

## **Galileo: un portal Web para el monitoreo y pronóstico meteorológico en México**

Indalecio Mendoza Uribe<sup>1</sup>, Ricardo Prieto Gonzalez<sup>2</sup>, Nadia Araceli Pineda Flores<sup>3</sup>, José Luis Solís Aguirre<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México, indalecio\_mendoza@tlaloc.imta.mx

<sup>2</sup> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México, rprieto@tlaloc.imta.mx

<sup>3</sup> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México, napf\_84@hotmail.com

<sup>4</sup> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México, esjluis@yahoo.com.mx

### **Objetivos**

Proporcionar a los previsores, tomadores de decisiones y público en general un portal de Internet (<http://galileo.imta.mx>) con herramientas de monitoreo satelital y de lluvia; boletines meteorológicos y estacionales; pronóstico numérico con los modelos GFS, MM5, NAEFS, NAM y WRF; así como difundir noticias, eventos, proyectos que realiza y participa la Subcoordinación de Hidrometeorología (SH) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

### **Metodologías utilizadas**

Como primera actividad para el levantamiento del portal Web ([galileo.imta.mx](http://galileo.imta.mx)) a través del cual se realiza el monitoreo y pronóstico meteorológico en México, fue necesario sustituir el antiguo servidor "galileo", dado que ya presentaba fallas y estaba limitado en cuanto a capacidades. El nuevo servidor corresponde a un Dell Power Edge T610 con doble procesador Xeon a 2.8 Ghz, 32 GB RAM y 400 GB de disco duro. Se instaló RedHat Enterprise Linux como sistema Operativo; se habilitan los servicios de Apache como servidor Web con soporte para PHP y MySQL como manejador de bases de datos; se instala el conjunto de compiladores PGI y GrADS como herramienta para el análisis y despliegue de datos meteorológicos y climáticos; entre otras utilerías.

El portal Web de galileo representa la evolución de más de 10 años de trabajo por parte del personal de la SH, en los últimos años se ha actuado en la mejora y generación de nuevos productos, destacando por su utilidad e impacto en la comunidad los siguientes:

1. Extracción y difusión de imágenes de satélite.
2. Monitoreo de lluvia a nivel nacional.
3. Elaboración y difusión de un boletín de pronóstico meteorológico a 72 horas.
4. Elaboración y difusión de un boletín de pronóstico estacional a tres meses.
5. Modelación numérica de la atmosfera y difusión de resultados.

A continuación se describen los procedimientos empleados en cada uno de estos productos.

#### *1. Extracción y difusión de imágenes de satélite*

En el IMTA se cuenta con un receptor de imágenes del satélite GOES 13<sup>1</sup> para las bandas IR4, VIS y WV. El software del receptor fue desarrollado por la empresa SIMET bajo la plataforma Windows, y está compuesto por tres módulos principalmente: Receptor, GIMA y GCTR, los cuales reciben los archivos GVAR, genera las imágenes satelitales y controla las imágenes (configuración, generación y envío), respectivamente. Se tiene definido dos dominios: México

---

<sup>1</sup> El satélite GOES-13 (Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental número 13) entro en operación oficial como satélite GOES-ESTE el 14 de abril de 2010. Fuente: [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/goes-n/media/goes-east.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/goes-n/media/goes-east.html).

(figura 1) y todo el globo terrestre (figura 2). La generación de imágenes depende de los barridos CONUS para México y FULLDISK para todo el globo, siendo la resolución temporal de 30 y 180 minutos respectivamente. Una vez generadas las imágenes por medio del módulo GIMA, se envían al servidor de galileo a través del protocolo FTP de acuerdo a lo establecido en el módulo de control GCTR. Una vez en el portal de galileo se pueden consultar las 5 imágenes más recientes, así como una animación generada con las mismas. Las imágenes se almacenan con la hora local, pero no se considera el horario de verano. Las imágenes se actualizan cada media hora para el dominio de México y cada 3 horas para el dominio FULLDISK.

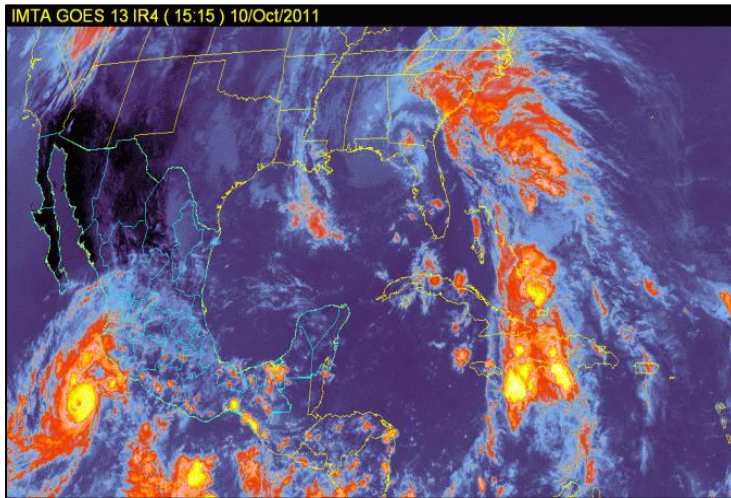


Figura 1. Imagen IR4 para el dominio México.

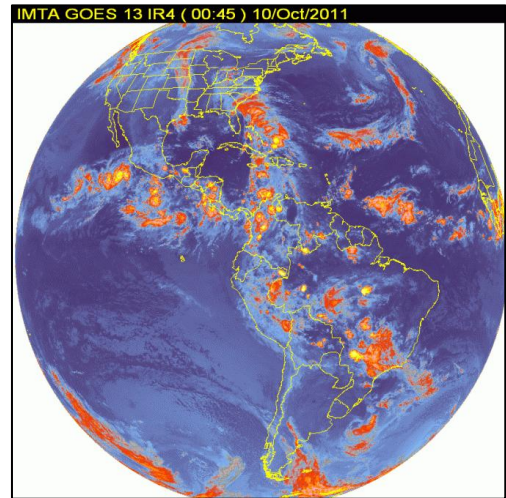


Figura 2. Imagen IR4 para el dominio FULLDISK.

## 2. Monitoreo de lluvia a nivel nacional

Para llevar a cabo el monitoreo de lluvia se utilizan los datos recolectados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de su red de estaciones climatológicas. Estos datos se solicitan periódicamente al Ing. Javier Espinosa Cruickshank a través de email. Los datos son enviados en formato Excel, por lo que se convierten a un formato separado por comas y a través de un programa en el lenguaje PHP se insertan en una base de datos en MySQL. Las consultas se pueden realizar a nivel nacional, por estados (Figura 3) y por cuencas (Figura 4).



Figura 3. Mapa de consulta por estados.

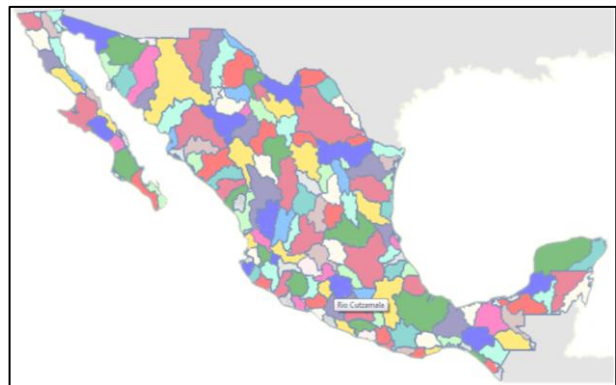


Figura 4. Mapa de consulta por cuencas.

La consulta permite monitorear la lluvia acumulada mensual durante el año actual y compararla con la climatología<sup>2</sup> o con el año inmediato anterior. Los resultados se presentan en dos tablas de datos (figura 5) y una gráfica de serie de tiempo (figura 6). En las tablas se presenta la lluvia acumulada por mes del año actual y de la climatología; adicionalmente se incluye el porcentaje alcanzado.

Monitoreo de lluvia acumulada en la cuenca: Río cutzamala									
Periodo: 01/Ene-28/Sep del año 2011									
Lluvia acumulada mensual en mm.									
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2011	0.61	0.13	1.69	13.32	14.76	145.84	252.54	190.26	82.30
Climatología	17.40	8.16	7.85	15.59	57.41	180.07	211.75	196.49	164.72
Porcentaje	3.51	1.53	21.55	85.45	25.71	80.99	119.26	96.83	49.96
Lluvia acumulada anual en mm.									
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2011	0.61	0.74	2.43	15.75	30.51	176.34	428.88	619.14	701.44
Climatología	17.40	25.56	33.41	49.00	106.41	286.48	498.23	694.72	859.44
Porcentaje	3.51	2.88	7.26	32.14	28.67	61.55	86.08	89.12	81.62

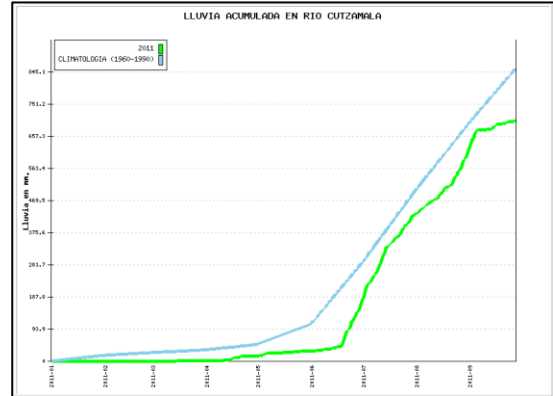


Figura 5. Tablas con la precipitación mensual, acumulada y comparada con la climatología.

Figura 6. Gráfica con la comparación de la precipitación acumulada actual y la climatología.

### 3. Elaboración y difusión de un boletín de pronóstico meteorológico a 72 horas

En la SH se realiza un boletín meteorológico a 72 horas, estos boletines son producto de investigación para validar y calibrar modelos, y de ninguna manera sustituyen a los boletines oficiales emitidos por el SMN. Actualmente estos boletines están a cargo del Subcoordinador de Hidrometeorología (Dr. Ricardo Prieto González) y de cuatro investigadores (Dr. José Antonio Salinas Prieto, Dr. Jorge Sánchez Sesma, M.C. Olivia Rodríguez López, M.C. Gabriela Colorado Ruiz), además se cuenta con el apoyo del L.C.A. Roberto Ramírez Villa y del L.C.A. Gerardo Utrera Zárate.

Los boletines constan de las siguientes partes: encabezado (fecha y quien lo elaboró); la sinopsis con la descripción de las condiciones meteorológicas al momento de realizar el boletín; pronóstico a 24 horas; pronóstico a 48 horas; pronóstico a 72 horas. Como referencia se utilizan las imágenes de satélite y resultados de modelos numéricos como son: MM5, NAM y WRF principalmente.

El boletín se termina de elaborar a las 10:00 AM. Se envía en formato PDF a una lista de destinatarios entre los cuales se encuentran: Presidencia, Gerentes de la CONAGUA, Director del IMTA, entre otros. Posteriormente se sube el boletín al portal de galileo en formato PDF. Adicionalmente, como a las 11:00 AM se sube el boletín en formato de audio y video. En la figura 7 se presenta la portada del boletín meteorológico del día 1 de septiembre de 2011.

<sup>2</sup> La climatología se extrajo de la estadística generada con el programa Eric III (Extractor Rápido de Información Climatológica versión 3) para el periodo de 1960-1990.

#### 4. Elaboración y difusión de un boletín de pronóstico estacional a tres meses

Cada mes se realiza un boletín de pronóstico estacional con alcance para los próximos tres meses. La elaboración de este pronóstico está a cargo de la M.C. Olivia Rodríguez López y de la M.C. Gabriela Colorado Ruiz, bajo la supervisión del Dr. Ricardo Prieto González. Al igual que el pronóstico meteorológico, este producto es de investigación para validar y calibrar modelos, y de ninguna manera sustituye a los boletines oficiales emitidos por el SMN.

Para su elaboración se toma como referencia productos de la NOAA-PSD (National Oceanic and Atmospheric Administration – Physical Science Division) y del IRI (International Research Institute for Climate and Society). Utilizando principalmente de la NOAA los datos de anomalía de las SST y del IRI se consideran la anomalía de la TSM y el pronóstico probabilístico de precipitación.

El boletín consta de las siguientes partes: Encabezado (fecha, alcance y quien lo elaboro); situación actual de El Niño/ La Niña (anomalías de temperatura media del mar); pronóstico estacional probabilístico de precipitación trimestral; pronóstico estacional probabilístico de temperatura trimestral; pronóstico estacional probabilístico de precipitación para las dos siguientes semanas. En la figura 8 se presenta la portada del boletín de pronóstico estacional del día 19 de septiembre de 2011.



Figura 7. Portada del boletín meteorológico del 01/Sep/2011.

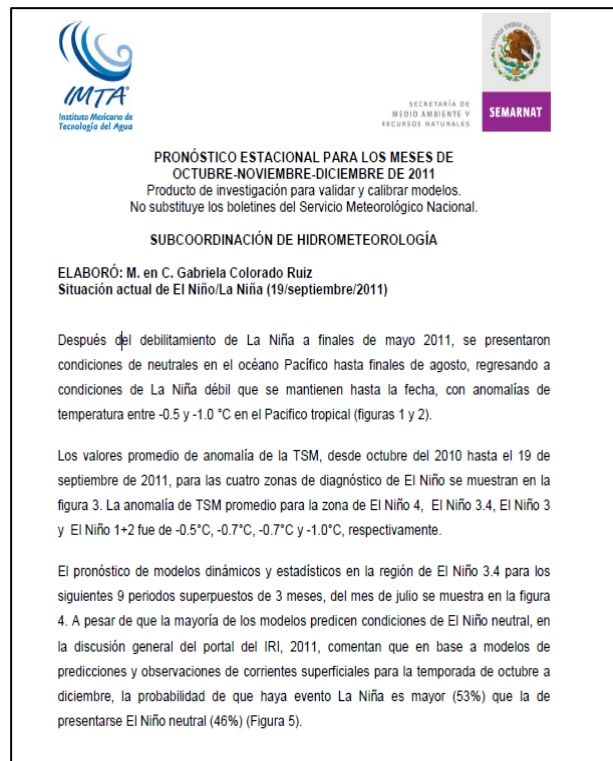


Figura 8. Portada del pronóstico estacional del 19/Sep/2011.

## *5. Modelación numérica de la atmosfera y difusión de resultados*

Una de las herramientas altamente utilizadas en la meteorología operativa corresponde al uso de modelos numéricos de la atmosfera. En el IMTA se tiene operando sistemas automatizados para la descarga de condiciones iniciales/frontera y procesamiento operativo de los resultados de los modelos GFS (Global Forecast System), MM5 (Mesoescala Modelin System versión 5), NAM (North American Mesoscale Model) y WRF (Weather Research and Forecasting).

Todos los días a las 2:00 AM se descargan de la NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration), específicamente del sitio <ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/>, las salidas del modelo GFS en formato GRIB<sup>3</sup>, las cuales son utilizadas de dos maneras: 1) como condiciones iniciales y de frontera para correr otros modelos (MM5 y WRF); y 2) Como fuente de pronóstico a nivel nacional y por cuenca hidrológica en México. De la NOAA también se descargan las salidas del modelo NAM (Norte America Model) a 84 horas, generando los resultados gráficos a través de galileo.

El modelo MM5 se corre a 72 horas con la parametrización Kain-Fritsch y opera directamente en el servidor de galileo; el modelo WRF es operado en el clúster gaiia<sup>4</sup>, en este último se generan tres diferentes pronósticos: a 72 horas solo con la parametrización Kain-Fritsch; a 72 horas en modo ensamble con todas las parametrizaciones disponibles (Kain-Fritsch, Betts-Miller-Janic, Grell-Devenyi, Grell 3d, Arakawa y Old Kain-Fritsch); y a 192 horas con la parametrización Grell-Devenyi.

Todas las gráficas de contornos correspondientes a los cuatro modelos numéricos (GFS, MM5, NAM y WRF) que son publicadas en el portal de galileo son realizadas con la herramienta de software GrADS (Grid Analysis Display System).

---

<sup>3</sup> Los archivos GRIB (Gridded Binary) son archivos binarios que contienen datos de predicciones meteorológicas resultado de modelos de predicción numérica.

<sup>4</sup> El clúster gaiia consta de 10 equipos DELL 2950 con dos procesadores tecnología Quad core para cada equipo, teniendo así 80 procesadores

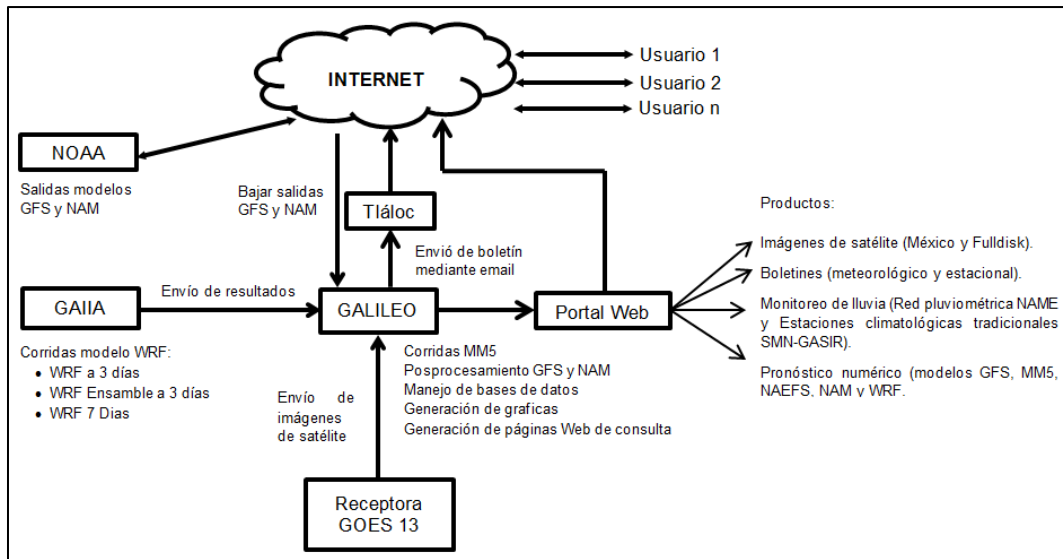


Figura 9. Servidores y procesos involucrados en el portal Web de galileo.

## Resultados

A la fecha, se tiene un portal Web con una demanda promedio mensual de 2300 visitantes, según el registro obtenido con el Google Analytics<sup>5</sup>. En la figura 10 se puede observar el comportamiento del número de visitantes del mes de septiembre para los años 2010 y 2011. Se han recibido felicitaciones por parte de los usuarios, motivando de esta manera a continuar con los trabajos de mejora y difusión de los productos generados por el grupo de hidrometeorología del IMTA. Podemos decir que el portal de galileo es un referente a nivel nacional, destacando en orden de importancia los siguientes productos: 1) Imágenes de satélite (figura 11); 2) Boletín meteorológico; 3) Pronóstico numérico con los modelos MM5 (figura 12) y WRF Ensamble (figura 13); y 4) Pronóstico de lluvia nacional o por cuenca con el modelo GFS (figura 14).

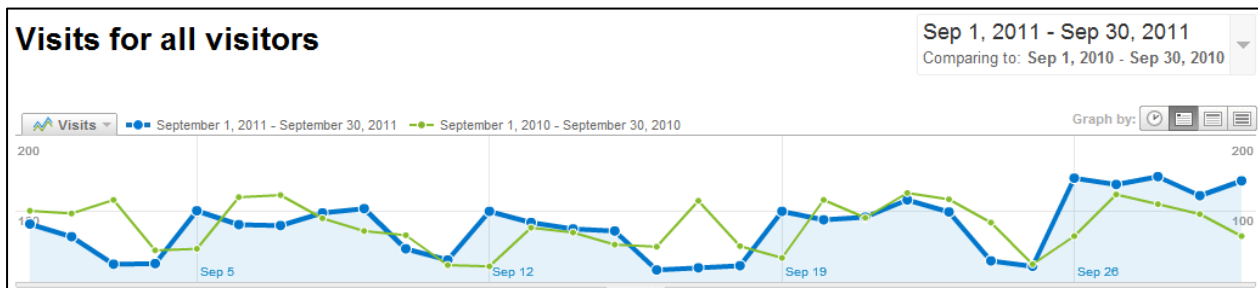


Figura 10. Visitantes del mes de septiembre del portal de galileo para los años 2010 y 2011.

<sup>5</sup> Google Analytics es un servicio gratuito de estadística de sitios Web.

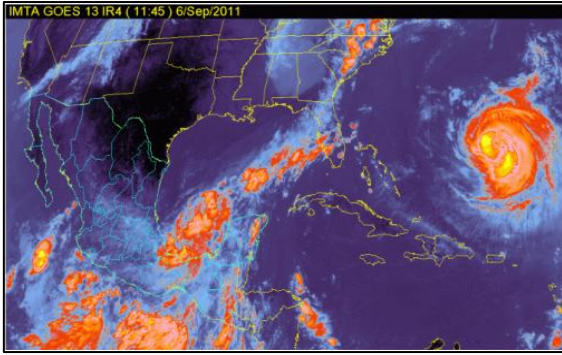


Figura 11. Imagen del satélite GOES 13 en su banda IR4.

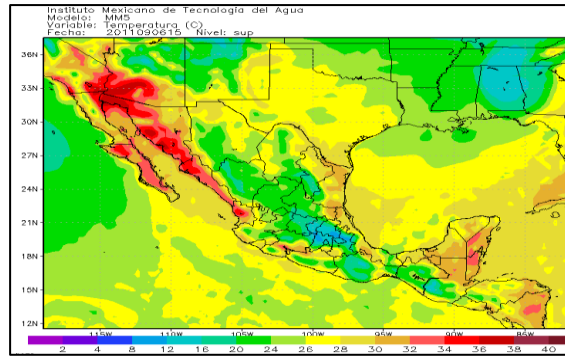


Figura 12. Pronóstico con el modelo MM5.

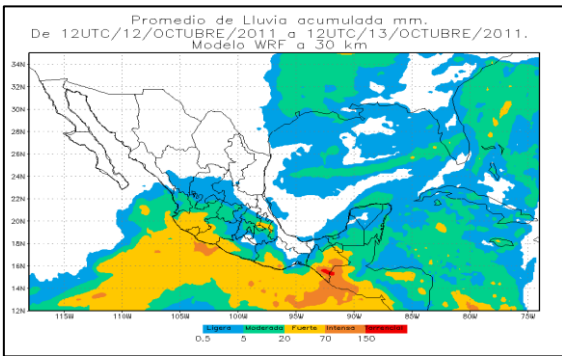


Figura 13. Pronóstico con el modelo WRF Ensemble.

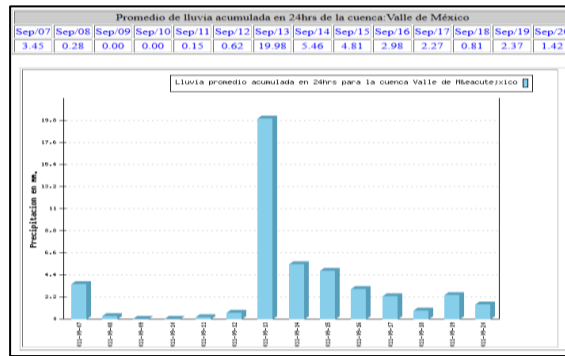


Figura 14. Pronóstico de lluvia por cuenca con el modelo GFS.

## Conclusiones

El portal de Galileo es el resultado de más de 10 años de trabajo, lo que en su momento surgió como una página Web para despliegue de las salidas del modelo MM5, ahora es un portal Web que proporciona a los previsores, tomadores de decisiones y público en general productos meteorológicos y climatológicos de utilidad en su actividad diaria.

Contar con las imágenes de satélite que abarcan todo el territorio nacional, hace posible observar la magnitud y zonas de influencia de los fenómenos meteorológicos; con el monitoreo de lluvia es posible determinar la anomalía que origina sequía o abundancia de lluvia ya sea por estado o por cuenca hidrológica. La diversidad de modelos numéricos permite evaluar los de mejores resultados; los boletines meteorológicos y estacionales se han vuelto una referencia a tomar en cuenta por los tomadores de decisiones a nivel nacional; finalmente, la incorporación de información de eventos, noticias y ligas a otros proyectos permite al portal Web de galileo ser un referente a nivel nacional.

Como trabajos futuros se encuentra el migrar el portal Web al sistema de gestión de contenidos Joomla, con el propósito de mejorar el rendimiento Web, incluir noticias con flash, agregar un blog, foros y búsquedas de artículos dentro del sitio. Por parte del monitoreo de cuencas con el modelo GFS, se considera necesario incorporar el monitoreo con otros modelos, validar y proponer el modelo con mejores resultados, o en su defecto realizar un promedio ponderado o inclusive un ensamble. Finalmente, se pretende a corto plazo incorporar al portal el pronóstico de ondas del este.

## **Bibliografía**

Plaza, B. (2009). Monitoring web traffic source effectiveness with Google Analytics: An experiment with time series. *Aslib Proceedings*, 61(5): 474–482.

Lobato, R.; Rodríguez, O.; Mendoza, I. (2003). El uso de los modelos de mesoescala en México: un ejemplo de aplicación. *Revista digital en línea. UNAM*. Vol. 4, No. 7. Del 30 de noviembre al 31 de diciembre de 2003.

Tatnall, A. (2005). *Web Portals: The new gateways to internet information and services*. Idea Group Publishing. 369 pp.

Laurie, B., Laurie, P. (2002). *APACHE: The definitive guide*. O'Reilly. Third edition. 553 pp.

Página del IRI. (2011). Recuperado en Septiembre de 2011, de <http://portal.iri.columbia.edu>.

Página de la NOAA. (2011). Consultada en Septiembre de 2011, de <http://www.esrl.noaa.gov/psd>.

Página de la comunidad del Modelo MM5. (2011). Consultada en Septiembre de 2011, de <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/>.

Página del modelo WRF. (2011). Consultada en septiembre de 2011, de <http://www.wrf-model.org>.