

APLICACIÓN OPTIMIZADA DEL MM5V3 SOBRE EL TERRITORIO CUBANO MEDIANTE EL USO DE COMPUTADORA PERSONAL

AUTORES: IDA MITRANI ARENAL
LOURDES ALVAREZ ESCUDERO
ISRAEL BORRAJERO MONTEJO

Centro de física de la atmosfera. Instituto de Meteorología. E-mail: finubes@met.inf.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados experimentales obtenidos de la utilización del MM5V3 en la representación de la circulación atmosférica sobre el territorio cubano y mares circundantes, con información de archivo y actual. El modelo de quinta generación (Fifth-generation Mesoscale Modeling system) en su tercera versión, MM5V3 procedente de Pennsylvania State University/ National Center for Atmospheric Research (Penn State/NCAR), se aplicó en la variante generada para computadora personal, por investigadores del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCA UNAM). Los campos de entrada (geopotencial, temperatura, humedad relativa y las componentes del viento en los niveles de 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 200, 150, y 100 hPa, proceden de la salida del Modelo Global de Aviación (AVN). Se definieron dos dominios anidados, en proyección Lambert, con las coordenadas centrales en 23°N con 80°W sobre el área de estudio. Se realizó una comparación con los resultados obtenidos anteriormente con MM5V2. Los resultados experimentales obtenidos demuestran la efectividad del modelo en la simulación de la circulación atmosférica y en la predicción del tiempo sobre el área de interés, especialmente al paso de eventos significativos, como son los sistemas frontales, las ondas y los ciclones tropicales. A modo de conclusión, se plantea que el modelo asimilado con las combinaciones de parametrizaciones de los procesos diabáticos y los dominios escogidos, puede ser una eficaz herramienta para la predicción del tiempo en la práctica operativa y en la simulación del clima a escala local y regional sobre el área de interés para el Servicio Meteorológico Nacional.

1. INTRODUCCION

En el presente texto se exponen las características de una adaptación optimizada al territorio cubano, del 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). El trabajo experimental se realizó en los medios de cómputo del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Autónoma de México (CCA/ UNAM) y del Centro de Física de Atmósfera del Instituto de Meteorología de la Habana (CFA/INSMET).

El objetivo de este trabajo, consistió en lograr una variante de MM5V3 que refleje la circulación atmosférica en el área de interés del servicio meteorológico cubano a escala regional y local con buena calidad y en un intervalo de tiempo lo suficientemente corto para poder utilizar sus resultados en la práctica operativa, teniendo en cuenta que como recurso de cómputo, en el INSMET solo se dispone de computadoras personales. Para lograr este objetivo, fue necesario seleccionar los dominios y la combinación de parametrizaciones de los procesos diabáticos más adecuados.

Como se verá a continuación, los resultados son alentadores, demostrándose la utilidad de este modelo en la predicción del tiempo y posibles estudios climáticos a escala local y regional.

2. METEODOLOGÍA DE TRABAJO E INFORMACIÓN UTILIZADA

Los primeros trabajos con el Modelo de Mesoescala de la Universidad de Pennsylvania se remontan a la década de los 70, presentando como tarea fundamental el estudio de dispersión de contaminantes entre otros fenómenos a mesoescala (Anthes and Warner 1978). Posteriormente, el modelo se fue mejorando y ampliando sus posibilidades en tareas de predicción (Anthes et al., 1987). Ya en los 90, aparece en su variante de Modelo de Mesoescala de Quinta Generación (MM5) con posibilidades más universales. En esta, su primera versión (MM5V1), sólo funcionaba en supercomputadoras del tipo CRAY YMP (Grell et al. 1994). Más tarde, al aparecer la segunda versión (MM5V2), se pudo adecuar sus códigos para una estación de trabajo sobre plataforma UNIX (Tutorial Class Notes, 1996). En estos años, el uso de este modelo se universaliza, dada la calidad de sus resultados en predicción y simulaciones de la circulación

atmosférica a escala local y regional. En octubre de 1996, en una reunión científica internacional convocada por IAI en San Miguel de Allende, México, el Dr. T Warner propone se utilice MM5 a escala regional y local por los especialistas de Latinoamérica. En junio de 1998, investigadores de CCA/UNAM generaron una variante del MM5V2 para computadora personal (Pérez y Magaña 1998). Esta opción es muy conveniente, por las posibilidades que ofrece a los potenciales usuarios que disponen solo de una infraestructura de cómputo basada en computadoras personales. El MM5V2, que está diseñado en lenguaje FORTRAN, fue instalado en una PC Pentium II a 300 MHz con 64 Mb en RAM y el sistema operativo LINUX, para simular la circulación atmosférica sobre el territorio mexicano y parte del Golfo de México y del Caribe. Posteriormente, se adaptó a las condiciones del territorio cubano como fruto de la colaboración de especialistas de ambos países.

Actualmente, se utilizan versiones de LINUX y FORTRAN más eficaces para medios de cómputo más poderosos. Existe además la nueva actualización del modelo, el MM5V3, acorde con los avances de la técnica presente. Por todas estas razones y otra vez en colaboración con los especialistas de CCA/UNAM, en marzo del 2002 se adaptó el MM5V3 a las condiciones del territorio cubano.

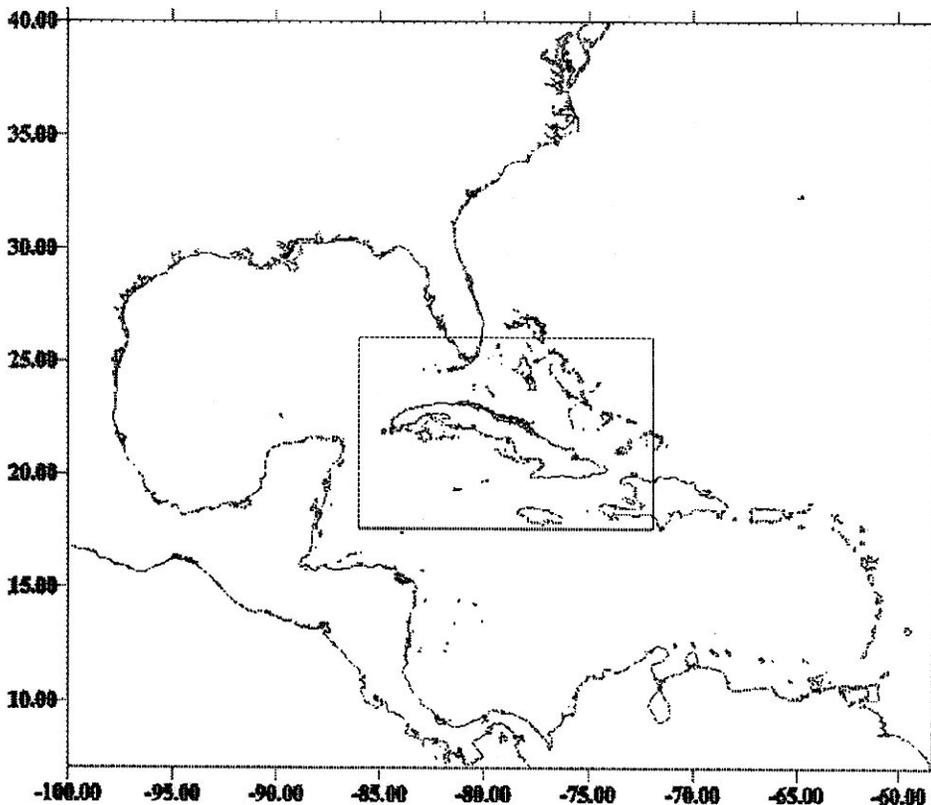
El MM5V3 se corre en el presente en CFA/INSMET sobre soporte LINUX Red. Hat 7.2, en una computadora personal Pentium III a 856 Mhz con 128 Mb en RAM. Para llevar a cabo una corrida en tiempo presente, se alimenta con las salidas cada seis horas del Modelo Global de Aviación (AVN), correspondiendo a los 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 hPa. Además, con este algoritmo de MM5V3 se presenta la posibilidad de asimilar datos de las estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio. Esto permite enriquecer la matriz de entrada en el paso inicial; en el presente trabajo se utilizaron los datos de archivo del INSMET.

A diferencia del MM5V2, donde para el campo de temperatura de la superficie marina se to-

maban las medias semanales disponibles en la página web de la NOAA (Reynolds, R., and T. Smith, 1994), en los experimentos realizados con MM5V3 se simuló la temperatura del mar a partir de la temperatura del aire en el momento inicial, manteniéndose constante durante todo el plazo de pronóstico.

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 (Vega et al. 1990). El dominio exterior presenta una malla de 30 X42, 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 adyacentes.

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



3. TRABAJO EXPERIMENTAL

Los primeros experimentos numéricos se realizaron en CCA/UNAM con la versión MM5V2 durante los meses de septiembre a noviembre de 1998. Se realizaron pronósticos del estado del tiempo para 48 horas sobre la región de estudio, incluyendo la posición estimada de los huracanes «Georges» y «Mitch», que afectaron al área caribeña durante el período de trabajo. La efectividad de la predicción se comprobó mediante la comparación de los resultados con las sinopsis del estado del tiempo, elaboradas por el Departamento de Meteorología Sinóptica del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET); además se utilizó como información complementaria la procedente de la página web del National Hurricane Center. Los resultados principales de este trabajo fueron descritos por Mitrani y Pérez (1999). En esa ocasión, se probaron distintas combinaciones de esquemas de parametrización de los procesos diabáticos, con el fin de seleccionar la más conveniente, tomando en cuenta la resolución de las mallas utilizadas según se recomienda en el manual (Tutorial Class Notes, 1996). 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 de 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.

Para la convección profunda y la interacción con la superficie subyacente, se aplicaron parametrizaciones de alta complejidad, mientras que en el caso de la transferencia radiativa se escogió un esquema muy sencillo. La razón es que una parametrización compleja de la transferencia radiativa consume mucho tiempo de máquina, y sin embargo, para plazos cortos, de menos de 48 horas, en las ecuaciones de los modelos a escala sinóptica los términos de radiación son menos significa-

tivos que el resto de los términos diabáticos, encargados de la redistribución de la energía solar (convectivos, turbulentos y cambio de fase), los cuales son mayores que los radiativos al menos en dos órdenes de magnitud. (Mitrani, 1995).

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. 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).

a) Habilidad para el pronóstico habitual del estado del tiempo

Durante la puesta a punto de MM5V3 para el territorio cubano en CCA/UNAM, se realizaron corridas en tiempo real para la primera quincena del mes de abril del 2002. Las situaciones sinópticas mostradas por el modelo coinciden en alto grado con la descripción de la situación real que apareció en los Pronósticos Especializados emitidos por el Departamento de Pronósticos del Tiempo del INSMET. En las Figuras 2 (a, b) se presentan las imágenes de pronóstico del campo bórico y eólico (este último en forma de vectores) para plazos de 24 y 48 horas de los días 4 y 5 de abril del 2002, partiendo del 3 de abril del 2002 a las 12:00 GMT. Obsérvese en el pronóstico para 24 horas como la configuración de los campos indican la presencia de un frente frío cuasi - estacionario sobre el Noroeste del Golfo de México y Norte de La Florida; predominan sobre Cuba las altas presiones por influencia del anticiclón del Atlántico, con débiles vientos del Este (velocidades menores de 4 m/s). Sobre las provincias orientales, los vectores del viento indican la presencia de una onda corta, orientada de norte a sur. En el pronóstico para 48 horas, correspondiente al 5 de abril a las 12:00 GMT, se aprecia sobre Cuba cómo se ha ido extendiendo la influencia de altas presiones continentales; los vientos son débiles (velocidades menores de 5 m/s) de región Norte; en la mayor parte del territorio son del cuarto cuadrante, desplazando a los vientos del primer cuadrante por la influencia de las altas presiones oceánicas, que aún se observan sobre las provincias orientales. En el Golfo de México, aún se nota la presencia del frente frío cuasi - estacionario y en estado de disipación. Sobre el extremo oriental del país y el Atlántico se observa mejor estructurada la onda orientada de norte a sur. Esta situación se corresponde en alto grado con lo analizado y descrito por los especialistas del Centro de Pronósticos de INSMET (EGT02.04, 2002).

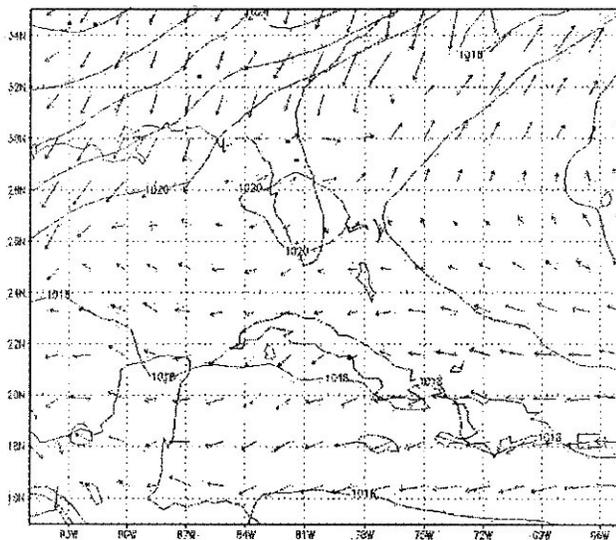


Figura 2a. Campo bórico y eólico pronosticados a 24 horas de plazo para el 04/04/2002 a las 12GMT, partiendo del 03/04/2002 a las 12GMT

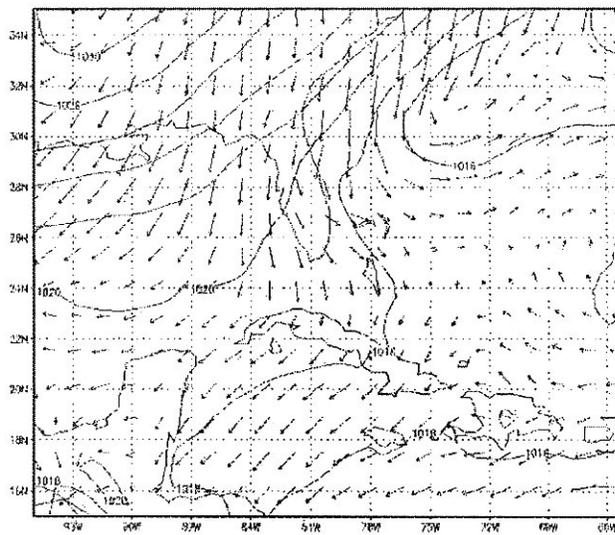


Figura 2b. Campo bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 05/04/2002 a las 12GMT, partiendo del 03/04/2002 a las 12GMT

b) 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. El objetivo principal de la expedición consistió en estudiar las particularidades de la interacción océano-atmósfera durante el período y su posible enlace con el régimen de sequía y lluvia en la región. 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 el mes de 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 cuasi-estacionaria de los niveles medios en el Sudeste del Golfo (CENCLIM, 2001b). El Centro Nacional del Clima pronosticó que en el mes de julio se amortiguarían las condiciones meteorológicas de sequía, produciéndose precipitaciones cercanas a la norma para este mes, excepto en la región oriental, en que serían menores. En la realidad, 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, favoreció 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» 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). Se conoce como evento «Sur» en Cuba 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).

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 3(a,b,d,e) se muestran los dominios exterior e interior (1 y 2 respectivamente) de los pronósticos de campo bórico y eólico a 24 y a 48 horas para los días 11/07/2001 y 12/07/2001 a las 00 GMT, con base del 10 de julio a las 00 GMT, donde se distinguen la presencia de un frente frío 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 las Figuras 3(c,f) el pronóstico de lluvia caída en 24 horas sobre

parte de Camaguey y Ciego de Avila , donde se registró una tormenta local severa (EGT01.07, 2001)

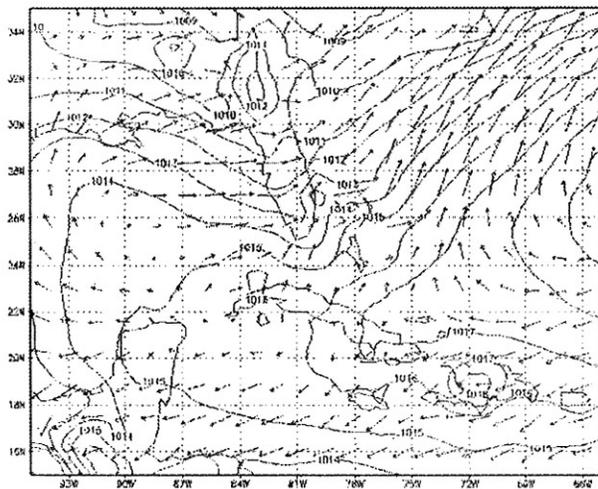


Figura 3a. Campo bórico y eólico pronosticados a 24 horas de plazo para el 11/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 10/07/2001 a las 00GMT, sobre los mares Interamericanos.

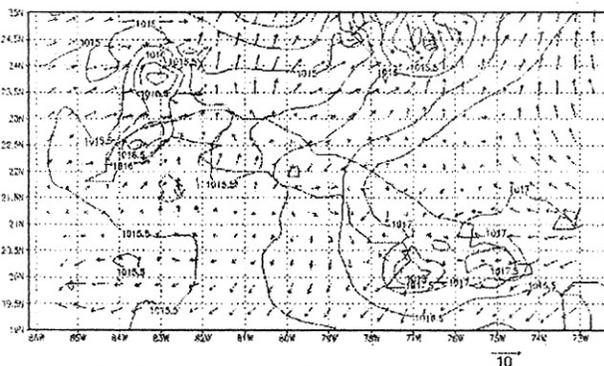


Figura 3b. Campo bórico y eólico pronosticados a 24 horas de plazo para el 11/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 10/07/2001 a las 00GMT sobre el territorio cubano.

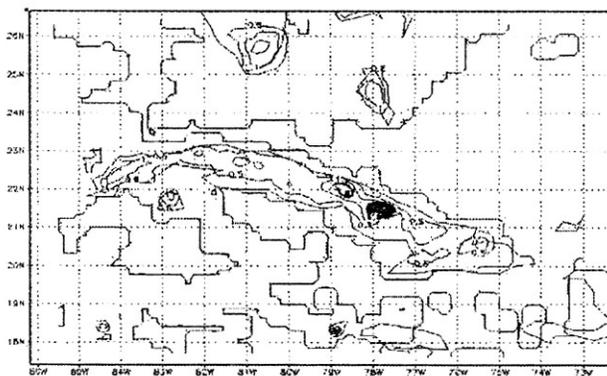


Figura 3c. Lluvia caída en 24 horas, pronosticada a 24 horas de plazo para el 11/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 10/07/2001 a las 00GMT

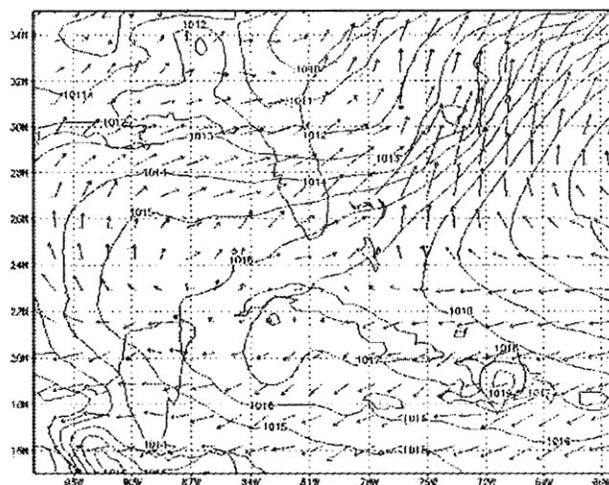


Figura 3d. Campo bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 12/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 10/07/2001 a las 00GMT

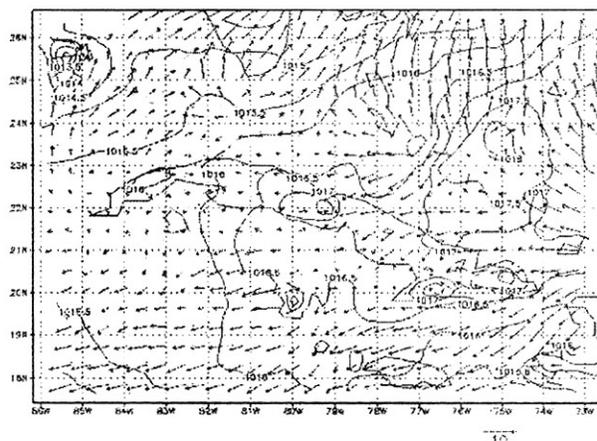


Figura 3e. Campo bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 12/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 10/07/2001 a las 00GMT sobre el territorio cubano.

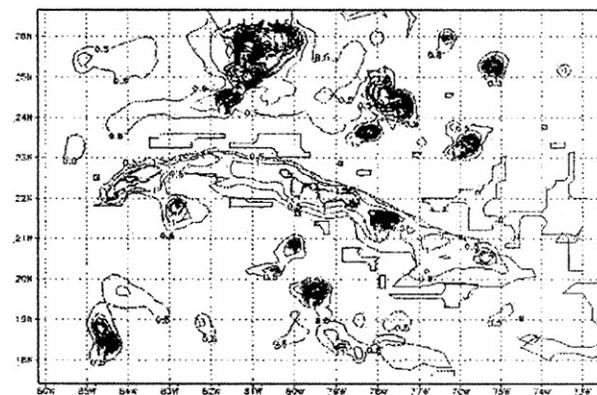


Figura 3f. Lluvia caída en 24 horas, pronosticada a 48 horas de plazo para el 12/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 10/07/2001 a las 00GMT

En las Figuras 4(a,b) se muestran los dominios exteriores de los pronósticos de campo bórico y eólico a 24 y a 48 horas para los días 22/07/2001 y 23/07/2001 a las 00 GMT, con base del 21/07/01 a las 00 GMT. En el pronóstico a 24 horas, se observa la presencia de un frente frío sobre el Norte del Golfo de México asociado a una baja que se extiende sobre la Florida y mares adyacentes, lo cual determina vientos del cuarto cuadrante en el extremo occidental, mientras que la influencia de una onda tropical se manifiesta en el Caribe, alcanzando La Española y las provincias orientales. El estado del tiempo sobre Cuba principalmente estaba asociado a la débil influencia de las altas presiones oceánicas; por eso predominan vientos débiles del primer cuadrante. En el pronóstico a 48 hora se observa el sistema frontal que se desplazó hacia el Nordeste; los vientos de región Sur afectan a la mitad occidental del territorio cubano, mientras que la mitad oriental continúa bajo la influencia de las altas presiones oceánicas, con débiles vientos del primer cuadrante. Obsérvese en la Figura 4(c) el dominio interior con el pronóstico para 48 horas de plazo (23/07/2001 a las 00 GMT), el evento «Sur» a escala local, afectando a la mitad occidental, mientras en el resto el campo de viento indica circulación de brisas.

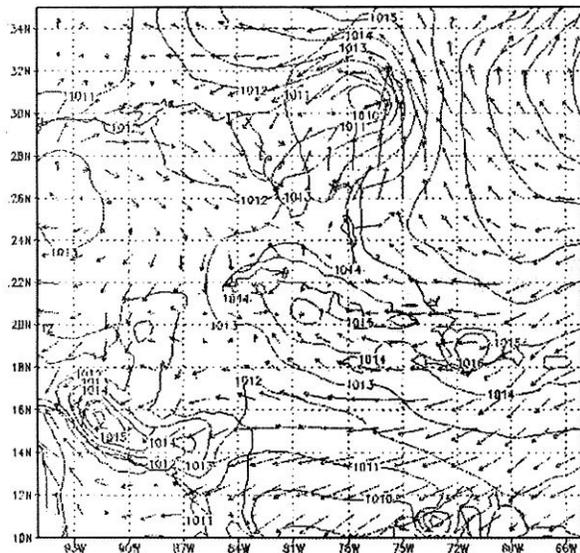


Figura 4a. Campo bórico y eólico pronosticados a 24 horas de plazo para el 22/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 21/07/2001 a las 00GMT

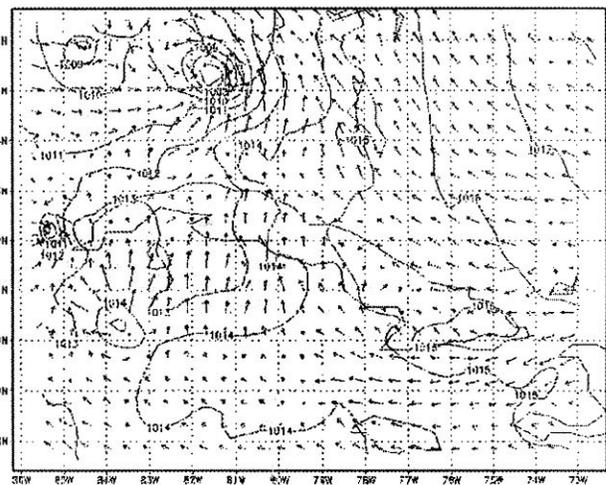


Figura 4b. Campo bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 23/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 21/07/2001 a las 00GMT

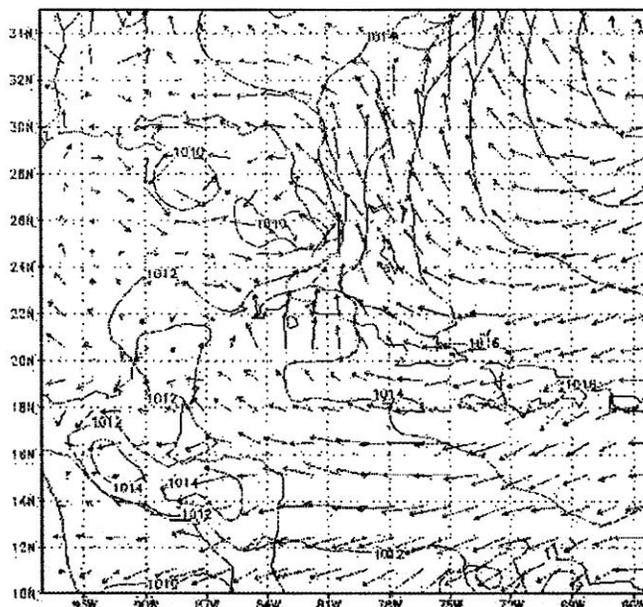


Figura 4c. Campo bórico y eólico pronosticados a 48 horas de plazo para el 23/07/2001 a las 00GMT, partiendo del 21/07/2001 a las 00GMT, sobre el territorio cubano.

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

Al paso de un Ciclón Tropical (CT), el pronóstico del estado del tiempo sobre Cuba depende mucho del grado de acierto del pronóstico de trayectoria e intensidad del ciclón tropical.

Distintas versiones del modelo de mesoescala de Penn State/NCAR han sido utilizadas para la simulación de ciclones tropicales, con énfasis en los pronósticos de lluvia (Fiorino and Warner1981; Kasahara et al. 1996). Por la parte cubana, la primera experiencia en un pronóstico de trayectoria correspondió a Pérez Parrado et al. (1998), en colaboración con especialistas de NCAR para el caso del CT «Lili» y posteriormente a Mitrani y Pérez. (1999) en colaboración con especialistas de CCA/UNAM, para los huacanes «Geoges» y «Mitch».

En las versiones de MM5V2 y MM5V3 disponibles en la UNAM y asimiladas para uso del INSMET por los autores del presente texto, 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, que pudieran amortiguar el margen de error del modelo global que lo alimenta. No obstante, aún en estas condiciones los experimentos de predicción de trayectorias de CT en los mares Interamericanos hechos por Mitrani y Pérez(1999) muestran resultados aceptables. Para ello, se realizaron estimaciones 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. Con el fin de comprobar la habilidad de MM5V3 y comparar con MM5V2 su efectividad en esta tarea, se realizaron corridas para el huracán «Mitch» con esta tercera versión del modelo. 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

En la Tabla 2 aparecen las posiciones estimadas con MM5V2 y MM5V3 para los días en que el CT «Mitch» entró en el Golfo de Honduras y se mantuvo cuasi - estacionario hasta posteriormente perder en latitud. Tomando en cuenta los criterios de validación dados en el INSMET, las posiciones estimadas se pueden evaluar como satisfactorias en ambas versiones. Durante las primeras 24 horas, las estimaciones fueron excelentes por MM5V2, mientras que para las segundas 24 horas son satisfactorias, reflejándose en alguna medida la posición cuasi - estacionaria, aunque no se aprecia el movimiento hacia el sur. Sin embargo, obsérvese que la versión MM5V3 muestra errores mucho menores en plazos mayores de 24 horas, mostrando la posición cuasi - estacionaria que tomó el huracán y la disminución en latitud. Comparando con la tabla de errores admisibles, es posible apreciar que para plazos mayores de 24 horas los resultados del pronóstico son excelentes.

Fecha y Plazo	Hora [GMT]	Latitud MM5V2	Longitud MM5V2	LatitudM M5V3	Longitud MM5V3	Latitud Real	Longitud Real	Error [Km] MM5V2	Error [Km] MM5V3
26/10/98:00	00	16.4	81.3	16.40	81.30	16.4	81.3	-	-
	06	16.7	81.5	16.72	81.80	16.3	82.0	71	52
	12	16.8	82.0	17.17	82.10	16.7	82.6	67	76
	18	17.3	83.2	17.80	82.48	17.0	83.2	33	119
27/10/98:04	00	17.5	83.5	18.65	82.75	17.3	83.8	40	190
	06	17.8	83.7	18.47	84.60	17.4	84.5	99	119
	36	18.2	83.9	18.10	85.03	17.3	84.7	133	96
	42	18.5	84.0	18.10	85.15	16.9	85.4	235	136
28/10/98:08	00	18.8	84.0	18.18	84.80	16.6	85.6	301	197

Tabla 2. Posiciones estimadas del CT «Mitch» para 48 horas, utilizando el MM5.

Como ejemplo de salidas de MM5V3 para este período de corrida, en la Figuras 5a se muestran los pronósticos de los campos bórico y eólico a 48 horas de plazo para el día 28/10/98 a las 00 GMT, mientras que en la Figura 5 b se muestra la posición estimada en el gráfico que representan los campos de flujo a escala local.

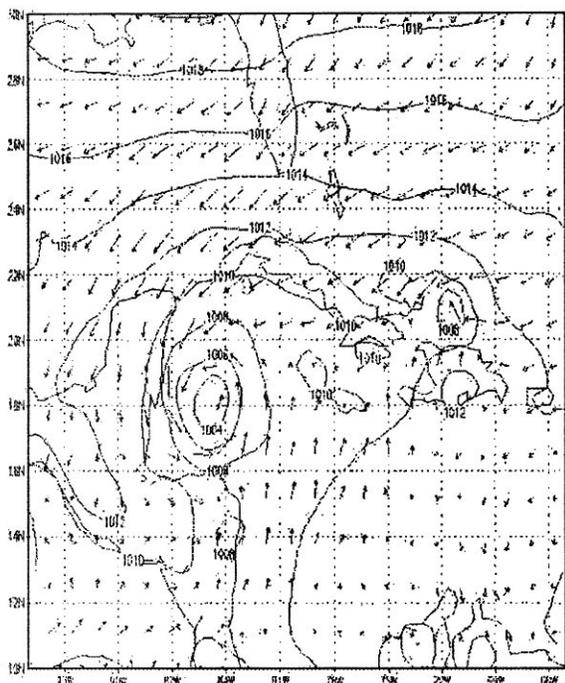


Figura 5 a. Campos bórico y eólico pronosticados a 48 hos para el 28/10/98 a las 00GMT, al paso del huracán MITCH

Las posiciones estimadas que se reflejan en la Tabla 3 para MM5V2 en las primeras 24 horas son buenas, pero en la segunda mitad del plazo los resultados son francamente malos. Sin embargo, los resultados con MM5V3 son mucho mejores y de nivel satisfactorio, sobre todo en las segundas 24 horas. Téngase en cuenta

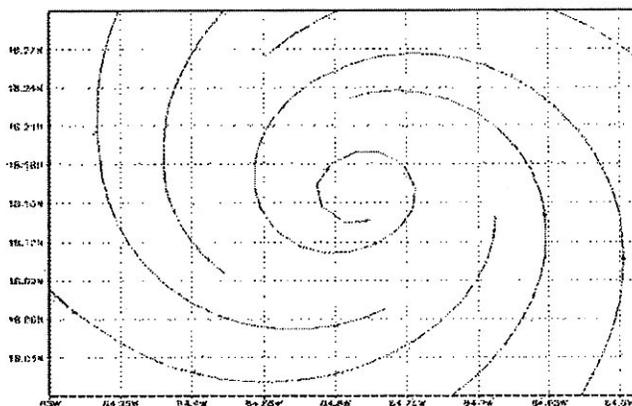


Figura 5 b Posición estimada del centro del huracán MITCH del pronóstico a 48 horas para el 28/10/98 a las 00GMT.

que en esta etapa de su vida, el huracán «Mitch» tuvo un comportamiento muy atípico, difícil de predecir por los modelos numéricos actuales. También está presente la habilidad del modelo AVN. Como dato de interés se puede señalar que el pronóstico del National Hurricane Center (NHC) en esta etapa presentó el error de 529 Km en 48 horas, específicamente para las 12:00 GMT del 31/10, tomando como carta base las 12:00 GMT del 28/10, a pesar de utilizar modelos especialmente elaborados para la predicción del movimiento e intensidad de los CT¹.

(Footnotes)

¹ La información acerca del pronóstico de trayectoria del huracán «Mitch» emitida por el NHC, estuvo disponible para el público en INTERNET, en la página web del NHC

Fecha y Plazo	Hora [GMT]	Latitud MM5V2	Longitud MM5V2	Latitud MM5V3	Longitud MM5V3	Latitud Real	Longitud Real	Error [Km] MM5V2	Error [Km] MM5V3
29/10/98/00	00	16.3	86.0	-	-	16.3	86.0	-	-
	06	16.3	86.5	16.3	86	16.0	85.9	74	95
	12	16.1	87.0	16.5	86.6	16.0	85.7	144	133
	18	16.2	87.5	16.05	86.9	15.9	85.6	190	183
30/10/98/24	00	16.3	87.5	15.97	87.25	15.5	85.8	230	196
	06	17.0	87.8	16.43	87.3	15.4	85.7	268	270
	12	17.4	88.5	17.37	87.13	15.5	86.0	348	252
	18	17.4	88.8	17.2	87.5	15.3	86.5	371	282
31/10/98/48	00	17.5	89.0	17.35	88	14.5	87.0	400	334

Como ejemplo de salidas de MM5V3 para este período de corrida, en la Figuras 6a se muestran los pronósticos de los campos bórico y eólico a 48 horas de plazo para el día 31/10/98 a las 00 GMT, mientras que en la Figura 6b se muestra la posición estimada mediante el gráfico que representa los campos de flujo a escala local.

Figura 6 a. Campos bórico y eólico pronosticados a 48 horas para el 31/10/98 a las 00GMT, al paso del huracán MITCH

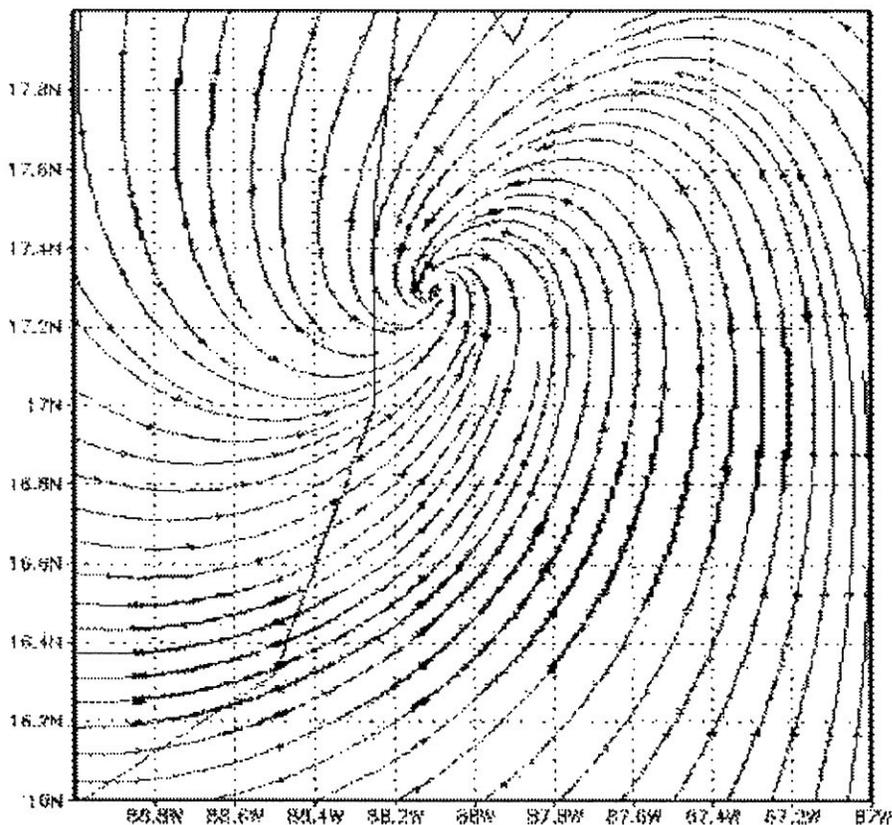
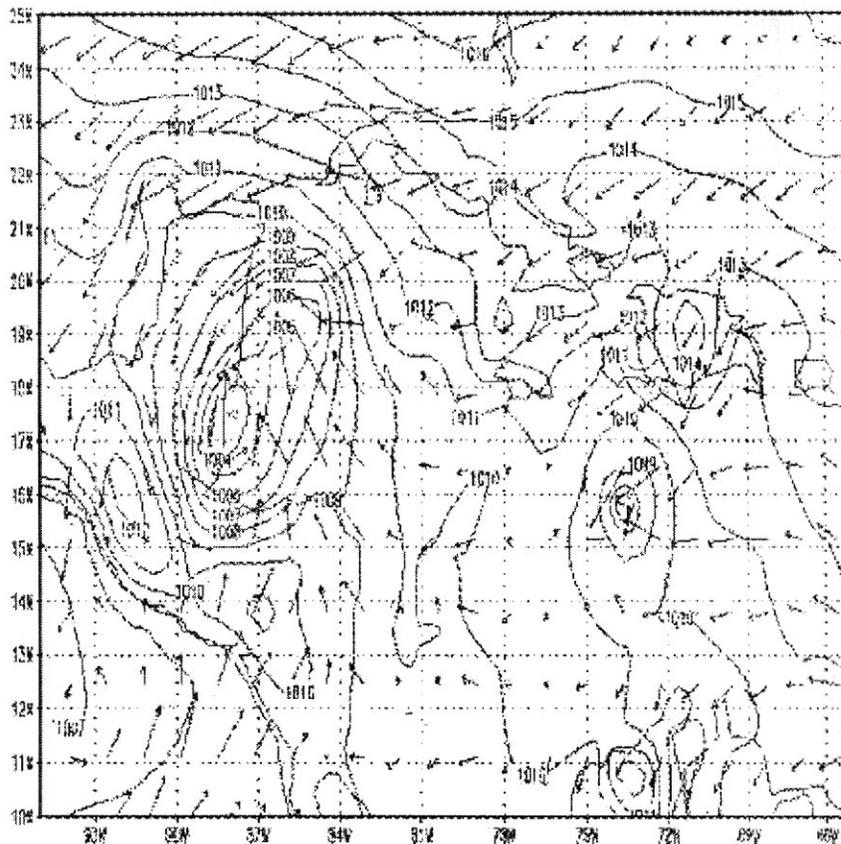


Figura 6 b. Posición estimada del centro del huracán MITCH del pronóstico a 48 horas para el 31/10/98 a las 00GMT.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tercera versión de MM5 (MM5V3), habilitada para computadora personal y optimizada para el territorio cubano en lo referente a la resolución espacio - temporal y a la combinación de parametrizaciones de los procesos diabáticos más adecuados, ha permitido hacer corridas en tiempo presente y con datos históricos sobre el área de interés del servicio meteorológico nacional con resultados alentadores, abriendo la posibilidad de realizar simulaciones climatológicas o estudios de casos históricos a escalas regional y local con una herramienta efectiva y en un intervalo de tiempo suficientemente corto.

La utilización de los dominios anidados, el exterior a escala de los mares Interamericanos y el exterior a escala del territorio cubano con resoluciones de 75 y 25 Km respectivamente, permiten apreciar la imagen pronosticada de los campos meteorológicos a escala sinóptica y territorial. Con ello, se logra demostrar la habilidad de predicción del MM5V3 en el área de interés para el servicio meteorológico cubano, en condiciones del tiempo no perturbadas, y en presencia de eventos peligrosos para el país, tanto de escala sinóptica como a escala local, incluso en periodos de comportamiento anómalo, como fue el mes de julio del 2001.

Se presenta la posibilidad de utilizar las salidas de MM5 para estimar la posición de los ciclones tropicales sobre los mares Interamericanos, aun cuando en la actualidad las versiones del modelo disponibles para los autores del presente texto no tienen prevista la tarea de predicción del movimiento de estos organismos. La resolución utilizada en el período experimental, permite reflejar con buena aproximación los campos meteorológicos al paso de estos eventos, siendo de mayor calidad los resultados alcanzados con MM5V3.

Se recomienda:

- a) La utilización de métodos de localización de ciclones tropicales, para mejorar la calidad de las posiciones estimadas
- b) Utilizar las salidas de MM5 como entrada en modelos de pronósticos marinos tanto para fines operativos como experimentales, con énfasis en las alteraciones del nivel del mar por oleaje, marea de huracán y arrastre del viento.
- c) Utilizar las salidas de MM5 como entrada en modelos a escala local para fines experimentales, con el fin de estudiar en detalle la evolución de nubes convectivas y tormentas locales severas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecemos el apoyo económico y científico recibido por parte de los proyectos «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» donde por la parte cubana es Investigadora Principal la Dra. Ida Mitrani Arenal dentro del PROYECTO CRN-073 «Variabilidad climática y su impacto en regiones de México, América Central y el Caribe» en el cual obra como Investigador Principal el Dr. Víctor Magaña Rueda, especialista de CCA/UNAM, Mexico DF. Además, queremos agradecer la ayuda técnica del Ing. Gustavo Vázquez, de CCA/UNAM

BIBLIOGRAFIA

Anthes R. A. and T.T. Warner (1978): Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies. *Mon.Wea. Rev.*, 106, 1045-1078

Anthes R. A. , E. Y. Hsieh and Y. H. Kuo (1987): Description of the Penn State/NCAR Mesoscale Model Version 4 (MM4) NCAR/TN -282+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder , CO, 66 pág.

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 (1998) Estado General del Tiempo. Archivo del Centro de Pronósticos del INSMET. La Habana., 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

Grell A. G., J. Dudhia, D. R. Stauffer (1994) A description of the Fifth- Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5) NCAR/TN -398+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder , CO, 121 pág.

Kasahara A., J. Tsuitsui and H. Hirakuchi (1996): Inversion Method of Three Cumulus Parameterizations for Diabatic Initialization of a Tropical Cyclone Model. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 2304-2321

Mitrani I. (1995): Short-range forecasting of the tropical cyclone movement through 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>

Perez J. L. y V. Magaña (1998): Modelación Numérica de Mesoescala en una computadora Personal. Memorias del VIII Congreso de la Organización Mexicana de Meteorólogos, A. C. (OMMAC), 229-232.

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

Reynolds, R., and T. Smith, 1994: Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation. *J. Climate*, 7, 929-948.

Rodríguez M., M Ballester. (1991) «Cronología de los Sures que han afectado a la mitad occidental de Cuba (Provincias de Pinar del Río, La Habana, Matanzas e Isla de la Juventud) desde la temporada invernal de 1916 1917 hasta la temporada 1990 1991» [inédito] Reporte de Investigación, Biblioteca del INSMET, La Habana

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

Vega R., M. E. Sardiñas, M. E. Nieves, A. Centella (1990): «Análisis estadístico climatológico del régimen de la velocidad máxima del viento en Cuba» [inédito] Informe Final de Resultado Científico, Biblioteca del INSMET, La Habana

ABSTRACT

Some experimental results, obtained from the MM5V3 application on weather prediction and simulation of the atmospheric circulation over Cuban territory are presented. File and current meteorological information was used. The third version of the Fifth-generation Mesoscale Modeling system (MM5V3), from Pennsylvania State University / National Center for Atmospheric Research (Penn State/NCAR) was applied, using the personal computer variant that was generated by investigators from the Center of Atmospheric Sciences of the Autonomous National University of Mexico (CCA/UNAM). The AVN global model provides the initial fields (geopotential, temperature, relative humidity and wind components in the levels of 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 200, 150, and 100 hPa). Two nested domains in Lambert projection, with central coordinates in 23°N with 80°W, were defined over the study area. A comparison with MM5V2 results for hurricane cases was made. The obtained experimental results demonstrated the model effectiveness over the region, especially in presence of significant events, like front systems, tropical waves and hurricanes. As a conclusion, it has been stated that the assimilated model can be used as a very useful tool for weather prediction and climate simulation on local and regional scale by the National Meteorological Service.

Palabras Clave

Modelo numérico, área limitada, alta resolución, mesoescala.