

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
CLIMATOLÓGICA APLICADA A LA GESTIÓN DE RIESGO AGRÍCOLA
EN EL ESTADO DE MORELOS**

TH1408.1

Informe Final

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA

Participantes:

Olivia Rodríguez López

Esteban Pardo Garcia

Nadia Araceli Pineda Flores

Alicia Salinas Segura

México, 2014

F.CO.2.03.00

Índice

Resumen ejecutivo	03
Objetivos	04
Antecedentes	05
Metodología	06
Resultados	10
Conclusiones	11
Bibliografía	12
Anexos	13

Índice de figuras

Figura 1. Dominios	07
Figura 2. Validación de resultados de pronóstico	08
Figura 3. Presentación de resultados	09

Resumen ejecutivo

El desarrollo del proyecto es para atender la necesidad de agricultores y población del estado de Morelos, para consultar con un pronóstico del estado del tiempo confiable y que ofrezca garantías para tomar decisiones importancia en la agricultura de Morelos, para lograr este objetivo se requirió diseñar, elaborar y adaptar herramientas informáticas que permitan consultar de la mejor forma el comportamiento futuro del estado del tiempo mediante el modelamiento numérico con la integración de las observaciones en tiempo real de la red de estaciones agrometeorológicas del Estado de Morelos.

Se tiene el pronóstico del tiempo para el Estado de Morelos con el modelo meteorológico de Investigación y Pronóstico del tiempo WRF-ARW versión 3.5 (Weather Research and Forecasting), en el servidor de galileo página WEB <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR/WRFMOR/index.php>, con dos corridas a las 00Z y 12Z (18 y 6 hrs. tiempo local) para 3 días, se presenta en mapas con escala grafica de colores de las variables: Precipitación, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Temperatura Máxima del suelo, Temperatura Mínima del suelo, Humedad del suelo, Agua en el dosel, Índice de Área Foliar, Velocidad del viento a 10 m. Esta información se guarda por 4 días para su consulta.

Adaptación del Modelo Cropsyst versión 3.04, de simulación de crecimiento de cultivos y el análisis del sistema suelo-planta-atmósfera, se validó con datos climatológicos de la estación de Emiliano Zapata y características de suelo del estado y cultivo de maíz con las técnicas de cultivo tradicional el modelo simula el balance de agua y nitrógeno, el desarrollo radicular y de la cobertura del cultivo, la producción de la materia seca, la producción de residuos su descomposición y la erosión del suelo.

Para mejorar el pronóstico meteorológico se realizaron pruebas de calidad de los datos meteorológicos de las 25 estaciones agrometeorológicas de la red del Estado de Morelos, y posteriormente ingresarlos al modelo como parte de las condiciones iniciales.

Objetivo

Diseñar, adaptar e implementar herramientas computacionales de análisis y predicción climática para ayudar a los agricultores, ganaderos y tomadores de decisiones en el sector agrícola y pecuario del estado de Morelos.

Objetivos Específicos

- Implementar el modelo de investigación y pronóstico del tiempo WRF, para la zona geográfica del estado de Morelos.
- Realizar pruebas calidad para los datos meteorológicos de las estaciones de la red Morelos.
- Incluir en el modelo WRF la asimilación de datos meteorológicos generados por la red de estaciones agrometeorológicas del Estado de Morelos.
- Pronóstico de las condiciones meteorológicas y de superficie del Estado de Morelos.
- Evaluar modelos agrícolas para adaptarlos a las condiciones agrícolas del estado de Morelos.

Antecedentes

El incremento en las demandas de producción de alimentos y la urgente necesidad de conservar los recursos naturales así como preservar el medio ambiente se pone de manifiesto la necesidad de tener una agricultura sustentable. Ya que al tratar el tema de la estrecha relación entre el clima y el desarrollo de cultivos, plantas y pastos, se destaca la variabilidad y el cambio climático como factores que pueden incidir dramáticamente en la producción agropecuaria.

De ahí la importancia de contar no solo con el conocimiento de las particularidades de estos en la región, sino también de disponer de información oportuna sobre el desarrollo presente y futuro de los procesos climáticos. Para el estado de Morelos, cuya economía en una alta proporción (aproximadamente 10% del PIB del estado) depende de la agricultura e industria relacionada, es de gran importancia disponer del conocimiento e información acerca del clima. El pronóstico climático nos da una predicción de las condiciones de lluvia y temperatura para períodos cortos de anticipación, se hace énfasis en el caso de tener condiciones extremas (períodos fríos, ondas cálidas, períodos húmedos o secas). Este tipo de herramientas son muy valiosas ya que pueden proveer de información a diversos sectores socioeconómicos, como la agricultura, ganadería, entre otros. Una de las metodologías corresponde a la modelación a través de métodos dinámicos. Los principales instrumentos de la modelación dinámica son la evaluación y el desarrollo de modelos globales y herramientas de diagnóstico de las anomalías climáticas. Los sistemas de modelación más avanzados utilizan modelos acoplados entre el océano y la atmósfera, con el objetivo de mejorar la habilidad de los pronósticos de temperaturas en superficie del mar, precipitación y temperatura cercana a la superficie terrestre. La componente atmosférica de los modelos acoplados puede tener diversos grados de complejidad, desde los modelos estadísticos, hasta los modelos completos de circulación general. El anidamiento de modelos regionales dentro de modelos globales se utiliza para obtener una mayor resolución, mejor flexibilidad para investigaciones climáticas regionales y locales. Los modelos regionales tienen una malla con espaciamentos típicos del orden de decenas de kilómetros, lo que provee detalles mucho más finos que los modelos globales, que tienen mallas típicas de cientos de kilómetros. El sector agrícola y pecuario del estado de Morelos requiere de un pronóstico meteorológico agrícola, utilizando la información disponible de la red de estaciones agroclimatológicas instaladas en las zonas agrícolas del estado.

Metodología

El desarrollo del proyecto se realizó por etapas considerando el estado de Morelos como área de estudio para lo cual se implementaron y/o adaptaron programas y herramientas de cómputo para obtener un pronóstico meteorológico y agroclimatológico y la publicación de éste en la página web de galileo.

Se inicia con la búsqueda bibliográfica relacionada al pronóstico meteorológico y agrometeorológico.

Para conocer los conceptos y las herramientas disponibles para el pronóstico meteorológico se tomaron los siguientes cursos del programa en línea COMET-UCAR_MetEd en la página WEB de <http://www.meted.ucar.edu/>:

- Como producen los modelos la precipitación y las nubes.
- Definición de Mesoescala.
- Impacto de la física del Modelo en los Pronósticos numéricos.
- Fundamento de los modelos.
- Introducción a la climatología.
- Procesos Meteorológicos básicos.
- Uso inteligente de los productos derivados de los modelos.
- WRF-EMS y modelos de área local.
- Modelo de pronóstico WRF.

Para conocer los conceptos agrícolas y herramientas de modelos agrícolas se realizaron búsquedas de información en páginas WEB de la Organización mundial meteorológica

Procesamiento de información.

En esta etapa se realizan pruebas de calidad a los datos de las estaciones agrometeorológicas de la red Morelos (2007 a 2013), para obtener la base de datos homogénea y adaptada a las necesidades del proceso de asimilación de datos requerida para el modelos de pronóstico WRF. Está información es procesada por día para ser utilizada en las pruebas del modelo de cultivo CropSyst aplicado para modelación del maíz.

Modelo meteorológico de pronóstico.

Se instaló el modelo meteorológico de investigación y pronóstico del tiempo WRF (Weather Research & Forecasting) en el clúster gaiia y está en producción en el servidor de galileo en la siguiente dirección <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR/WRFMOR/> con las condiciones de frontera del modelo de pronóstico global GFS (Global Forecast Model). Configurado para dos dominios (ver la figura 1), primer dominio corresponde a México y parte de Estados Unidos y el segundo dominio para el estado de Morelos en alta resolución. Los detalles de implementación y resultados se describen en el anexo A.

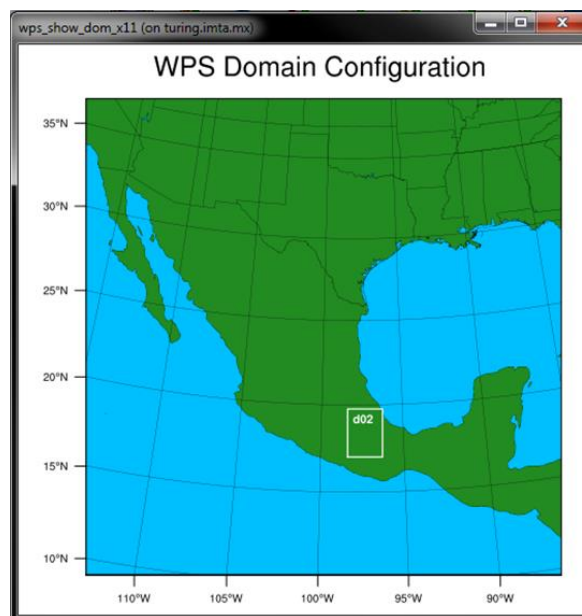


Figura 1. Dominios

Calidad de datos meteorológicos de la red Morelos

Para optimizar el pronóstico del modelo WRF se requiere fusionar las observaciones de las 25 estaciones de la red Morelos y generar un pronóstico a corto plazo. Para lograr este pronóstico se requiere validar los datos generados por las estaciones, se realizaron las validaciones de rango de las variables, consistencia interna y temporal y

la validación espacial, los detalles se describen en el anexo B, (Control de calidad de los datos de la red de estaciones del Estado de Morelos).

Verificación de resultados.

En esta etapa se implementaron los programas de computadora para obtener el pronóstico para las coordenadas de ubicación de las 25 estaciones de la red Morelos y consultar las mediciones de las 25 estaciones por fecha con los cual se guarda el pronóstico por día para compararlo después de la fecha pronosticada, ver las tablas de la figura 2.

Reporte del periodo: 2014/12/15 - 2014/12/15						Fecha	Inic.	Parametrización								
Seleccione el periodo de consulta (No exceder de 50 días)						2014-12-16	002	Kain-Fritsch								
Fecha Inicial:	Año:	Mes:	Día:			Clave	Prec. A.	TMax A.	TMin A.	TMax S.	TMin S.	H. Suelo	Agua D.	Indice F.	Vel	
Fecha Final:	Año:	Mes:	Día:			SCRIPTS\2014121600\WRF2014121600\Valores_P1_00z.txt										
Municipio	Estación	Precipitación (mm. acumulados)	Temperatura (C)			Humedad Relativa (% promedio)	Velocidad (km/h)									
				Media	Mínima	Máxima										
Zacatepec	INIFAP	0.00	19.08	10.30	31.60	71.00	1.77	MOR-001	1.00	25.52	16.03	299.18	290.94	0.21	0.00	2.53
Mazatepec	El Calvario	0.00	21.24	14.90	29.10	59.03	1.26	MOR-002	0.00	25.02	15.46	297.63	290.21	0.25	0.00	2.51
Amacuzac	Rancho el potrero	0.00	19.80	11.20	31.50	68.23	0.00	MOR-003	0.00	25.51	16.62	298.99	290.98	0.24	0.00	2.54
Huitzilac	CEIEPO	0.00	9.37	3.80	15.10	81.58	1.73	MOR-004	6.74	12.71	6.35	287.25	279.26	0.25	0.00	3.59
Tlaquiltenango	Tlaquiltenango	0.00	20.07	11.90	31.10	65.53	0.59	MOR-005	0.00	25.48	16.25	299.57	290.99	0.19	0.00	2.50
Ocuituco	Ocuituco	0.00	17.22	11.20	24.50	64.81	0.65	MOR-006	0.01	19.26	12.73	293.41	285.93	0.25	0.00	2.03
Cuautla	El Hospital	0.00	18.78	11.90	27.70	70.32	0.78	MOR-007	0.00	23.54	15.12	296.39	288.58	0.21	0.00	3.42
Villa de ayala	Ayala	0.00	19.92	12.90	29.50	63.00	0.13	MOR-008	0.00	23.95	15.75	297.18	289.39	0.20	0.00	2.54
Axochiapan	Axochiapan	0.00	19.61	10.30	31.10	62.50	0.19	MOR-009	0.00	25.87	16.64	299.45	290.64	0.21	0.00	2.46
Jonacatepec	Jonacatepec	0.00	18.30	10.00	28.20	62.89	3.06	MOR-010	0.46	23.01	14.73	296.67	288.69	0.21	0.00	2.51
Puerto de Ixtla	Puerto de Ixtla	0.00	21.45	13.90	30.00	66.44	0.00	MOR-011	0.00	25.36	16.22	298.62	290.72	0.24	0.00	2.53
Miacatlan	Coatetelco	0.00	19.88	12.40	30.40	67.73	0.34	MOR-012	0.00	24.93	16.07	297.79	290.31	0.23	0.00	2.52
Tepalcingo	Tepalcingo	0.00	20.02	12.40	29.50	62.06	0.49	MOR-013	0.00	23.89	15.27	298.15	289.45	0.20	0.00	2.48
Emiliano Zapata	Emiliano Zapata	0.00	19.43	4.20	27.70	54.44	1.84	MOR-015	0.00	22.42	14.65	295.89	287.98	0.22	0.00	2.29
Tepoztlán	Tepoztlán	0.00	18.59	10.50	27.90	67.47	1.12	MOR-016	0.00	22.43	13.77	295.52	287.98	0.22	0.00	2.66
Tlayacapan	Tlayacapan	0.00	16.15	9.70	24.00	68.21	0.77	MOR-017	0.00	20.21	13.72	294.62	286.62	0.23	0.00	1.68
Tlaltizapan	Tlaltizapan	0.00	18.70	10.80	29.90	73.78	0.04	MOR-018	0.00	25.36	16.44	298.74	290.74	0.21	0.00	2.52
Cuernavaca	Tetela del Monte	0.00	16.04	9.90	22.40	60.22	1.46	MOR-019	0.00	17.94	11.39	292.45	284.44	0.25	0.00	2.12
Tetela del Volcan	Tetela del volcan	0.00	13.31	7.10	21.50	72.86	0.05	MOR-020	13.32	16.70	9.74	289.81	282.80	0.28	0.00	3.46
Jojutla	Tehuixtla	0.00	20.07	10.90	32.20	65.88	0.08	MOR-021	0.00	25.38	16.77	299.36	291.18	0.22	0.00	2.55
Temoac	Huazúlo	0.00	18.35	11.50	25.80	62.17	0.22	MOR-022	1.66	21.82	14.09	295.08	287.67	0.24	0.00	2.55
Tlalnepantla	Tlalnepantla	0.00	15.33	9.90	21.00	64.84	1.85	MOR-023	1.24	16.64	10.12	290.50	283.20	0.23	0.00	3.79
Miacatlan	Miacatlan	0.10	18.42	10.50	29.60	77.22	2.39	MOR-024	0.00	24.19	14.70	296.93	289.76	0.25	0.00	2.51
Totolapan	Totolapan	0.00	10.75	10.70	10.80	78.50	0.10	MOR-025	0.00	18.02	11.54	292.20	284.58	0.23	0.00	2.77
Tenango	Tenango	0.00	20.94	13.80	28.70	57.96	6.73	MOR-026	0.00	24.11	15.66	298.18	289.92	0.22	0.00	2.49
Jantetelco	Jantetelco	0.00	18.03	10.66	26.83	66.35	1.11									
Valores medios		0.00	18.03	10.66	26.83	66.35	1.11									

Figura 2. Validación de resultados de pronóstico.

Publicación de resultados.

En ésta se implementan los programas de cómputo que permitan mostrar el pronóstico en el servidor WEB de galileo <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR/WRF/> en mapas y en las coordenadas de cada estación, con las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima, temperatura máxima y mínima del suelo, humedad del suelo agua en

el dosel, índice de área foliar y la velocidad del viento del estado con el pronóstico Morelos como se muestra en la figura 3.

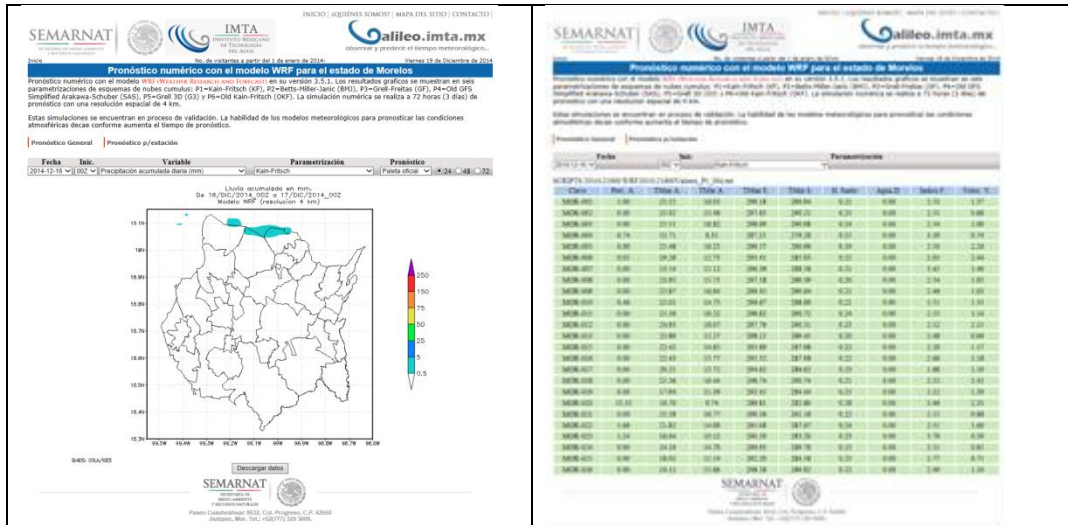


Figura 3. Presentación de resultados

Diagnóstico agrícola del estado de Morelos

Se consulta diversas fuentes de información para conocer las zonas agrícolas de riego y temporal, los tipos de cultivos, superficie sembrada, producción obtenida, esta información es para el estado y por municipio, los detalles se presentan en el anexo C (Producción agrícola de Estado de Morelos).

Modelo de pronóstico de cultivo

Se instaló en ambiente Windows el modelo de cultivo CropySyst (Cropping Systems Simulation Model) que simula los procesos que gobiernan la relación entre clima, cosecha, suelo y manejo del cultivo. Se realiza la simulación para el cultivo de maíz a una escala diaria, utilizando datos de clima de la estación agrometeorológica ubicada en el municipio de Emiliano Zapata. Los detalles se describen en el anexo D (Evaluación de modelos agrícolas con información del Estado de Morelos).

Resultados

1. Pronóstico meteorológico con el modelo WRF para el estado de Morelos (Ver descripción en anexo A).
2. Diagnóstico agrícola de cultivos en el estado de Morelos (con información del 2011, ver descripción en anexo C).
3. Pronóstico de crecimiento de cultivos con el modelo Cropsyst para la agricultura del estado de Morelos (Ver descripción en anexo D).

Conclusiones

Al examinar el modelo WRF para Morelos en alta resolución, se concluye que:

- El modelo WRF V3.5 para el estado de Morelos utiliza las condiciones iniciales interpoladas del modelo global GFS de resolución más baja (arranque en frío), esto hace que tarde algunas horas en iniciar las características y las circulaciones verticales de pequeña escala. En consecuencia, alcanza el pronóstico algunas horas más tarde. Es probable que el mejor pronóstico se produzca en el rango de 9 a 18 horas
- Para mejorar el pronóstico en las primeras horas se requiere utilizar las condiciones iniciales de un “arranque en caliente” que incorpora datos de estaciones meteorológicas a través del módulo de asimilación de datos GSI (implementación a futuro), y como resultado se obtendrá un mejor pronóstico durante las primeras horas que no se cubren con el arranque en frío.
- Los parámetros básicos de salida del modelo están dominados por la estructura de mesoescala, que a veces oculta la estructura sinóptica presente en el pronóstico.
- Para el modelo de alta resolución, es muy importante las parametrizaciones de mezcla de la capa límite, superficie, microfísica, y por los esquemas numéricos usados en la dinámica.
- Finalmente, el modelo ejecutado en alta resolución responde de modo realista a las condiciones de la superficie subyacente, siendo muy prometedor para pronosticar datos de superficie (temperatura a 2m de altura, humedad del suelo).

Beneficios del Pronóstico Climático para la Agricultura

1. Un pronóstico oportuno de condiciones climáticas favorables podría permitir a los agricultores ajustar los patrones de cultivo y el uso de insumos para beneficiarse completamente de condiciones favorables.
2. Un pronóstico oportuno podría dar al sistema de mercadeo y a los usuarios secundarios tiempo para prepararse para una cosecha abundante.
3. Pronósticos climáticos anticipados y fiables podrían permitir acciones de parte de los actores económicos y gobiernos para idear estrategias de contingencia.

Bibliografía

WMO-124. **Guide to Agriculture Meteorological Practices**. Ed. 2010

Skamarock W. Klemp J., Dudhia J. **A Description of the Advanced Research WRF version 3**, NCAR Nota técnica.

Eugenia Kalnay, **Atmospheric modeling data assimilation and predictability**, Cambridge university press. Edición 2003

Mannava V. K. Sivakumar, J Hansen. **Climate Prediction And Agriculture Advances and Challenges**. Editorial Springer. Edición. 2007.

Robert e. Dickinson and Muhammad Shaikh. **Interactive Canopies for a Climate Model**. American Meteorological Society 1998.

Anexos

- A. Implementación del modelo WRF en alta resolución para el Estado de Morelos.**
- B. Control de calidad realizado a los datos de la red de estaciones del Estado de Morelos.**
- C. Producción agrícola del Estado de Morelos.**
- D. Evaluación de modelos agrícolas con información del Estado de Morelos.**