

EL USO DE MM5V3 EN LA PREDICCIÓN DE EVENTOS PELIGROSOS SOBRE EL TERRITORIO CUBANO.

Autores: *Dra. Ida Mitrani Arenal; Dra. Cecilia González Pedroso;
Lic. Israel Borrajero Montejo; Lic. Lourdes Álvarez Escudero*

Filiación: Instituto de Meteorología (INSMET),

País: Cuba.

Teléfono: (537) 867 07 11

e-mail: imitrani@met.inf.cu

INTRODUCCION

En el Instituto de Meteorología (INSMET) los primeros pasos en el uso de modelos dinámicos fueron dados en colaboración con especialistas soviéticos, con el modelo barotrópico descrito por Sitnikov (1968). Además, se hicieron algunos experimentos con el modelo adiabático de dos niveles, de Bortnikov (1968). Más tarde, en el trabajo operativo del (INSMET) se utiliza el modelo barotrópico de Pérez et al. (1989). Paralelo a este, en la década de los 80 se desarrolló la versión adiabática de un modelo de cuatro niveles, por Svidrinsky et al. (1989). Dada la importancia de los factores diabáticos en los fenómenos meteorológicos de la zona tropical, surge la necesidad de perfeccionar este modelo baroclínico con la incorporación de los efectos de los procesos de menor escala. Se logra así la versión diabática para pronósticos a corto plazo, la cual posteriormente se incorpora al trabajo operativo del INSMET (Mitrani, 1995). Pasada esta etapa de aprendizaje, como paso posterior lógico se presenta la necesidad de investigar las posibilidades de aplicación de modelos de mayor complejidad. Así se inicia la asimilación de un modelo a mesoescala de alta resolución, en colaboración con especialistas mexicanos de la Universidad Autónoma de México (Mitrani y Pérez, 1999; Mitrani et al. 2002)

OBJETIVOS

Los objetivos del presente texto consisten en presentar las características de aplicación del MM5V3, modelo de mesoescala de quinta generación (Fifth-generation Mesoscale Modeling system) procedente de Pennsylvania State University/ National Center for Atmospheric Research (Penn State/NCAR) en su tercera versión (MM5V3) y los resultados obtenidos en los experimentos realizados con eventos de alta peligrosidad, a su paso sobre el territorio nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

En colaboración con especialistas de la Universidad Autónoma de México, en marzo del 2002 se asimiló el MM5V3, acorde con los avances de la técnica actual.

El MM5V3 se corre en el presente en CFA/INSMET sobre soporte LINUX Red Hat 7.2, en una computadora personal Pentium III a 856 Mhz con 128 Mb en RAM. Para una corrida en tiempo presente, se alimenta con las salidas cada seis horas del Modelo Global de Aviación (AVN), correspondiendo a los campos de geopotencial, temperatura, humedad relativa y las componentes del viento en los niveles de 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 200, 150 y 100 Mb.

Tomando en cuenta las características físico - geográficas de Cuba y su posición en la zona central de los mares Interamericanos, se definieron dos dominios anidados, en proyección Lambert, con coordenadas centrales en los 23°N y 80°W. Este punto se encuentra aproximadamente en el centro del territorio cubano y el meridiano 80 prácticamente divide la isla a la mitad. El dominio exterior presenta una malla de 30X42, con pasos de 75 Km y el interior de 31X58 con pasos de 25 Km (Fig. 1). Con esta resolución, el área del dominio exterior se extiende de manera tal que las salidas del modelo pueden mostrar con suficiente detalle los fenómenos meteorológicos que afectan a la isla, tanto los provenientes del continente y del Golfo de México como los que circulan por el Caribe y la zona Sur - Occidental del Atlántico Norte, mientras que el dominio interior incluye el territorio de todo el archipiélago y aguas aledañas.

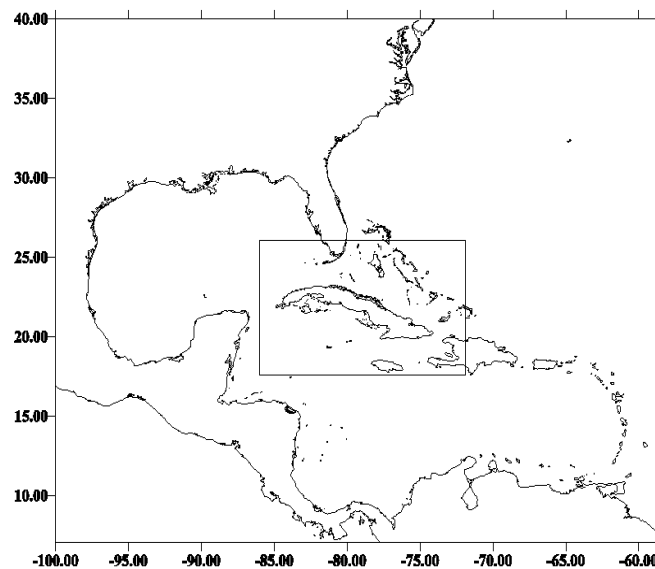


Figura 1. Dominios anidados, utilizados en las corridas experimentales con MM5V3

Se aplicó la aproximación no hidrostática, con parametrizaciones de la convección profunda, del transporte turbulento, de la interacción con la superficie subyacente, de las precipitaciones y de la radiación. En la matriz de uso del suelo, se diferencian trece tipos de superficie subyacente. Se pronostica la temperatura del suelo a partir del balance térmico superficial.

Después de realizar pruebas con distintas combinaciones de esquemas de parametrización, aprovechando las experiencias con MM5V2 descritas por Mitrani y

Pérez (1999) y tomando en cuenta las recomendaciones del Tutorial Class Notes (2000), la variante escogida como la más idónea quedó como sigue:

- Esquema de parametrización de Grell para convección profunda.
- Esquema de Blackadar para interacción con la superficie subyacente.
- Esquema simple de “lluvia con fase de hielo” para las precipitaciones.
- Esquema de enfriamiento simple para la transferencia radiativa, dependiente solo del ciclo diurno de la temperatura del aire, con paso de aplicación de una hora.

Las condiciones de cómputo actuales favorecieron la rapidez en las corridas. Ahora la demora promedio es de una hora con 40 minutos. A continuación se describen algunos ejemplos de los resultados obtenidos para la predicción del tiempo en presencia de distintas condiciones meteorológicas.

RESULTADOS

Con el fin de comprobar la efectividad del modelo en los pronósticos, estos fueron comparados con la información de archivo del Centro de Pronósticos del INSMET referida al estado general del tiempo en el área de interés del Servicio Meteorológico Cubano. (EGT98.10 1998, EGT01.07 2001, EGT02.04 2002) y a los datos de las trayectorias de los huracanes estudiados (cortesía de la Dra. Cecilia González, Investigadora Titular del INSMET), así como con los mapas de análisis publicados por INOAA-CIRES (2002). A continuación se describen los resultados obtenidos en la predicción de eventos poco habituales y de alta peligrosidad para Cuba.

A) Habilidad para el pronóstico del estado del tiempo en condiciones alejadas de la normalidad

La expedición compleja multinacional ECAC-3, realizada del 6 al 26 julio del 2001, permitió una valiosa recopilación de datos oceanográficos y meteorológicos en el área caribeña. A modo de complemento, los autores del presente texto realizaron corridas de MM5V3 para el período de expedición, con el fin de analizar si efectivamente el modelo reflejó las particularidades de la circulación atmosférica en esa etapa.

En el clima de Cuba se destaca un período más lluvioso entre los meses de mayo a octubre. Dentro de este período, **el mes de julio** es el menos lluvioso. En el año 2001, a pesar de tener un mes de mayo muy lluvioso (CENCLIM, 2001a), en junio se presentó un evento de sequía calificado como **severo**, favorecido por el patrón de circulación atmosférica de altas presiones sobre Cuba con influencia anormalmente extendida hasta el Golfo de México y la ausencia de la vaguada casi estacionaria de los niveles medios en el Sudeste del Golfo (CENCLIM, 2001b). Sin embargo, los acumulados de lluvia estuvieron altos en el país durante todo el mes de julio, excepto en algunas regiones en que estuvieron por debajo de la norma. El patrón de circulación atmosférica se caracterizó por la influencia de las altas presiones oceánicas sobre Cuba, según es habitual para este mes, pero con la presencia de la vaguada de los Oestes que permaneció sobre el Golfo de México y sudeste de los Estados Unidos durante casi todo el mes (CENCLIM, 2001c), con una disminución en las alturas geopotenciales, lo

cual no es usual para el mes de julio. Esta situación y el paso de varias ondas tropicales, favorecieron los eventos de lluvia. Se observó la formación de varias tormentas locales severas y ya al final del período de expedición, el paso de un sistema frontal sobre el Golfo de México generó un evento “Sur”¹ el 23 de julio, registrado en la estación Casablanca, de La Habana, siendo el segundo caso observado para este mes en los últimos cien años (el primero se observó en 1911, según apunta CENCLIM, (2001c). Todas esas condiciones desacostumbradas fueron reflejadas en las salidas del modelo, de donde se demuestra su habilidad para representar situaciones poco comunes.

En las Figuras 2 (a, b) se muestran los dominios exterior e interior (1 y 2 respectivamente) de las cartas reales de campo bórico y los pronósticos de campo bórico y eólico a 48 horas para el 12/07/2001 a las 00 GMT, con base del 10 de julio a las 00 GMT, donde se distingue la presencia de un frente estacionario sobre el norte del Golfo de México y una onda afectando a las provincias orientales. En el Dominio 2, es posible apreciar la circulación de brisas sobre el territorio nacional, con predominio de vientos de región Norte en la costa Norte y de región Sur, en la costa Sur. Obsérvese en la Figuras 2 (c) el pronóstico de lluvia caída sobre parte de Camaguey y Ciego de Ávila, donde se registró una tormenta local severa (EGT01.07, 2001)

¹ En Cuba se conoce como evento “Sur “, a los vientos persistentes de región Sur que preceden a los frentes fríos que atraviesan el Golfo de México y afectan al territorio cubano, provocando ocasionalmente la ocurrencia de inundaciones costeras por penetraciones del mar en áreas de la costa sur del país (Rodríguez y Ballester, 1987).

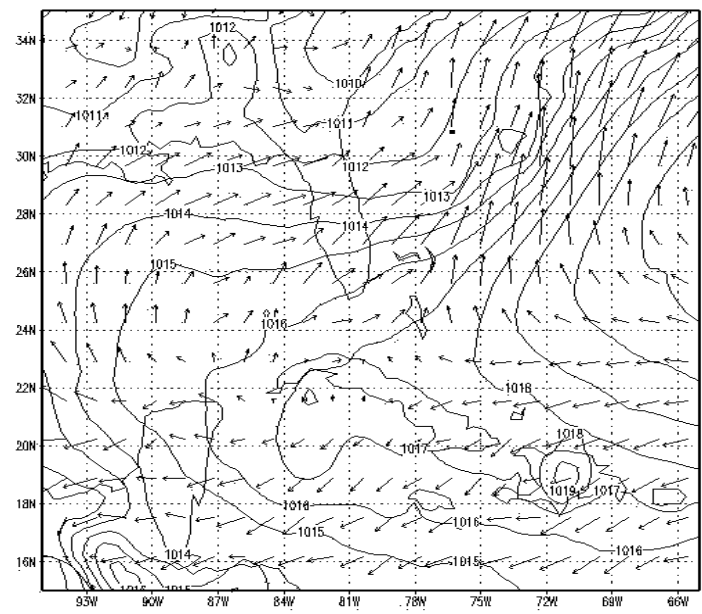
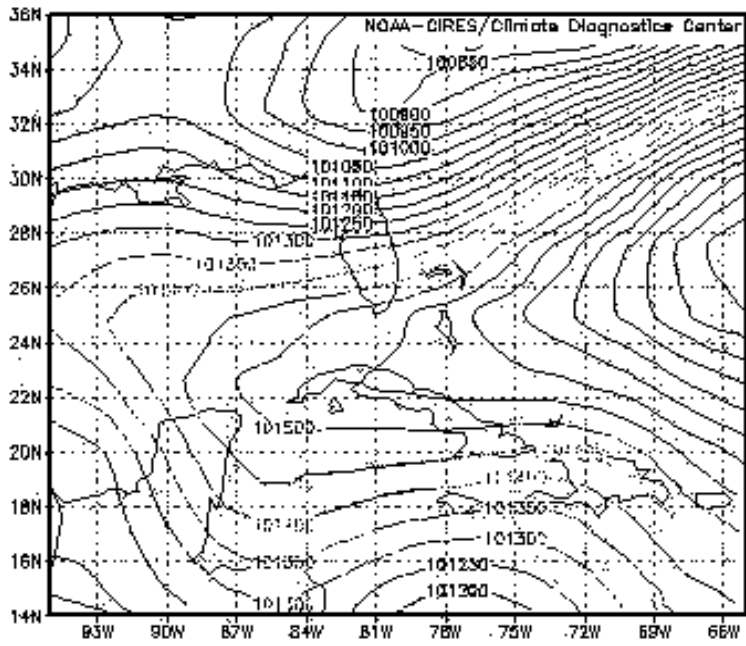


Figura 2 a Campo bórico real y campos bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazopara el 12/07/2001 a las 00 GMT, con carta base del 10/07/2001 a las 00 GMT (Dominio 1)

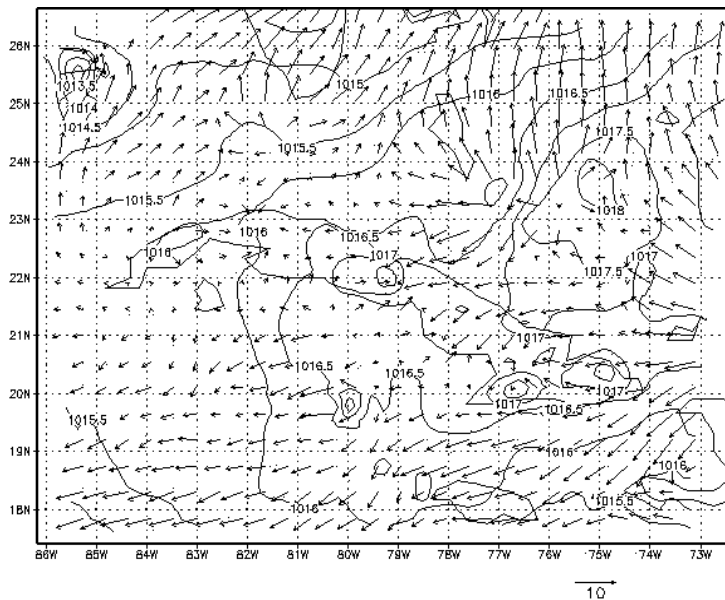


Figura 2 b. Campo bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 12/07/2001 a las 00 GMT, con carta base del 10/07/2001 a las 00 GMT sobre el territorio cubano (Dominio 2).

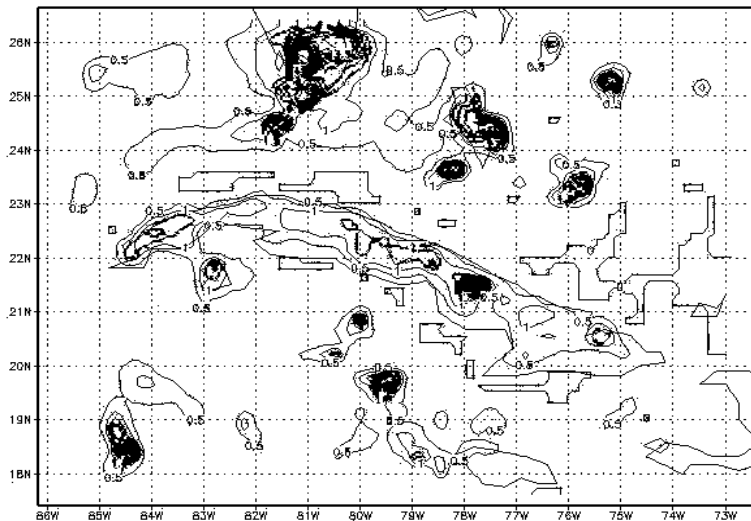


Figura 2 c. Lluvia caída en las últimas 24 horas, pronosticada a 48 horas de plazo para el 12/07/2001 a las 00 GMT, con carta base del 10/07/2001 a las 00 GMT sobre el territorio cubano (Dominio 2).

En la Figuras 3 se muestran los dominios exteriores del campo bórico real y el pronóstico de campo bórico y eólico a 48 horas para el 23/07/2001 a las 00 GMT, con carta base del 21/07/01 a las 00 GMT. En el pronóstico a 48 horas se observa el sistema frontal desplazado hacia el Nordeste, mientras los vientos de región Sur afectan a la mitad occidental del territorio cubano y la mitad oriental continúa bajo la influencia de las altas presiones oceánicas, con débiles vientos del primer cuadrante.

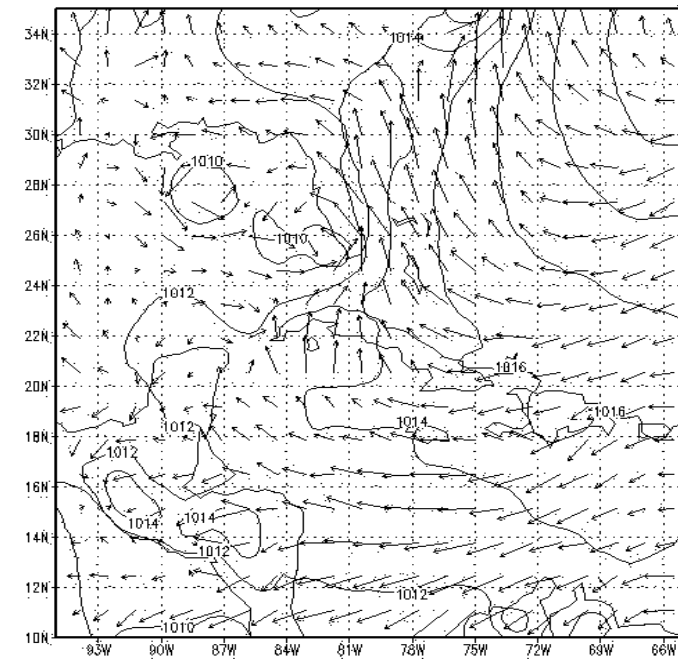
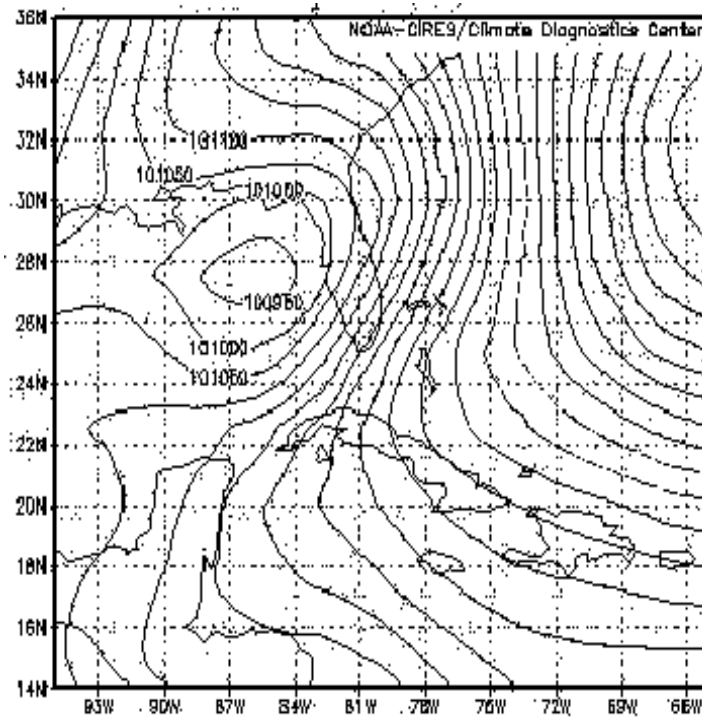


Figura 3. Campo bórico real y campos bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 23/07/2001 a las 00 GMT, con carta base del 21/07/2001 a las 00 GMT (Dominio 1).

B) Habilidad para el pronóstico del estado del tiempo en presencia de huracanes

Existen experiencias anteriores de predicción de trayectoria de ciclones tropicales con MM5V2 (Pérez Parrado et al., 1998; Mitrani y Pérez, 1999), con resultados satisfactorios.

En las versiones de MM5 disponibles en la UNAM y asimiladas para uso del INSMET por los autores del presente texto (Mitrani y Pérez, 1999; Mitrani et al. 2002), no se tiene prevista la tarea de predicción del movimiento de los ciclones tropicales. Por tanto, no aparecen ni rejillas móviles que sigan al organismo, ni algoritmos de localización de su centro. No obstante, aún en estas condiciones los experimentos de predicción de trayectorias de ciclones tropicales muestran resultados aceptables. Para ello, se realizan estimas de la posición del centro del organismo amplificando la imagen del mapa de flujo (líneas de corriente) que obra como una de las salidas de MM5. Los resultados pueden ser evaluados por los criterios de efectividad vigentes en el INSMET, reflejados en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de evaluación vigentes en el INSMET, para pronósticos de trayectoria de ciclones tropicales.

Plazos de Pronostico	Error Admisible
Localización inicial	< 31 Km
12 Horas	65 Km
24 horas	187 Km
36 horas	246 Km
48 horas	305 Km

Durante la temporada ciclónica del año 2002 se realizaron las primeras aplicaciones a la práctica operativa del modelo MM5, con el fin de pronosticar el estado del tiempo sobre Cuba al paso de los huracanes Isidore y Lily. A continuación aparecen figuras que ilustran como el modelo reflejó los campos meteorológicos y las tablas con las estimas de las posiciones a partir de los campos de flujo del modelo. Acorde con los parámetros establecidos en la Tabla 1, es posible apreciar que los resultados fueron satisfactorios.

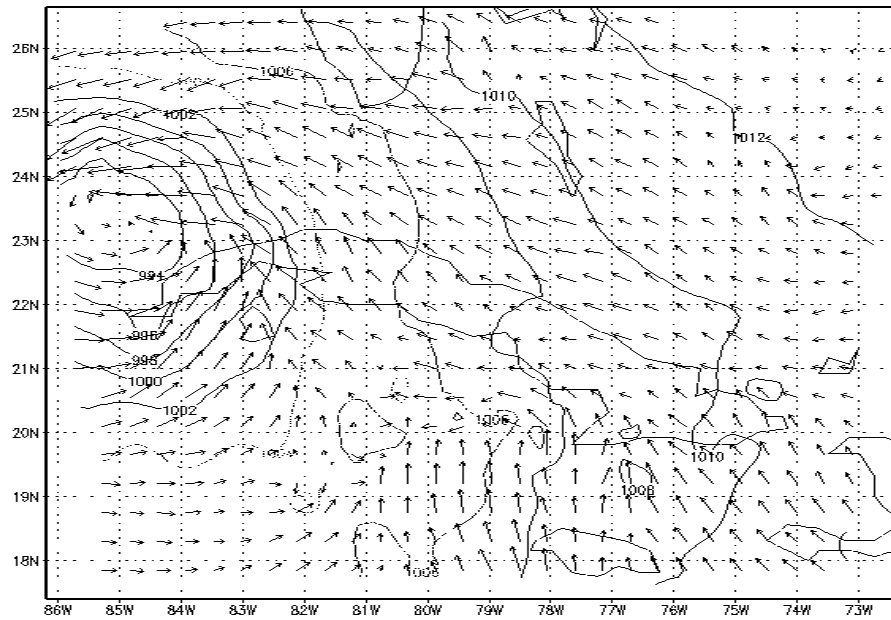
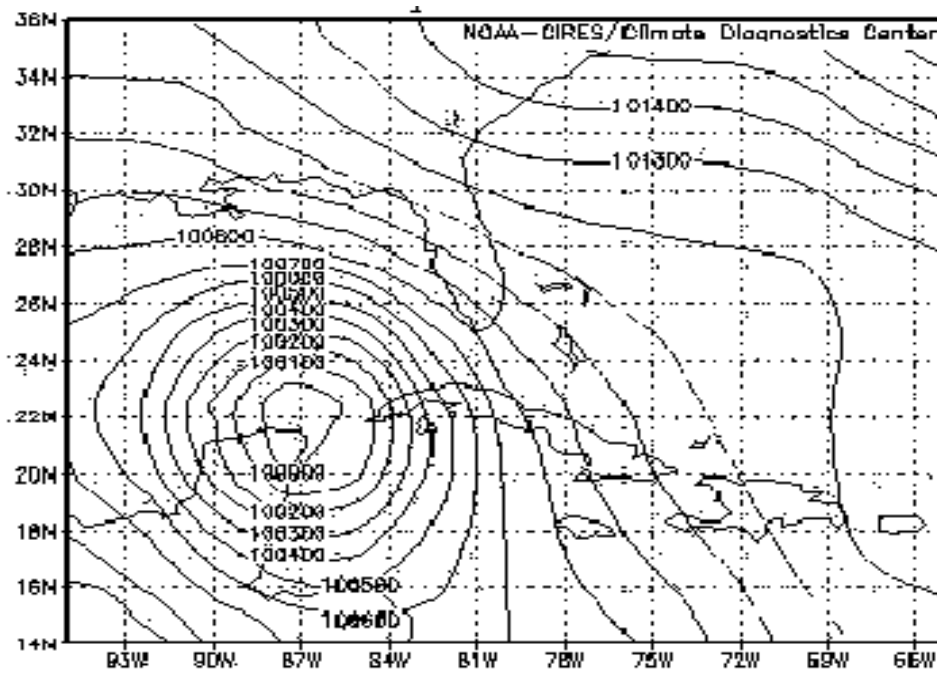


Figura 4 Campo bórico real y campos bórico y eólico pronosticados a 48 horas para el 22/09/02 a las 00 GMT, con carta base del 20/09/02 a las 00 GMT, al paso del huracán Isidore (Dominio 2).

Tabla 2 Posiciones estimadas para el huracán Isidore, utilizando el modelo MM5V3.

Primera corrida							
Fecha	Hora GMT	Plazo	Latitud Real	Longitud Real	Latitud MM5V3	Longitud MM5V3	Error en Km
20 09 02	0	0	20.7	82.4	20.07	82.4	69.93
20 09 02	6	6	21.1	83	21.15	83.25	28.3
20 09 02	12	12	21.5	83.5	21.55	83.63	15.46
20 09 02	18	18	21.9	84.1	22.05	83.65	52.65
21 09 02	0	24	22.1	84.3	22.5	84.1	49.64
21 09 02	6	30	22.3	85.1	22.65	84.25	102.04
21 09 02	12	36	22	85.8	23	84.65	169.16
21 09 02	18	42	21.9	86.1	23.3	84.8	212.07
22 09 02	0	48	22.2	86.4	23.56	85.35	190.72
Segunda corrida							
21 09 02	0	0	22.1	84.3	22.1	84.3	0
21 09 02	6	6	22.3	85.1	22.1	84.9	31.4
21 09 02	12	12	22.0	85.8	22.3	84.6	137.3
21 09 02	18	18	21.9	86.1	22.85	85.2	145.26
22 09 02	0	24	22.2	86.4	22.95	85.5	130.04
22 09 02	6	30	22.0	87.4	22.8	85.9	188.7
22 09 02	12	36	21.9	88.2	22.6	86.9	163.89
22 09 02	18	42	21.7	89	22.4	88	135.49
23 09 02	0	48	21.0	89.4	21.5	88.5	114.28
Tercera corrida							
23 09 02	0	0	21.0	89.4	21	89.4	0
23 09 02	6	6	20.6	89.6	19.9	89.15	92.37
23 09 02	12	12	20.1	89.6	20.4	89.2	55.5
23 09 02	18	18	20.3	89.4	20.4	89.57	21.89
24 09 02	0	24	20.5	89.3	20.73	89.58	40.22
24 09 02	6	30	21.0	89.5	21.25	90.15	77.3
24 09 02	12	36	21.8	89.8	21.83	90.77	107.72
24 09 02	18	42	22.1	89.8	22.75	90.85	137.07
25 09 02	0	48	23.0	89.7	22.3	91.15	178.72
Cuarta corrida							
24 09 02	0	0	20.5	89.3	20.5	89.3	0
24 09 02	6	6	21	89.5	20.3	90.1	102.34
24 09 02	12	12	21.8	89.8	20.65	90.0	129.57
24 09 02	18	18	22.1	89.8	21.9	90.08	38.19
25 09 02	0	24	23	89.7	22.55	90.5	101.88
25 09 02	6	30	24.2	89.7	22.27	90.7	241.28
25 09 02	12	36	25.7	90.2	-	-	-
25 09 02	18	42	26.3	90.5	-	-	-
26 09 02	0	48	27.6	90.2	-	-	-

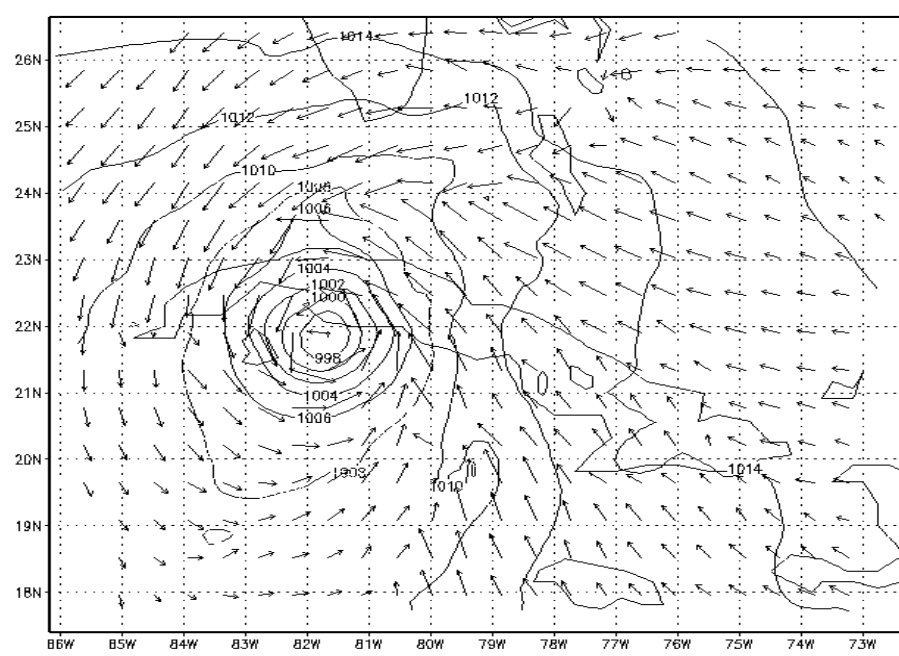
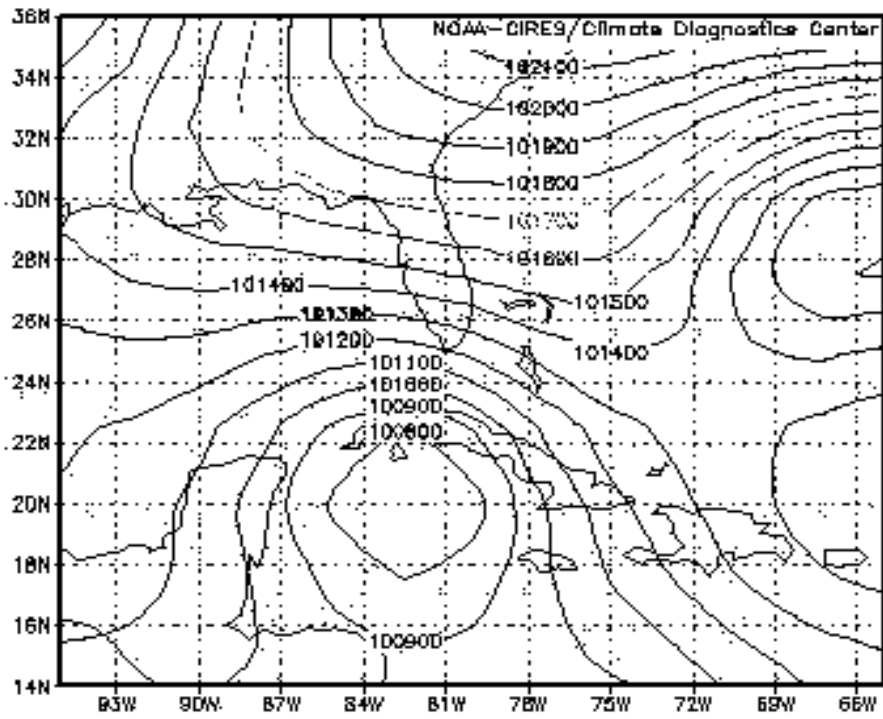


Figura 5 Campo bórico real y campos bórico y eólico pronosticados a 24 horas para el 01/10/02 a las 00 GMT, con carta base del 30/09/02 a las 00 GMT, al paso del huracán Lily (Dominio 2).

Tabla 3 Posiciones estimadas para el huracán Lily utilizando MM5V3

Primera corrida							
Fecha	Hora GMT	Plazo	Latitud Real	Longitud Real	Latitud MM5V3	Longitud MM5V3	Error en km
26 09 02	0	0	14	70	14	70	0
26 09 02	6	6	14.3	70.5	13.85	71.75	147.47
26 09 02	12	12	15	72.1	15.9	72	100.51
26 09 02	18	18	15.2	72.8	16.3	72.4	129.92
27 09 02	0	24	15.5	73.2	16.52	73.6	121.61
27 09 02	6	30	15.9	73.9	17.25	75.1	200.49
27 09 02	12	36	16.1	74.6	18.3	77.1	369.65
27 09 02	18	42	16.7	75	18.75	77.9	394.21
28 09 02	0	48	17.4	75.1	19.1	78.5	421.95
Segunda corrida							
28 09 02	0	0	17.4	75.1	17.4	75.1	0
28 09 02	6	6	17.5	75.5	18.15	76.05	94.51
28 09 02	12	12	18.1	75.5	18.45	75.8	51.17
28 09 02	18	18	18.4	75.6	18.65	75.4	35.54
29 09 02	0	24	18.8	76	19.6	75.7	94.84
29 09 02	6	30	18.9	76.8	19.5	75.7	139.08
29 09 02	12	36	18.7	77.3	19.98	77.5	143.8
29 09 02	18	42	18.7	77.6	21	77.85	256.8
30 09 02	0	48	18.9	78.1	21.15	77.7	253.67
Tercera corrida							
29 09 02	0	0	18.8	76	18.8	76	0
29 09 02	6	6	18.9	76.8	18.43	76.9	53.34
29 09 02	12	12	18.7	77.3	19.73	77.3	114.33
29 09 02	18	18	18.7	77.6	19.85	77.9	131.92
30 09 02	0	24	18.9	78.1	20.7	78.55	205.95
30 09 02	6	30	19.1	78.7	20.83	78.85	192.75
30 09 02	12	36	19.6	79.6	21.78	79.5	242.23
30 09 02	18	42	20	80.2	22.57	80.75	291.73
01 10 02	0	48	20.6	81.2	23.05	81.75	278.72
Cuarta corrida							
30 09 02	0	0	18.9	78.1	18.55	78.68	75.19
30 09 02	6	6	19.1	78.7	18.8	79	47.09
30 09 02	12	12	19.6	79.6	20.25	79.35	77.3
30 09 02	18	18	20	80.2	21.37	81	176.1
01 10 02	0	24	20.6	81.2	21.75	81.75	141.5
01 10 02	6	30	21	82.2	22.55	82.72	181.47
01 10 02	12	36	21.6	83.2	23	84.1	184.74
01 10 02	18	42	22.4	84.4	23.87	84.95	174.22
02 10 02	0	48	23	85.7	24.6	86	180.69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La asimilación de MM5V3 en computadora personal, adaptado para el territorio cubano, permite la predicción del tiempo a escalas regional y local con medios computacionales muy económicos y en un intervalo de tiempo suficientemente corto, con resultados satisfactorios en condiciones alejadas de lo habitual.
- La utilización en las corridas de MM5V3, de dos dominios anidados con resoluciones de 75 y 25 Km respectivamente, permiten apreciar la imagen pronosticada de los campos meteorológicos a escala sinóptica y local. Con ello, se logra una efectiva habilidad de predicción del MM5V3 en el área de interés para el servicio meteorológico cubano, en distintas condiciones del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- **CENCLIM (2001a)** BOLETÍN DE LA VIGILANCIA DEL CLIMA, Vol.13, No. 5, mayo del 2001, CENTRO DEL CLIMA, INSMET/AMA/CITMA, República de Cuba
- **CENCLIM (2001b)** BOLETÍN DE LA VIGILANCIA DEL CLIMA, Vol.13, No. 6, junio del 2001, CENTRO DEL CLIMA, INSMET/AMA/CITMA, República de Cuba
- **CENCLIM (2001c)** BOLETÍN DE LA VIGILANCIA DEL CLIMA, Vol.13, No. 5, julio del 2001, CENTRO DEL CLIMA, INSMET/AMA/CITMA, República de Cuba
- **EGT98.10 (2001)** Estado General del Tiempo. Archivo del Centro de Pronósticos del INSMET. La Habana., Cuba.
- **EGT98.10 (2002)** Estado General del Tiempo. Archivo del Centro de Pronósticos del INSMET. La Habana., Cuba.
- **Fiorino M., T.T. Warner (1981):** Incorporating surface winds and rainfall rates into the initialization of a mesoscale hurricane model. Mon.Wea. Rev. , 109, 1914-1929
- **Mitrani I. (1995):** Short-range forecasting of the tropical cyclone movement trough baroclinic limited-area model. International Workshop Limited-Area and variable resolution models, Beijing, China, 1995, WMO No. 699, 163-167
- **Mitrani I., J.L. Pérez (1999)** "Aplicación de un modelo de alta resolución en la predicción del tiempo sobre territorio cubano, con posibilidad de pronosticar el movimiento de los ciclones tropicales" Boletín SOMETCUBA., Vol. 3, No. 2, Publicación Electrónica: <http://www.met.inf.cu/sometcub/boletin/default.htm>
- **Mitrani I., L.Alvarez, I. Borrajero (2003)** "Aplicación optimizada del MM5V3 sobre el territorio cubano mediante el uso de computadora personal" Rev. Cub. Met., vol. 10, N 1, 3:7
- **NOAA-CIRES (2002) National Oceanic and Atmospheric Administration** Página WEB <http://www.cdc.noaa.gov/>

- **Parrado R., T. T. Keller, T. T. Warner (1998):** Hurricane "Lili" prediction using the MM5 model (an experiment). Conferencia Científica RODRIGUEZ IN MEMORIAM (Memorias), WMO-INSMET-SOMETCUBA, La Habana, 57-70
- **Tutorial Class Notes (1996):** PSU/NCAR Mesoscale Modeling System, Mesoscale and Microscale Meteorology Division; National Center for Atmospheric Research
- **Tutorial Class Notes and User's Guide (2000):** PSU/NCAR Mesoscale Modeling System, MM5 modeling System Version 3. Mesoscale and Microscale Meteorology Division; National Center for Atmospheric Research
- **AGADECIMIENTOS**

Los autores del presente trabajo agradecemos el apoyo económico y científico recibido por parte del PNCT: "El Cambio Global y el Medio Ambiente Cubano " y de los proyectos IAI/PESCA "Aplicación de modelos numéricos de alta resolución en la simulación de la circulación atmosférica a escala local y regional en áreas del Caribe" y "Experimento Climático en las Albercas de Agua Caliente de Las Américas", dentro del PROYECTO CRN-073 "Variabilidad climática y su impacto en regiones de México, América Central y el Caribe y del Proyecto de Colaboración Cubano-Mexicano CITMA-CONACyT 01-2000 "Modelación matemática de nubes convectivas y de su impacto en la evolución de los contaminantes de la atmósfera". Además, queremos agradecer la ayuda técnica del Ing. Gustavo Vázquez, de CCA/UNAM y del M.Sc. Arnoldo Bezanilla, del CFA/INSMET, la valiosa asesoría científica del Dr. Victor Magaña Rueda y del Dr. Ernesto Caetano, de CCA/UNAM análisis de los campos meteorológicos. El modelo MM5V3 fue desarrollado por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica de la Universidad del estado de Pennsylvania (Penn State/NCAR). FAA a través del subsidio AIM-92-20009. Los re-análisis provienen de NOAA-CIRES, de la página WEB <http://www.cdc.noaa.gov/>