



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
INSTITUTO DE GEOFISICA  
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA

## **PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL TIEMPO PARA EL VALLE DE MÉXICO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**(FÍSICA DE LA ATMÓSFERA)**  
P R E S E N T A

**Joel Bernardo Pérez Fernández**

Director de tesis:  
Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda

**México, D.F.**

**2004**

## **Indice de tablas y figuras**

### **-Tablas**

#### **Capítulo III**

*Tabla 1 Número de eventos de precipitación extrema en 5 estaciones sobre le Distrito Federal*

### **-Figuras**

#### **Capítulo I**

*Fig. 1 Número de desastres en el mundo asociados a fenómenos naturales durante el periodo 1991-2000. (OMM, 2002).*

*Fig. 2 Escala espacio-temporal de fenómenos meteorológicos.*

*Fig. 3 Posición geográfica del Valle de México y principales accidentes orográficos. 1. S. de la Cruces, 2. S. Chichinautzin, 3. S. del Ajusco, 4. S. De Guadalupe, 5. Valle de Toluca, 6. Volcán Popocatépetl y 7. Volcán Iztaccíhuatl*

*Fig. 4 Temperatura media anual en la Cuenca de México. Periodo: 1941-1995. (Tomada de Jáuregui, 2000)*

*Fig. 5 Precipitación media anual en la Cuenca de México. Periodo: 1941-1995. (Tomada de Jáuregui, 2000)*

*Fig. 6 Frecuencia decadal de la precipitación máxima en 24 horas mayor a 30 mm. en la estación Tacubaya. Periodo: 1900-97. (tomada de Jáuregui, 2000)*

*Fig. 7 Distribución Gamma para lluvia acumulada en 24 hrs. La región sombreada corresponde al 10 % de probabilidad y denota un evento de lluvia extrema.*

*Fig. 8 Calidad del pronóstico del campo de geopotencial al nivel de 500 milibares a 36 horas como función del tiempo para Estados Unidos. (tomado de Bushby, 1986)*

#### **Capítulo II**

*Fig. 9 Distribución de las estaciones pluviométricas de la DGCOH.*

*Fig. 10 Distribución de las estaciones meteorológicas de la RAMA en el Distrito Federal y sus alrededores.*

*Fig. 11 Esquema del modelo de mesoescala MM5.*

*Fig. 12 Malla Arakawa tipo-B.*

*Fig. 13a Uso de suelo utilizado en el MM5 en la versión 2 (arriba) y versión 3 (abajo).*

Fig. 13b Topografía utilizada en el MM5 versión 2 (arriba) y versión 3 (abajo).

Fig. 14 Dominio a) madre y b) anidado en puntos de malla con resolución de 24 y 8 km utilizados en el MM5.

Fig. 15. Comparación del patrón del viento para el día 29 de julio de 2002, a) sin asimilar y b) asimilar en la condición inicial (6 TL). Los vectores gruesos corresponden a observaciones de la RAMA.

Fig. 16 Esquema de análisis objetivo tipo Cressman. Los puntos representan el arreglo en malla, mientras que las cruces son los datos observados distribuidos aleatoriamente.

Fig. 17. Estaciones meteorológicas de la DGCOH. Los círculos corresponden a la estación 3-Lindavista, 22-La Venta, 27-Xotepingo, 31-Santa Catarina y 39-Caseta Forestal, utilizadas para las comparaciones puntuales.

### **Capítulo III**

Fig. 18 Climatología de la precipitación en a) mayo, b) junio, c) julio, d) agosto, e) septiembre y f) octubre en la Cuenca de México con datos de la DGCOH. Periodo (1993-2002).

Fig. 19 EOF de precipitación observado (arriba) y simulado (abajo) de mayo a octubre. Periodo 2000-02.

Fig. 20 Coeficientes de precipitación observado (arriba) y simulado (abajo) de mayo a octubre. Periodo 2000-02.

Fig. 21 Patrón compuesto del viento a 700 mb. con las fechas en las que el coeficiente 1 es el dominante.

Fig. 22 Distribución media diaria de precipitación observado y hora de ocurrencia para la estación Caseta Forestal (izq.), Xotepingo (centro) y Santa Catarina (der.) en el periodo 2000-02.

Fig. 23 Climatología de la cantidad promedio (mm) de precipitación horaria en el periodo mayo-octubre en la Cuenca de México con datos de la DGCOH. Periodo (1993-2002).

Fig. 24 Valores de precipitación que determinan un evento extremo (Tomada de Magaña et. al, 2001).

### **Capítulo IV**

Fig. 25 Comportamiento de la temperatura el 10 y 11 de julio del 2001 en las estaciones Tacuba, Merced y Tlalpan.

Fig. 26 Diferencias de temperaturas debido a diferencias de altura (izq.) y diferencias de altura (der.) en los datos de topografía utilizados en el modelo de mesoescala MM5.

Fig. 27 Representación del uso de suelo en el Distrito Federal utilizado por el MM5 v2. la zona coloreada de blanco (13) corresponde a terreno agrícola o para cultivos.

Fig. 28 Series de tiempo de simulaciones a 24 horas y valores observados de a) temperatura mínima, y b) temperatura máxima en el 2000, 2001 y 2002 en la estación Tacuba.

Fig. 29 rmse de las predicciones a 24 horas entre mayo y octubre respecto a lo observado de temperatura mínima (arriba) y temperatura máxima (abajo), y considerando la asimilación de datos de superficie (gráficos de la derecha).

Fig. 30 Errores promedio mensuales de simulaciones a 24 horas de precipitación acumulada. Periodo: 2000-2002.

Fig. 31 rmse promedio de las simulaciones de lluvia acumulada a 24 hrs. de mayo a octubre de 2000- 2001 y 2002.

Fig. 32 Porcentaje de mejora respecto al rmse de 2002 en comparación con el obtenido en 2000-2001 .

Fig. 33 Comparación de la lluvia acumulada en mayo (arriba) y julio (abajo) de 2001 en la estación 27 (Cd. Universitaria) de la DGCOH. Los datos negativos indican la inexistencia de simulación u observación.

Fig. 34 Confianza (%) en las simulaciones de lluvia acumulada a 24 hrs. Periodo: mayo-octubre de 2000-2002 .

Fig. 35 Eventos de lluvia intensa observado (izquierda) y simulados (derecha) en el Distrito Federal para a) el 27 de junio y b) el 10 de septiembre de 2002.

Fig. 36 Comparación entre lo observado y lo simulado de lluvia acumulada a 24 hrs. en septiembre. La figura a) corresponde al 2001 y b) al 2002 que considera la asimilación de datos.

Fig. 37 Simulaciones horaria del viento en superficie, en puntos donde se encuentran estaciones de la RAMA para el 5 de septiembre de 2002.

Fig. 38 Comparación entre las predicciones a 24 horas de precipitación acumulada y lo observado en julio de 2000 en las estaciones 3 (a) y 39 (b) (en el sur y norte de la Ciudad, respectivamente) de la DGCOH.

Fig. 39 rmse de precipitación acumulada a 24 hrs. a 8, 15 y 20 km respecto a lo observado en junio-agosto de 2000.

## -INDICE-

Agradecimientos  
Lista de tablas y figuras

### **Introducción**

Objetivo del estudio 2

### **Capítulo I**

Eventos hidrometeorológicos extremos en la Cuenca de México

1.1- ¿Qué es un desastre? 4  
1.2- El clima en la Cuenca de México 7  
    1.2.1- Eventos de lluvia intensa 10  
1.3- Los modelos numéricos en la Meteorología 12  
    1.3.1- Algunas técnicas de evaluación utilizadas 13

### **Capítulo II**

Datos y Metodología

2.1- Datos 16  
    2.1.1- Datos de precipitación 16  
    2.1.2- Datos de temperatura y vientos 17  
2.2- El modelo de mesoescala MM5 18  
2.3- Datos meteorológicos para el MM5 21  
2.4- Metodología 22  
    2.4.1- Criterios utilizados en el experimento de control del modelo MM5 22  
    2.4.2- Consideraciones para el caso de la Cd. de México 27  
2.5- Esquemas y estrategias de evaluación de pronósticos utilizados 29  
    2.5.1- Evaluación de la temperatura 29  
    2.5.2- Evaluación de la precipitación 30

### **Capítulo III**

Análisis observacional de las lluvias en la Cuenca de México

3.1- Ciclo interanual de las lluvias 34  
    3.1.1- Modos de variabilidad en precipitación (EOF's) 35  
    3.1.2- Ciclo diario de las lluvias 39

### **Capítulo IV**

Resultados del estudio

4.1- Los Esquemas tradicionales de evaluación: rmse 43  
    4.1.1- Evaluación de la temperatura 43  
    4.1.2- Evaluación de la precipitación 49

4.1.3- El método de 3 puntos	51
4.1.4- Casos particulares de lluvia extrema	54
4.1.5- Evaluación del viento	57
4.2- Máxima resolución espacial	60
4.3- La importancia de la asimilación de datos en el pronóstico de lluvias	62

## **Capítulo V**

### Conclusiones del trabajo de estudio

5.1- Conclusiones	63
-------------------	----

Referencias	67
-------------	----