.
Metodología	Caracterización estadística precipitación	Diagnósticos dinámicos: forzantes, transportes, conversiones	Gases de Efecto Invernadero y otros Forzantes, valores umbral por sector,
Producto	Atlas dinámico explicativo	Determinación de características del modelo de predicción estacional	Elementos a considerar para generación de escenarios de cambio climático regional
Grupos de trabajo	Academia, UNAM, CICESE, IMTA, UV, UdeG, otras	Academia, UNAM, CICESE, IMTA, UV, UdeG, otras	Academia, UNAM, CICESE, IMTA, UV, UdeG, otras

II.4 Estimación de costos

Para analizar los puntos de interés en el tema de procesos, se trabajará en proyectos de al menos dos años con equipos de al menos dos o tres investigadores, con estudiantes que, además de ser apoyo de investigación, resulten en la capacidad técnica que se requiere en el país para avanzar la línea de estudios de dinámica de la atmósfera.

A diferencia del tema datos, el número de proyectos que se puedan desarrollar en procesos atmosféricos será en gran medida función de los grupos interesados en el tema. Dado que no hay más de diez grupos que se puedan considerar consolidados en las dos líneas, se plantean esquemas de avance de la línea con diversos niveles en cuanto a objetivos:

ELEMENTO /TEMA	ESCENARIO BASE	ESCENARIO MEDIO	ESCENARIO IDEAL
Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo Anual • Variabilidad Inter ENOS (forzantes) • Cambio Climático Regional 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo Anual • Variabilidad Inter. ENOS (forzantes) • Cambio Climático Regional • Flujos de calor, humedad y momento • Interacciones océano-atmósfera, biosfera-atmósfera • Relaciones lluvia escurrimiento-disponibilidad agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo Anual • Variabilidad Inter. ENOS (forzantes) • Cambio Climático Regional • Flujos de calor, humedad y momento • Interacciones océano-atmósfera, biosfera-atmósfera • Relaciones lluvia escurrimiento-disponibilidad agua • Diagnósticos de impactos de cambios en uso de suelo
Participantes	3 Investigadores por línea 1 estudiante por línea	3 Investigadores por línea 2 estudiantes por línea Colaboraciones nacionales	3 Investigadores por línea 3 estudiantes por línea Colaboraciones nacionales e internacionales
Productos	Atlas climático dinámico, publicaciones científicas	Publicaciones científicas Recomendaciones en mejoras modelos de clima regional	Publicaciones científicas Recomendaciones en uso de modelos (relevantes) Recomendaciones en usos de información climática (relevantes)
Costos y plazos	3 becas sobresueldos 3 sistemas cómputo materiales, software viáticos	10 becas sobresueldos 5 sistemas cómputo materiales, software viáticos	18 becas sobresueldos 6 sistemas cómputo materiales, software viáticos

		intercambio nacional	intercambio internacional
	\$2,000,000	\$3,000,000	\$4,500,000
	1 año	2 años	3 años

II.5 Viabilidad de la propuesta

En México existe la capacidad para realizar los estudios de procesos encaminados a un mejor entendimiento del clima. Sin embargo, los esfuerzos han sido dispersos y responden más a la necesidad de seguir programas internacionales o líneas de investigación en colaboración con científicos de otras partes del mundo. La experiencia adquirida a través de los años, y del aumento en el número de especialistas en materia de dinámica de la atmósfera ha llevado a la integración de al menos diez grupos de trabajo en la materia que de actuar coordinadamente podrían cubrir la mayor parte de las demandas de estudios que el programa de modelación plantea. Adicionalmente, muchos de los esfuerzos de trabajo en la línea se han visto beneficiados con la puesta en marcha de programas de estudio de Posgrado que podrían proveer los estudiantes para realizar parte de las investigaciones aquí planteadas.

Los trabajos a realizar se han estructurado con metas para que en el corto plazo se cuente con electos de referencia para usos de información climática. Así, primero se hace una documentación adecuada del clima mexicano bajo la perspectiva de elementos físicos que modulan su evolución estacional. Una segunda línea de trabajo, que puede avanzar en paralelo, contempla el análisis dinámico de la variabilidad y de los elementos que resultan en cambio climático regional. De esta forma, se dispondrá de información sobre los forzantes que resultan en variaciones del clima de un año a otro que deben aparecer en los modelos a utilizarse en las predicciones estacionales. Dichas consideraciones servirán también para los diagnósticos que llevará a separar la señal de cambio climático de origen antrópico de aquellas de origen natural. En un marco de trabajo ideal, la mayor parte de los elementos que requieren de estudio se contemplan y se espera que brinden respuestas esenciales en un periodo de tres años, al menos para algunas de las regiones del país de mayor vulnerabilidad a extremos del clima.

II.6 Productos esperados y beneficios

Los estudios de procesos tienen como finalidad principal determinar los mecanismos que resultan en lo que conocemos como clima. Existen diferentes maneras de documentar nuestro conocimiento sobre este tema, pero entre los productos que resultarán de los proyectos en procesos climáticos deben aparecer explícitamente;

- i) Atlas del clima, aprovechando las nuevas bases de datos, con información no sólo sobre primeros momentos de variables meteorológicas, sino también segundos e incluso terceros momentos estadísticos. Un diagnóstico de los

valores extremos incluido en el Atlas (sequías, lluvias intensas, ondas de calor y de frío) será de fundamental importancia así como información de las tendencias decadales o de largo plazo.

- ii) Diagnósticos de la importancia de forzantes climáticos que resultan en variabilidad interanual de la precipitación y la temperatura. Así, las anomalías de temperatura de superficie del mar o la humedad del suelo pueden constituirse en forzantes de gran importancia en distintas frecuencias, que pudieran explicar sequías o periodos de lluvias intensas. Su importancia será clara cuando se examinen los elementos que deben incluir los modelos de predicción del clima estacional en escalas regionales.
- iii) Información sobre el papel de los forzantes que resultan en tendencias de cambio climáticos como son los aumentos en las concentraciones de gases de efecto invernadero, aerosoles o cambios en el uso de suelo. Dichos elementos serán fundamentales para examinar escenarios de cambio climático y la calidad de las proyecciones en las décadas por venir.

II.7 Recomendaciones adicionales

Los estudios de procesos atmosféricos encaminados a explicar el clima, su variabilidad y sus tendencias prácticamente no tienen límite. Sin embargo, en el marco de un programa de modelación del clima cuyos objetivos son generar información climática de relevancia para la planeación o la toma de decisiones, es importante establecer ciertos límites a la amplia gama de estudios. Como se establece en el Plan Científico, hay cierto número de interrogantes que requieren respuesta para poder avanzar en los usos de la información climática.

Como en cualquier otro proceso de investigación científica, es difícil que los proyectos cumplan con determinaciones de mecanismos dinámicos específicos o dicho de otra forma, es difícil esperar que se entreguen productos específicos como si se tratara de desarrollos tecnológicos. Al menos debe de trabajarse en preguntas esenciales que apoyen la investigación del clima de México, de forma tal que aun en procesos de un par de años se conviertan en semilla que promoverá más estudios. Conforme se avance en materia de pronósticos o de generación de escenarios regionales de cambio climático, surgirá una mayor necesidad de más estudios que respondan el por qué de ciertas limitaciones en los modelos.

III. Modelos

III.1 Consideración sobre modelos de la atmósfera

El propósito de este Plan de Implementación en su sección de Modelos Climáticos es el de describir las capacidades técnicas e institucionales actuales de la modelación

climática en México, así como también plantear una metodología para el desarrollo de un programa permanente de modelación de clima en las instituciones mexicanas.

El sistema climático consta de los componentes principales siguientes: *a*) la atmósfera, *b*) los océanos, *c*) las biosferas terrestre y marina, *d*) la criosfera (hielo marino, cubierta de nieve estacional, glaciares de montaña y capas de hielo a escala continental). Estos componentes actúan entre sí y, como resultado de esa interacción colectiva, se tiene lo que se conoce como el clima de la superficie de la Tierra. Las interacciones se producen a través de flujos de energía de diversas formas, de intercambios de agua, de flujos de otros gases en trazas radiativamente importantes, entre los que figuran el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), y del ciclo de nutrientes. Lo que mueve el sistema climático es la entrada de energía solar, equilibrada por la emisión de energía infrarroja (“calor”) hacia el espacio. La energía solar es la fuerza conductora más importante de los movimientos de la atmósfera y el océano, de los flujos de calor y agua y de la actividad biológica.

Para elaborar proyecciones sobre el clima a futuro, es preciso calcular los efectos de todos los procesos clave que actúan en el sistema climático. Estos procesos se pueden representar mediante términos matemáticos, pero la complejidad del sistema implica que, en la práctica, los cálculos sólo se pueden hacer con computadora. Por consiguiente, la formulación matemática se realiza con un programa informático, al que se denomina “modelo”. Si el modelo contiene suficientes elementos de los componentes del sistema climático para efectuar simulaciones del clima, se lo denomina comúnmente “modelo climático”.

III.2 El estado actual de la modelación del Clima. Estrategia del uso de Modelos. Elementos a considerar.

Algunos de los tipos principales de modelo del clima son:

- Modelos atmosféricos radiativos–convectivos unidimensionales.
- Modelos oceánicos de difusión–afloramiento unidimensionales.
- Modelos del balance de energía unidimensionales.
- Modelos de la circulación general atmosféricos y oceánicos

Hoy en día es difícil pensar en que la comunidad mexicana construya su propio modelo climático, pues lo más probable es que se termine adoptando una de las versiones de los modelos utilizados en el mundo. A decir verdad, muchos de los modelos que hoy se asocian con un gran centro de estudios del clima tuvieron sus orígenes en algún modelo primario. Bajo tal perspectiva se ha decidido que lo más conveniente en un Programa de Modelación del Clima para México es partir de desarrollos existentes, conociendo sus capacidades y limitaciones para simular y pronosticar los elementos que resultan en clima en México.

Es común recurrir a los llamados modelos abiertos, ya que en caso de que se desee y se posea capacidad, se pueden modificar para los fines de interés del proyecto.

Existen diversos modelos de dominio público que son opciones para la comunidad mexicana que pueden ser utilizados para estudios de variabilidad y cambio climático, pronósticos o simulaciones. Es difícil determinar un modelo para que se constituya en el modelo de la comunidad climática mexicana. Existe más de un modelo cuyos resultados pueden contribuir a formar las distribuciones probabilísticas para proyectar el clima. Como se establece en el Plan Científico, se dispone de:

- Modelos de Balance de Energía (Modelo Termodinámico del Clima)
- Modelos de Mesoescala usados para simulaciones de clima regional (MM5, RegCM3)
- Modelos de Circulación General de la Atmósfera (CCM3, CAM3)

La filosofía de trabajo en cada caso será establecer los alcances y limitaciones de cada modelo, así como los requerimientos de cómputo, humanos, de datos, de despliegue. Hoy en día es común que se disponga de los medios y capacidad para utilizar los modelos listados con anterioridad, lo cual ha llevado a que se generen múltiples experimentos que con frecuencia no tienen siempre una verdadera interpretación física de los resultados. También es común utilizar los modelos para comprobar hipótesis que simples que se convierten en muchos casos en simples pruebas de la consistencia interna del modelo. Por ello, los estudios de procesos y los diagnósticos con modelos deben ir de la mano para realizar pruebas de hipótesis que resulten lo más significativas posibles en el campo de las Ciencias Atmosféricas en general y en el entendimiento del clima de México en particular.

En el caso de usos de modelos para pronóstico climático regional existe la posibilidad de generar localmente experimentos propios de pronóstico, o aprovechar los trabajos que operativamente se vienen realizando en grandes centros de pronósticos y realizar ejercicios de regionalización con una reducción de escala que considere la propagación de la incertidumbre, o sea el carácter probabilística de las predicciones a escala regional. Definir las escalas espaciales a la cual se reducirán las proyecciones de clima estacionales requiere de un conocimiento de los tamaños de malla en los que se tenga información de utilidad en la toma de decisiones. Aunque se puedan generar predicciones con escalas de unos cuantos kilómetros de resolución, la incertidumbre en los pronósticos puede ser tan grande que se pierda la confianza en la información que se genere.

La determinación de las características de las predicciones estacionales que se realicen dependerá de la predecibilidad del sistema climático mexicano y de la bondad del modelo para reproducir los procesos físicos de relevancia. Dicho estudio de predecibilidad requiere integrar técnicas de evaluación de pronósticos y diagnósticos de variabilidad climática. Los usuarios de modelos con fines de pronósticos deberán someter sus resultados a los mismos esquemas de evaluación para establecer los alcances y limitaciones del modelo.

Para dar estabilidad a las Funciones de Distribución de Probabilidad de un parámetro meteorológico, se requiere de un gran número de simulaciones y de una

variedad de modelos. Este tipo de información sólo se tiene en grandes centros de pronósticos. Gracias a colaboraciones que se vienen estableciendo con el IRI, será posible tener acceso a un gran número de predicciones del clima hechas con modelos de circulación general y concentrarse en procesos de reducción de escala, mayormente dinámicos (a través de modelos de mesoescala: MM5 o RegCM3), o de técnicas estadísticas.

En el caso de las proyecciones de cambio climático, será necesario proceder a establecer de forma clara la incertidumbre en las proyecciones climáticas futuras. Mediante procedimientos numéricos o estadísticos se pueden generar escenarios regionales o locales, básicamente para estudios de impactos. La información disponible en el *Data Distribution Center* del IPCC será la base de los trabajos en materia de generación de proyecciones regionales de cambio climático.

Adicionalmente, es aconsejable establecer proyectos conjuntos con grandes centros de pronóstico encargados de generar escenarios de cambio climático, con el fin de que se puedan compartir experiencias en materia de generación de escenarios de clima regional. Un ejemplo de este tipo de colaboraciones se puede dar con el Hadley Center o con NCAR.

III.3 Elementos a considerar. Estimación de costos y plazos.

Para cumplir con los objetivos que se plantea el Programa en los aspectos de uso de modelos habrá que trabajarse fuertemente en materia de generación de capacidades. Como se ha expresado, habrá que superar la etapa de usar los modelos para pruebas de sensibilidad y comenzar a explorar hipótesis físicas y dinámicas sobre el funcionamiento del sistema climático sobre México. En el campo de la predicción estacional es conveniente aprovechar los productos que regularmente están disponibles en los grandes centros de pronóstico del clima para darles un matiz, tanto regional (reducción de escala) como de utilidad para planeación y toma de decisiones por sector (productos a la medida de las necesidades del usuario). Adicionalmente, el trabajo con modelos, sean numéricos o estadísticos, deberá considerar generar información de cambio climático que en combinación con estudios de vulnerabilidad, resulte estimaciones del riesgo útiles para definir estrategias de mitigación y adaptación.

La componente modelos del programa deberá contar también con una sólida componente de colaboración internacional que aproveche las experiencias de otros países en la materia. Por ello, los proyectos en este tema deben promover no sólo el uso de modelos actualizados y con calidad probada, sino que también deben estimular los intercambios con aquellos trabajando en usos y generación de información climática basada en modelos. Considérese además, que el trabajo en modelos no acaba con generar salidas de productos climáticos, sino que para ser relevante para sectores deberá incluir etapas adicionales de pos-procesamiento de la información, sean éstas relacionadas con modelos lluvia escurrimiento, para estimación de disponibilidad de agua, o con modelos de rendimiento agrícola o pesquero.

El trabajo con modelos debe ir de la mano con casi todas las componentes del proyecto, pues sus usos se relacionan con hipótesis sobre el funcionamiento del clima en México, así como con los proyectos de evaluación, pues se requiere determinar alcances y limitaciones del modelo (predecibilidad), lo mismo que la calidad de las predicciones (habilidad). En resumen, en un estudio de modelación se debe pensar en desarrollos conjuntos con otras componentes del proyecto.

Los costos y plazos de los proyectos en el campo de la modelación o el uso de modelos dependerán de los productos que se esperen. Su utilidad requiere no sólo de hacer funcionar el modelo, sino de mostrar los beneficios de trabajar con ellos. Siguiendo los casos anteriores, se puede pensar en tres niveles de estudios con modelos.

ELEMENTO/ NIVEL	BÁSICO	MEDIO	AVANZADO
Modelos	Modelo Termodinámico del Clima (MTC) MM5, CCM3 Modelos Estadísticos pronóstico estacional generación de escenarios de cambio climático (SDSM)	MTC, RegCM3, MM5, CCM3, Modelos Lluvia-Escurrecimiento, Modelos de Modelos Estadísticos pronóstico estacional generación de escenarios de cambio climático (SDSM)rendimiento agrícola	MTC, CAM3, CCM3, MM5, RegCM3, PRECIS, , Modelos Lluvia escurrecimiento, modelos de rendimiento agrícola y pesquero, Modelos Estadísticos pronóstico estacional generación de escenarios de cambio climático (SDSM)
Requerimientos de cómputo y procesamiento de salidas	Sistemas de cómputo en paralelo, Clusters, supercómputo	Sistemas de cómputo en paralelo, Clusters, supercómputo	Sistemas de cómputo en paralelo, Clusters, supercómputo
Productos esperados	Simulaciones de clima pasado-pruebas de hipótesis físicas Predicciones estacionales probabilísticas	Simulaciones de clima pasado-pruebas de hipótesis físicas Predicciones estacionales probabilísticas, productos para usuario (estimaciones estacionales), escenarios de cambio climático regional	Simulaciones de clima pasado-pruebas de hipótesis físicas Predicciones estacionales probabilísticas, productos usuario (estimaciones estacionales), escenarios de cambio climático regional y estimaciones de impactos en sector.
Participantes	5 Grupos de	5 Grupos de	8 Grupos de

	Investigación con al menos 2 estudiantes de Posgrado en cada uno	Investigación multidisciplinarios con al menos 2 estudiantes de Posgrado en cada uno Colaboraciones internacionales	Investigación multidisciplinarios con al menos 3 estudiantes de Posgrado en cada uno Colaboraciones internacionales
Instituciones	CICESE, IMTA, UNAM, ITSLP, UV	CICESE, IMTA, UNAM, ITSLP, UV, CIBNOR, UNISON, UdeG, INE	CICESE, IMTA, UNAM, ITSLP, UV, CIBNOR, UNISON, UdeG, INE, CIESAS, CICY, UABP
Potenciales colaboraciones internacionales	IRI, USP, NOAA	IRI, USP, NOAA, Hadley Center, UCR	IRI, USP, NOAA, Hadley Center, UCR, otras agencias internacionales
Costos y plazos	\$2,000,000 2 años	\$3,000,000 2 años	\$4,000,000 3 años

III.4 Beneficios

Los productos que resulten del uso de modelos, su impacto y utilidad dependerán de la capacidad de los usuarios para beneficiarse de ella y de los mecanismos de comunicación que se diseñen los generadores de información. Sin embargo, es previsible que los primeros resultados de los modelos de inmediato serán de interés para diversos grupos de sectores socioeconómicos entre los que se encuentran:

SECTOR	PRODUCTO DE LA MODELACIÓN
Academia, SMN	Evaluación de la calidad de los modelos
SAGARPA	Pronósticos estacionales
AGROASEMEX	Pronósticos estacionales
CNA	Pronósticos estacionales
INE	Diagnósticos de factores que modulan el clima; escenarios de cambio climático
Protección Civil	Pronósticos estacionales
Salud	Pronósticos estacionales
Energía	Pronósticos estacionales, escenarios de cambio climático

Bajo el contexto de definir beneficiados debe por tanto plantearse que la parte de modelación va muy ligada a la generación de capacidad en los usuarios y a la definición de estrategias de comunicación y diseño de mitologías que aprovechen la información para la toma de decisiones.

III.5 Recomendaciones adicionales

Los modelos son la herramienta que permitirá generar información climática con potencial de ser aprovechada en diversos sectores socioeconómicos. Sin embargo, los desarrollos en esta materia deben desarrollarse de manera cercana con cada una de las otras componentes del Programa. Si algún elemento del Programa actúa como campo de intersección de los intereses de los demás, se trata sin duda del uso de modelos.

Existen convenios entre instituciones mexicanas y extranjeras que pueden incluir el tema de modelos. De trabajarse en las líneas de interés expresadas aquí, el avance puede ser más eficiente y la generación de capacidades en la materia redituar en mayores beneficios en el corto plazo.

IV. Evaluación

IV.1 Marco de referencia

Uno de los aspectos que pocas veces se considera como una línea de trabajo individual es la de la evaluación de los pronósticos climáticos. Por lo general se intenta realizar una comparación visual de patrones sin prestar mucha atención a la utilidad de la información para un sector o grupo específico de la sociedad. Así, y aunque se han mantenido ya por más de cinco años diversas formas de pronósticos climáticos, es poco lo que se sabe sobre la capacidad de los esquemas de pronósticos utilizados, principalmente por se ha trabajado con una filosofía determinista, contraria a la esencia probabilística de los pronósticos climáticos. Aun más, las evaluaciones tienen con frecuencia el objetivo de mostrar las “bondades” de un cierto esquema más que analizar los errores del mismo para trabajar en mejoras que lleven a mejor información. Se requiere de establecer una masa crítica que defina de mejor forma esquemas de evaluación de los modelos que lleven a generar confianza en la información que se genera.

Los pronósticos del clima en su naturaleza probabilística requieren de un tratamiento especial para su evaluación, pues en un sentido estricto, cualquier condición del clima alcanza un cierto nivel de probabilidad. Por ello se debe considerar no sólo el valor del ensamble al momento de ser comparado con una observación, sino también la dispersión entre los diferentes miembros del ensamble que lo componen. En ese sentido, las evaluaciones estadísticas requieren ir más allá de simplemente una comparación de cuánto se pronosticó y cuánto llovió. Será necesario evaluar la certidumbre que se trabaja en términos de percentiles y que el manejo de la información involucra un verdadero manejo del riesgo en toma de decisiones. Es claro que ningún esquema de pronóstico es perfecto, pero ello no implica que las predicciones estacionales pierdan valor, principalmente cuando se trata de manejo de riesgo.

La propuesta para el trabajo de evaluación involucrará no sólo la participación de los especialistas en el manejo de los modelos o de los productos que estos generan, sino también un esquema de evaluación entre los usuarios de la información climática para que puedan determinar cuál es el valor de los productos que se generan para el sector de su interés. Por ello, se deberá contar con meteorólogos y especialistas de otras disciplinas (economistas, agrónomos, hidráulicos) para que quede establecido de mejor forma el valor de la información climática. Dicha interacción multidisciplinaria podrá realizarse en proyectos conjuntos entre la academia y los sectores socioeconómicos involucrados. Un esquema de proyectos conjuntos con reuniones sistemáticas de trabajo puede ser una buena alternativa de interacción.

Aunque por mucho tiempo se ha trabajado con modelos, la filosofía seguida hasta ahora ha sido más en el sentido de calibrar las simulaciones o de verificaciones de las simulaciones de manera complaciente. Baste pensar que incluso en los Foros de Predicción Climática, aun se tiene dificultad en manejar el concepto probabilística de los pronósticos climáticos y en algunos sectores interesados en cambio climático se siguen esperando escenarios presentados en el mismo sentido en que se habla de predicciones del tiempo a corto plazo. Por ello, el proponer una componente de evaluación de los modelos por separado lleva a replantearse muchos de los desarrollos hechos hasta ahora con modelos. Quizá el elemento más difícil de incluir en todo este proceso sea el de llevar a conceptuar al clima, predicciones y modelos como información con incertidumbre, y que aun bajo tal concepto representa una herramienta de planeación valiosa.

En el ámbito de la evaluación de los modelos, se puede pensar en tres aspectos fundamentales que deben ser desarrollados: Predecibilidad, habilidad del modelo en pronósticos estacionales (scores) e incertidumbre, tanto en predicciones como en generación de escenarios climáticos. Cada una de ellas requiere de un enfoque particular en materia de escalas de tiempo y espacio, esencialmente porque a mayor plazo de simulación con el modelo, se puede esperar menor precisión de los resultados del modelo. Adicionalmente, resulta claro que generar estadísticas estables de evaluaciones de predicciones del clima requerirá de varios años antes de que su beneficio sea sustentado a la manera que se hace con los pronósticos del tiempo a corto plazo. Aun más complicado resulta un planteamiento de evaluar escenarios de cambio climático. En el sentido puramente de medidas de precisión o exactitud se pueden establecer parámetros que nos den una idea de las capacidades de un modelo para representar un sistema tan complejo como el clima. Sin embargo, en el caso de las evaluaciones que puedan entregar los usuarios de la información se requiere ir más allá de una simple evaluación de la calidad del pronóstico, pues se trabaja en realidad con una verdadera estrategia de manejo de riesgo.

IV.2 Fuentes de información y metodología.

Como se expresa en el Plan Científico del Programa de Modelación del Clima en México:

La naturaleza probabilística de los pronósticos climáticos requiere de evaluaciones diferentes de las que se realizan con pronósticos del tiempo. Las medidas de evaluación que pueden utilizarse son: el score de

Brier, y evaluaciones multivariadas en las que se estime el valor de simulaciones de los modelos para precipitación, temperatura, o vientos.

El trabajo de evaluación debe llevar a determinar cómo cada modelo responde a los procesos físicos considerados (sensibilidad) y ver cuál modela mejor cada uno de ellos. De igual forma se requiere analizar cómo funciona un modelo bajo una condición particular, como por ejemplo El Niño. Las características principales de cada uno de los modelos y la evaluación de los procesos resultarán en un diagnóstico de la predecibilidad del clima en México.

Una evaluación del impacto de la información climática en el sector de usuarios también es importante. Existen metodologías para obtener estimaciones del valor de la información en un sentido económico o social. Dicha evaluación resulta fundamental cuando se desea que se implementen programas de largo plazo que involucren información climática.

De esta manera, se plantean tres ámbitos en el que las evaluaciones resultan de gran importancia para el programa y que en gran medida definen la estrategia de desarrollo de proyectos. Dichos ámbitos incluyen:

i) Estudios de predecibilidad, a desarrollarse en gran medida a partir de simulaciones o predicciones pasadas en las que se disponga de los mismos elementos con los que se han analizado procesos para poder realizar comparaciones. Los estudios de predecibilidad del clima nos llevarán a definir las escalas espaciales y temporales en la que podemos tener confianza en las predicciones climáticas estacionales.

ii) Determinación de la calidad de los pronósticos estacionales considerando su naturaleza probabilística, lo cual requiere desarrollo de nuevas concepciones para definir qué es un buen pronóstico. Aquí se encuentra implícita la noción de manejo de riesgo, y la utilidad de un pronóstico entre usuarios de información climática.

iii) Determinación de la incertidumbre en escenarios de cambio climático, que llevará a elaborar estrategias de manejos de riesgo. Es importante notar que en escenarios el énfasis está en los aspectos de señales regionales, por lo que la incertidumbre en escenarios de cambio climático se propagará y aumentará al reducir la escala y al evaluar otros modelos que generan información más específica para toma de decisiones (e.g., modelos ciclo hidrológico regional o de rendimiento de cultivos).

Uno de los aspectos que aun debe ser considerado en esta etapa se relaciona con la evaluación que hagan los usuarios de la información climática, la cual no puede reducirse a simplemente pensar en aspectos cualitativos. En esta etapa se debe diseñar una estrategia de evaluación cuantitativa de los modelos y los productos que generan, que lleve a establecer beneficios entre los usuarios, sean económicos o sociales, para que

eventualmente se de un valor específico a la información meteorológica y al trabajo del proyecto en su conjunto.

IV.3 Estimación de costos, tiempos y recursos necesarios para la implementación de la línea

Los aspectos relacionados con la evaluación tienen una característica de multidisciplinaria, pues además de requerirse índices de evaluación de los productos generados, es importante estimar y cuantificar el impacto que la información científica tiene en el proceso de toma de decisiones de un sector. Por ello, se requiere de diseñar estrategias de evaluación más allá de las tradicionales, que posean elementos objetivos en la cuantificación, que consideren los avances en el conocimiento del clima regional y los efectos que tienen entre aquellos que demandan información climática. Así, se requiere de la participación de meteorólogos y científicos de las ciencias sociales o económicas que hagan una evaluación en el sentido de impactos del programa entre los sectores beneficiados.

Las evaluaciones de la calidad de las simulaciones, de la predecibilidad del clima, de la habilidad de los modelos para pronosticar o de la incertidumbre en los escenarios de cambio climático se aplicarán con el mismo rigor a todos los modelos y metodologías que resulten en información climática. De esta forma se evitarán esquemas “complacientes” de evaluar un modelo con fines de mantenerlo en la escena de las herramientas de pronóstico climático. Lo anterior no tiene la finalidad de desaparecer un modelo o esquema de generación de información climática, pero si permitirá definir con claridad los alcances y limitaciones del mismo y por tanto la posible utilidad en un Programa como el aquí planteado.

Por lo anterior, se considera sólo un esquema de proyectos a desarrollar, pues la finalidad que se persigue se aplica sea cual fuere el escenario en cuanto a trabajos con modelos.

PROYECTO	PRODUCTO	PARTICIPANTES	COSTOS	PLAZO
Determinación de la predecibilidad del clima (espacio-temporal)	Estudio que lleve a determinar la capacidad de los modelos para simular el clima en diversas escalas espaciales y a diversos plazos	2 Investigadores 2 estudiantes	\$500,000	1 año
Esquema de evaluación de predicciones climáticas estacionales con carácter	Metodología de evaluación. Definición de calidad por modelos para trabajos sobre	2 investigadores 2 estudiantes	\$500,000	1 año

probabilístico	clima de México.			
Esquema de evaluación del valor de la información climática	Metodología de evaluación. Marco de toma de decisiones para los sectores Agua, Agricultura y Bosques	3 investigadores 3 estudiantes	\$500,000	2 años
Determinación de la incertidumbre en escenarios de cambio climático. Valores umbral e incertidumbre en el tiempo.	Determinación de los plazos en el que una condición de cambio climático puede tener impactos negativos en el marco de vulnerabilidad actual	2 investigadores 2 estudiantes	\$500,000	1 año
Valor económico de la información climática	Valor económico de un Programa de Modelación del clima	1 investigador 1 estudiante	\$500,000	1 año
5 proyectos		20 participantes	\$2,500,000	2 años

IV.4 Recomendaciones adicionales

La evaluación de los productos relacionados a información climática establecerá de manera clara la relevancia del proyecto, contemplando no sólo su calidad en el ámbito académico, sino sometiendo a consideración de los usuarios los beneficios de usar información climática de calidad. Es sabido que hay demandas de información de este tipo, sin embargo con frecuencia se recurre a fuentes de información que no han sido evaluadas por lo que la decepción en el uso de predicciones estacionales o escenarios climáticos para planear en el más largo plazo puede aparecer. La existencia de un marco de evaluaciones lleva a que las informaciones que se generen en este país sean sometidas a un proceso que determine si rebasan un estándar mínimo de calidad como para considerar su información valiosa.

La aparición de esquemas de evaluación debe volverse con el tiempo en una costumbre científica para todos aquellos grupos que ofrezcan productos de pronóstico meteorológico. Hoy en día es difícil determinar la confianza en las predicciones de tiempo y clima pues no existen esquemas ni estudios que nos hablen de la calidad de las predicciones y por lo tanto el peso que se les puede dar. Esta etapa del proyecto resultará sin duda en beneficios para el Servicio Meteorológico, la Comisión Nacional del Agua, el Sector Agricultura y el de los Seguros así como los de Medio Ambiente y de la Protección Civil, cuando menos.

V. Educación, comunicación y generación de capacidades

V.1 Marco de referencia

El elemento comunicación de la información climática va de la mano con cada uno de los anteriores. De dicho proceso depende el éxito del proyecto para hacer de la información climática un elemento de relevancia en la toma de decisiones de sectores socioeconómicos. El trabajo de comunicación implica una relación entre los generadores de información y los usuarios, que permita un verdadero intercambio de ideas sobre cómo transmitir y aprovechar pronósticos y diagnósticos del clima. No se puede funcionar en un programa que intente aprovechar predicciones o diagnósticos climáticos con flujo información en un solo sentido, sino que precisa de esquemas de retroalimentación que lleven a constantes mejoras del sistema.

Es claro que un proceso de comunicación requiere capacidad en las partes interactuantes, con un lenguaje común y al menos ciertas bases en cuanto a conceptos. Dicho nivel se alcanza mediante generación de capacidad en un proceso de entrenamiento. Mediante experiencias personales de meteorólogos, se ha encontrado que cursos cortos dan buenos resultados en cuanto a la formación en materia de comunicación de información climática. Un ejemplo reciente se tuvo en un curso de capacitación con personal de la empresa AGROASEMEX sobre el uso de Información Climática.

La generación de capacidades involucra también la formación de especialistas a todos niveles en manejo de modelos y de procesamiento e interpretación de información del clima. Un proyecto de formación de alumnos en los Posgrados existentes en México se contempla como parte de las actividades necesarias para el funcionamiento del programa de modelación del clima. En este sentido las instituciones educativas jugarán un papel fundamental, examinando las características de sus programas de licenciatura y de Posgrado.

Un primer diagnóstico de la capacidad que existe en el país en el campo de la modelación del clima lleva a concluir que hay poca formación de meteorólogos con esta especialidad porque, en general, los responsables de su formación, ya sea en la licenciatura o en el Posgrado, rara vez cultivan ese campo. Por lo tanto, desde el punto de vista educativo se tiene poca experiencia en el uso, manejo y entendimiento de modelos climáticos, lo cual indica la gran necesidad de apoyar esta área tanto a nivel de licenciatura como de Posgrado, mediante cursos cortos y como parte del curriculum.

La formación de especialistas en el campo de la información climática no se limita a meteorólogos usando modelos del clima. Se requiere de profesionales en los campos de la: Física, Oceanografía, Matemáticas, Computación, Geografía, Biología, Agronomía, Hidrología, e incluso de la Economía, ya que muchos de los usos que se hagan de la información climática se evaluarán en términos socioeconómicos. Es poca la tradición que existe para desarrollar programas de los llamados de principio a fin, que involucren no sólo investigación científica, sino que también aporten elementos de difusión de la

ciencia que despierten el interés de actores clave o tomadores de decisiones para aprovechar los conocimientos en la materia.

Un aspecto que el programa de modelación debe contemplar es el de generación de capacidades entre los usuarios de la información. Algunos de ellos aún esperan que de forma precisa se les diga cuánto, cómo, cuándo y dónde lloverá. Bajo tal punto de vista, encuentran que la información del clima no es suficientemente buena como para modificar su proceder normal en el manejo de un recurso o en la planeación de una actividad. Aun y cuando la información climática tiene un carácter probabilístico, diferente a lo esperado por algunos sectores, resulta útil cuando se trabaja con el concepto de riesgo y esquemas de toma de decisiones.

Es necesario trabajar en métodos de aprovechamiento de la información climática por sectores, capacitando a los responsables sobre aprovechamiento de diagnósticos, pronósticos y escenarios de clima. Ello involucra una estrategia adecuada de interacción entre científicos y usuarios de la información del clima, así como de profesionales de la comunicación. Al final de cuentas, el éxito del programa aquí planteado quedará determinado por el impacto que tenga en los sectores usuarios de información climática.

Uno de los grandes retos de la información climática es que ésta sea una herramienta práctica para los usuarios. Aunque hay productos climáticos y esfuerzos de disseminación importantes, es necesario diseñar nuevas estrategias de comunicación que integren la información climática a la cadena de toma de decisiones de los procesos productivos, en sectores como el agrícola, eléctrico, hidráulico, salud, etc.

Independientemente de la calidad de los modelos y pronósticos, buena parte de los potenciales usuarios de la información climática han desarrollado sus propios medios para comprender el clima: el conocimiento popular, es decir, hábitos y tradiciones que no necesariamente son incompatibles con el conocimiento científico. Sin embargo, ¿cómo se puede integrar ambos conocimientos de forma práctica y eficaz? El diseño e implementación de una estrategia de comunicación debe partir de un esfuerzo colectivo que involucre a los diversos actores de la sociedad y tenga visión de largo plazo para que supere acciones desarticuladas. Asimismo debe realizarse con personal especializado tanto en la comunicación y análisis social como en los temas de variabilidad y cambio climático.

Los actuales esquemas de predicción del clima son suficientemente buenos para proveer información climática útil en la planeación de muchas actividades socioeconómicas. Por ejemplo, se piensa equivocadamente que un buen pronóstico es aquél que dice cuántos milímetros lloverán. Sin embargo, un pronóstico no puede tener tal determinismo dado el carácter no lineal del sistema climático. Más que pronosticar cuánta lluvia caerá en el verano, el pronóstico climático debe predecir la probabilidad de que la estación se encuentre entre las más lluviosas, dentro de los rangos normales de variabilidad o entre las más secas.

Para que un pronóstico estacional del clima se constituya en un verdadero elemento de apoyo para la toma de decisiones, se debe cumplir que:

- La información generada sea relevante y compatible con las decisiones productivas. Los llamados “productos a la medida de las necesidades del usuario” se deben convertir en el insumo para los esquemas de planeación de las actividades...

- Deben existir alternativas para el manejo del sector que, influenciadas por la información climática, sean consideradas para reducir el riesgo. En este sentido, es necesario contar con expertos del sector que puedan proponer, mediante trabajo conjunto con los actores clave, mecanismos de adaptación.

- Los tomadores de decisiones deben estar dispuestos a modificar sus acciones en respuesta a la información climática y deben ser capaces de evaluar los resultados de esas acciones alternativas. La evaluación de las acciones de respuesta al pronóstico constituye un elemento fundamental de todo el proceso para conocer los alcances y limitaciones de manejar información climática. Una evaluación justa requerirá de capacidad tanto en la componente científica como en la componente sector.

V.2 Metodología de Trabajo

El esquema de trabajo contemplado en el campo de la educación, comunicación y generación de capacidades incluye:

- Realizar un diagnóstico general de la situación actual de la información climática.
 - Identificar antecedentes del uso de la información climática.
 - Rescatar experiencias exitosas (nacionales y América Latina) en los procesos de divulgación y uso de la información climática.
 - Identificar principales lagunas en el proceso de comunicación climática.

Esta primera fase de trabajo tendrá una duración de 6 meses aproximadamente y los resultados quedarán establecidos en un informe parcial.

- Diseñar una estrategia para la comunicación y aprovechamiento de la información climática, como insumo para la generación de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad a la variabilidad y al cambio climático.

Toda estrategia de comunicación debe tener por objeto fortalecer las capacidades para que los usuarios de la información reconozcan qué es lo que desde su campo de acción pueden, y les compete hacer, y con qué herramientas cuenta para actuar para reducir su vulnerabilidad ante la variabilidad climática.

La comunicación es un proceso de dos vías, escuchar y ser escuchado, por lo que deben incluirse los mecanismos para que la sociedad no sólo reciba información, sino que

también pueda expresarse. La estrategia de comunicación debe atender el contenido de la información que se va a comunicar, las formas de transmitirla y quiénes la transmiten y reciben.

Una de las grandes dificultades para la aplicación, por ejemplo, de los pronósticos es que tienen por definición un margen de incertidumbre, son probabilísticos por naturaleza. Todo pronóstico tiene cierto grado de incertidumbre. Sin embargo, el uso de la información climática a través de productos adaptados a necesidades específicas y mecanismos de comunicación adecuados puede ser un insumo determinante en la planeación de diversas actividades.

Para que los tomadores de decisión aprovechen apropiadamente la información climática se considera que los interesados deben poseer un nivel básico de información y conocimientos sobre la importancia, las funciones y los beneficios de la información climática.

Para lograr el pleno involucramiento de los tomadores de decisión en los usos de la información climática es necesario fortalecer la educación y la capacitación y, para ello, la sociedad necesita información adecuada, veraz y oportuna. La información climática en su conjunto debe ser adecuada y diferenciada para los distintos públicos (tomadores de decisiones de distintos sectores, agricultores, ciudadanos, etc.).

La forma de difundir los mensajes puede ser múltiple, pero el objetivo de esta fase en una estrategia de comunicación es garantizar que el mensaje llegue a los públicos indicados usando todos los medios y mecanismos al alcance, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Campañas masivas de comunicación, con pocos contenidos clave, que centren la atención en las medidas principales de adaptación por sector.
- Campañas especializadas de comunicación, dirigidas al “mercado meta”, es decir los usuarios en particular de productos climáticos.
- Espacios ciudadanos de diálogo informado entre los diferentes actores implicados

Para el diseño de una estrategia de comunicación de la información climática es necesario:

- Identificar actores sociales: demandas y productos.
- Identificar de agentes de producción y transmisión de la información climática.
- Diseñar esquemas de toma de decisión.
- Establecer una estrategia de posicionamiento de la información climática a través de diversas técnicas de comunicación y capacitación.
- Implementar a través de agentes o extensionistas los esquemas de toma decisión.

- Dar seguimiento y evaluación de la implementación de los esquemas

Esta fase de trabajo tendrá una duración de 6 meses aproximadamente y los resultados quedarán establecidos en un informe final.

- Diseñar un diplomado sobre información climáticas entre usuarios de algún sector

Se propone la realización de diplomados, con duración oficial de 40 horas, aprovechando la capacidad instalada o propiciando que se dote a la institución sede de la infraestructura necesaria. Cada diplomado tendría una asistencia de 10 a 20 personas, y debe plantearse como objetivo formar un grupo de personas que sea capaz de iniciar modelación del clima a escala regional.

En las instituciones sede propuestas en el apartado siguiente se busca que tengan una ubicación geográfica regional estratégica. Cada una de ellas deberá destinar un equipo de computo con características indispensables para poder hacer estudios a escala regional, de tal forma que funcione como nodo de un servidor de la UNAM o que pueda por si mismo hacer la modelación, así como facilitar un aula con al menos 15 computadoras

- Diseñar un taller de aprovechamiento de información climática para la toma de decisiones y para la difusión de la información

La Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología, A.C. (REDNACECYT) realiza cuatro reuniones anuales en diferentes sedes. En la realizada en noviembre de 2005 en Mérida, los integrantes de la REDNACECYT manifestaron un interés especial por los riesgos hidrometeorológicos por lo que se le invitó a participar en apoyo a la difusión del *Programa de modelación del clima en México*. En razón de lo anterior, se propone que se ofrezcan mini-talleres (de unas tres o cuatro horas por ocasión) destinadas a funcionarios gubernamentales estatales y empresarios del estado sede de la reunión y sus vecinos. Los consejos y organismos agrupados en la REDNACECYT son dependencias de los gobiernos de los estados, por lo que se garantiza que al menos cada estado de la región esté representado, amén de que dichos consejos pueden ser un puente eficaz para invitar a los funcionarios y empresarios idóneos. Además, a través de algunos consejos estatales sería posible tener acceso a la Conferencia Nacional de Gobernadores (la CONAGO) y a incidir para que los gobiernos estatales o fideicomisos estado-federación (como los llamados fondos mixtos CONACYT-Gobierno del Estado) puedan abrirse a la modelación climática.

Los mini-talleres deberán buscar tres objetivos fundamentales:

- ❖ Fomentar una comprensión adecuada de conceptos de fenómenos climáticos,
- ❖ Facilitar mecanismos de análisis de información climática,
- ❖ Distinguir información climática de impacto a escala regional.

- ❖ El consejo estatal sede deberá facilitar un aula con al menos 15 computadoras donde sea posible llevar a cabo el mini-taller.
- ❖ Desarrollar dos diplomados dirigidos a trabajadores de medios masivos de comunicación.

En la emisión cotidiana de noticias, comentarios y artículos varios, los medios masivos de comunicación suelen distorsionar algunos términos técnicos, exagerar el alcance de resultados preliminares o minimizar las consecuencias de algún fenómeno atmosférico. Puesto que en la ciudad de México se agrupan los medios de comunicación más influyentes en la opinión pública del país, se sugiere la impartición de dos diplomados dirigidos a trabajadores de medios masivos de comunicación. Estos diplomados tendrían los objetivos siguientes:

- Fomentar la homogenización y el uso adecuado de conceptos alrededor del tiempo meteorológico, climatología y cambio climático.
- Entender el manejo y la aplicación de un modelo de escala regional.

Se sugiere que la institución sede sea el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM; que cada diplomado se ofrezca a 15 comunicadores, aproximadamente, por lo que el CCA debe facilitar un aula con al menos 15 computadoras donde sea posible realizar la formación disciplinar.

Previa a la realización de estos diplomados, y como parte de la estrategia para mostrar a los comunicadores el tamaño de la responsabilidad que tienen sobre este tema, se propone la realización de un sondeo en diversos grupos de población de –al menos- la ciudad de México, que permita tener una panorámica de la percepción popular sobre el llamado *cambio climático*. El cuestionario a aplicar debería dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué entiende –el común del público o por estratos de población- por cambio climático?
- ¿Por qué cree que se genere el cambio climático?
- ¿Cree usted que le afecte personalmente el cambio climático?
- ¿Quién es el responsable del cambio climático?
- ¿Cree que sea bueno o malo para los seres humanos el cambio climático?
- ¿Cree que verdaderamente se esté dando un cambio climático o es un mito?
- ¿Qué sabe del fenómeno de El Niño?
- ¿Qué sabe del fenómeno de La Niña?

V.4 Estimación de costos, tiempos y recursos materiales y humanos necesarios

ACCIÓN	REQUERIMIENTOS	COSTOS	PLAZOS
Identificación e interacción con actores clave	1 responsable 2 estudiantes	\$300,000	6 meses

Campaña de comunicación	1 responsable 3 estudiantes	\$500,000	6 meses
2 Diplomados	2 Instructores 2 estudiantes de apoyo Instalaciones Viáticos participantes (10 por taller)	\$700,000	6 meses
3 Talleres de trabajo	3 instructores 3 estudiantes de apoyo Instalaciones Viáticos	\$500,000	1 año
Presentación de información climática en Foros y otros medios	2 responsables	\$200,000	1 año
	Al menos 10 participantes responsables	\$2,200,000	

3. Las acciones inmediatas

El Programa de Modelación del Clima para México contempla una serie de acciones en el corto y mediano plazo que permitan cumplir con las metas planteadas desde la etapa anterior de este proyecto. Así, se invitó a los especialistas involucrados en el programa a participar en la Reunión de la Unión Geofísica Mexicana, con trabajos en la materia de modelación del clima en cualquiera de los cinco rubros discutidos anteriormente. Se organizó una sesión especial en donde se contempló incluso la participación de especialistas internacionales para tener una discusión de proyecto en donde se analizaron los avances del mismo y se plantearon acciones y proyectos específicos que permitan responder algunas de las preguntas del Plan Científico. De dichos trabajos se han establecido ya algunas acciones y propuestas de colaboración con IRI y NOAA.

A mediano plazo (5 meses) se contempla definir de manera más detallada los proyectos básicos que den viabilidad a un programa de modelación del clima. Esto implica la implementación de bases de datos, los primeros estudios de procesos, la utilización de modelos para generar pronósticos estacionales y la generación de productos a la medida de las necesidades del usuario, la evaluación de los pronósticos en más de un sentido, la generación de escenarios regionales de cambio climático, y finalmente la definición de una estrategia de capacitación y comunicación de la información climática.

Se ha planteado definir los proyectos de tal forma que puedan ser incluidos como de gran relevancia para los concursos CONACYT, tanto de ciencia básica como los fondos mixtos y sectoriales. Bajo tal esquema, será claro que se trata de una estrategia de

estudios bien coordinada y no de esfuerzos aislados. De igual manera se hará un recuento de las diversas opciones de apoyos económicos para el desarrollo de proyectos en los temas descritos.

Se ha integrado un documento descriptivo del Plan Científico del Programa que se presentó en la reunión de la UGM y que sirvió para sustentar el Plan de Implementación que aquí se presenta. Al final de Proyecto se contará con estos dos documentos para mostrar que los proyectos que de ahí surjan integran una ambiciosa iniciativa encaminada a hacer de la información climática una realidad en México.