

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA

SUBCOORDINACIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA

PROYECTO

Pronóstico Meteorológico e Hidrológico Incluyendo la Relación
Océano-Atmósfera (TH1103.1)

INFORME FINAL

Participantes

Indalecio Mendoza Uribe
José Antonio Salinas Prieto
Ricardo Prieto González
Julio Sergio Santana Sepúlveda
María Cristina García Vega
Nadia Araceli Pineda Flores
Diana Afrodita Ramírez Elías
Roberto Ramírez Villa
José Luis Solís Aguirre

Diciembre 2011

INDICE DE CONTENIDO

Introducción	8
1. Simulación numérica de oleaje en costas mexicanas	9
1.1. Definición de periodo de estudio.	9
1.2. Descarga de datos.	9
1.3. Pre-procesamiento de datos para inicializar el modelo de oleaje WAM.	9
1.4. Generación de bases de datos anuales de condiciones iniciales y de frontera.	15
1.5. Definición y simulación de las mallas del Atlántico Tropical y el Pacífico con el modelo WAM para el periodo 1960 a 2010.	20
1.6. Aplicación de análisis estadístico del desempeño del modelo de oleaje por región.	28
1.7. Estimación e identificación de las costas mexicanas con mayor potencial energético	31
2. Pronóstico de precipitación con los modelos numéricos para las cuencas hidrológicas de México	44
2.1. Selección de modelos numéricos para pronóstico meteorológico.	44
2.2. Descarga de datos.	45
2.3. Preparación de los datos.	45
2.4. Implementación del sistema automatizado de pronóstico meteorológico.	47
2.5. Generación de productos gráficos de precipitación en las cuencas seleccionadas.	68
3. Interfaz dinámica de consulta de resultados a través de una página WEB.	69
3.1. Generación de una página WEB de despliegue de resultados de manera dinámica.	69
3.2. Alimentación de la página WEB de despliegue de resultados de manera gráfica.	75
3.3. Incorporación de resultados al boletín meteorológico.	82
4. Conclusiones.	106
5. Bibliografía.	107
Anexo A. Descripción del formato NETCDF.	108
Anexo B. Descripción del ambiente de programación MATLAB.	111
Anexo C. Descripción del modelo WAM.	113
Anexo D. Base de datos ETOPO 2.	114
Anexo E. Programas utilizados para la simulación numérica de oleaje en costas mexicanas.	117
Anexo F. Programas de automatización del pronóstico de lluvia por cuenca hidrológica.	151
Anexo G. Programas para la generación de mapas de contornos	171
Anexo H. Contenido adicional en CD.	191

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Regiones consideradas en los campos de viento.	9
Tabla 1.2. Archivos compilados del Reanálisis del NCEP.	10
Tabla 1.3. Archivos escritos en lenguaje binario.	14
Tabla 1.4. Características de las mallas de viento.	16
Tabla 1.5. Características de las mallas de topografía.	19
Tabla 1.6. Coordenadas de la malla Grande del Pacífico y su anidamiento.	21
Tabla 1.7. Coordenadas de la malla Grande del Atlántico y su anidamiento.	24
Tabla 1.8. Datos obtenidos tanto para la malla GP como para la malla GA.	26
Tabla 2.1 Hora de ejecución para cada proceso.	44
Tabla 3.1. Dimensiones de los banners de páginas de sitios relacionados.	69
Tabla 3.2. Dimensiones de los banners de páginas de sitios relacionados.	70
Tabla 3.3. Índice Showalter.	84
Tabla 3.4. Índice K.	84
Tabla 3.5. Índice Total de Totales.	85
Tabla 3.6. CAPE.	85
Tabla D.1. Opciones utilizadas en el modelo WAM.	115
Tabla G.1. Contenido adicional en CD.	191

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Descarga de campos de viento componente U para el Atlántico.	10
Figura 1. 2. Descarga de campos de viento componente V para el Atlántico.	10
Figura 1.3. Descarga de campos de viento componente U para el Pacífico.	10
Figura 1.4. Descarga de campos de viento componente V para el Pacífico.	10
Figura 1.5. Campos de viento en su componente U para el Atlántico.	11
Figura 1.6. Campos de viento en su componente V para el Atlántico.	11
Figura 1.7. Campos de viento en su componente U para el Atlántico.	12
Figura 1.8. Campos de viento en su componente V para el Atlántico.	12
Figura 1.9. Ejemplo del formato de los campos de viento requerido por el modelo WAM.	13
Figura 1.10. Recorte del contenido del archivo <i>time_WAM.dat</i> .	14
Figura 1.11. Concatenación de archivos de la malla del Pacífico.	15
Figura 1.12. Campo de viento del océano Pacífico para el día 1 de enero de 1960 a las 06 hrs.	16
Figura 1.13. Campo de viento en el Océano Pacífico para el día 6 de enero de 1960 a las 18 hrs.	17
Figura 1.14. Compilación y ejecución del programa <i>extract_bathy.f</i> .	18
Figura 1.15. Batimetría para la malla del Océano Atlántico.	19
Figura 1.16. Batimetría para la malla del Océano Pacífico.	20
Figura 1.17. Malla anidada.	22
Figura 1.18. Opciones para datos de salida en la simulación con WAM.	22
Figura 1.19. Promedio de altura significativa para el mes de julio del periodo 2001-2005.	23

Figura 1.20. Promedio de altura significativa para el mes de diciembre del periodo 2001-2005.	21
Figura 1.21. Malla anidada.	23
Figura 1.22. Oleaje simulado medio de 5 años con el modelo WAM para el Atlántico.	27
Figura 1.23. Oleaje simulado medio de 5 años con el modelo WAM para el Atlántico.	27
Figura 1.24. Primera EOF, explica el 82% de la varianza (enero-diciembre, 1981).	28
Figura 1.25. Primera EOF, explica el 52% de la varianza (enero-marzo, 1981).	29
Figura 1.26. Primera EOF, explica el 52% de la varianza (mayo-julio, 1981).	30
Figura 1.27. Primera EOF, explica el 52% de la varianza (enero-diciembre, 2003).	30
Figura 1.28. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de enero (1960-2010).	33
Figura 1.29. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de febrero (1960-2010).	33
Figura 1.30. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de marzo (1960-2010).	34
Figura 1.31. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de abril (1960-2010).	34
Figura 1.32. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de mayo (1960-2010).	35
Figura 1.33. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de junio (1960-2010).	35
Figura 1.34. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de julio (1960-2010).	36
Figura 1.35. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de agosto (1960-2010).	36
Figura 1.36. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de septiembre (1960-2010).	37
Figura 1.37. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de octubre (1960-2010).	37
Figura 1.38. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de noviembre (1960-2010).	38
Figura 1.39. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de diciembre (1960-2010).	38
Figura 1.40. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de enero (1960-2010).	39
Figura 1.41. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de febrero (1960-2010).	39
Figura 1.42. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de marzo (1960-2010).	40
Figura 1.43. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de abril (1960-2010).	40
Figura 1.44. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de mayo (1960-2010).	41
Figura 1.45. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de junio (1960-2010).	41

Figura 1.46. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de julio (1960-2010).	42
Figura 1.47. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de agosto (1960-2010).	42
Figura 1.48. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de septiembre (1960-2010).	43
Figura 1.49. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de octubre (1960-2010).	43
Figura 1.50. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de noviembre (1960-2010).	44
Figura 1.51. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de diciembre (1960-2010).	44
Figura 2.1. Preparación de los datos de entrada del MM5.	47
Figura 2.2. Preparación de los datos de entrada del WRF.	47
Figura 2.3. Interacción de los servidores involucrados en el sistema automatizado de modelación numérica.	49
Figura 2.4. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises.	51
Figura 2.5. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias ligeras.	52
Figura 2.6. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias moderadas.	52
Figura 2.7. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias fuertes.	53
Figura 2.8. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias intensas.	53
Figura 2.9. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias torrenciales.	54
Figura 2.10. Lluvia acumulada a 24 horas con el promedio de las diferentes parametrizaciones del modelo WRF en comparación con la desviación estándar.	55
Figura 2.11. Lluvia acumulada a 48 horas con el promedio de las diferentes parametrizaciones del modelo WRF en comparación con la desviación estándar.	55
Figura 2.12. Lluvia acumulada a 72 horas con el promedio de las diferentes parametrizaciones del modelo WRF en comparación con la desviación estándar.	56
Figura 2.13. Lluvia acumulada para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson.	57
Figura 2.14. Temperatura máxima para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson.	57
Figura 2.15. Temperatura mínima para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson.	58
Figura 2.16. Imagen de viento a 10 metros para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson con barbas y sombreado.	58
Figura 2.17. Lluvia máxima acumulada en un lapso de 24 horas, con información de las diferentes opciones de esquemas de cumulus del modelo WRF.	59
Figura 2.18. Lluvia mínima acumulada en un lapso de 24 horas, con información de México, 2011	60

las diferentes opciones de esquemas de cumulus del modelo WRF.	
Figura 2.19. Valores máximos de temperatura máxima en un lapso de 24 horas considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.	60
Figura 2.20. Valores mínimos de temperatura máxima en un lapso de 24 horas, considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.	61
Figura 2.21. Valores máximos de viento a 10 metros de la superficie en un lapso de 24 horas, considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.	61
Figura 2.22. Valores mínimos de viento a 10 metros de la superficie en un lapso de 24 horas, considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.	62
Figura 2.23. Lluvia acumulada para el primer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	63
Figura 2.24. Lluvia acumulada para el segundo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	63
Figura 2.25. Lluvia acumulada para el tercer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	64
Figura 2.26. Lluvia acumulada para el cuarto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	64
Figura 2.27. Lluvia acumulada para el quinto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	65
Figura 2.28. Lluvia acumulada para el sexto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	65
Figura 2.29. Lluvia acumulada para el séptimo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	66
Figura 2.30. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el primer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	66
Figura 2.31. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el segundo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	67
Figura 2.32. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el tercer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	67
Figura 2.33. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el cuarto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	68
Figura 2.34. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el quinto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	68
Figura 2.35. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el sexto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.	69
Figura 2.36. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el séptimo día.	69
Figura 2.37. Ejemplo de gráfica de pronóstico de precipitación para la cuenca Yucatán con los modelos GFS y MM5.	70
Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5. Banner de las páginas de: CNA, IMTA, SEGOB, SEMARNAT y SMN.	66
Figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10. Pies de página de las páginas: CNA, IMTA, SEGOB, SEMARNAT y SMN.	67
Figura 3.11. Organización del sitio web del IMTA.	68
Figura 3.12. Logo del portal web de GALILEO.	69
Figura 3.13. Página de inicio de GALILEO.	69

Figura 3.14. Accesos rápidos.	70
Figura 3.15. Banner.	70
Figura 3.16. Menú principal.	70
Figura 3.17. Secciones importantes.	70
Figura 3.18. Noticias de interés.	71
Figura 3.19. Secciones de interés.	71
Figura 3.20. Congresos, talleres encuestas.	72
Figura 3.21. Pie de página.	72
Figura 3.22. Proceso con el modelo GFS.	72
Figura 3.23. Pronóstico meteorológico con el modelo GFS.	73
Figura 3.24. Proceso con el modelo MM5.	73
Figura 3.25. Pronóstico meteorológico con el modelo MM5.	74
Figura 3.26. Proceso para generar las gráficas con el modelo NAM.	75
Figura 3.27. Pronóstico meteorológico con el modelo NAM.	75
Figura 3.28. Proceso de generación de graficas con el modelo WRF.	76
Figura 3.29. Pronostico meteorologico con el modelo WRF.	76
Figura 3.30. Proceso con el modelo WRF Ensemble.	77
Figura 3.31. Pronostico meteorologico con el modelo WRF Ensemble.	77
Figura 3.32. Proceso con el modelo WRF a 7 días.	78
Figura 3.33. Pronostico meteorologico con el modelo WRF a 7 días.	78
Figura 3.34. Simbología utilizada en el análisis de cartas de superficie.	80
Figura 3.35. Radiosondeos y productos para análisis.	81
Figura 3.36. Imágenes de satélite en los canales visible, infrarrojo y vapor de agua.	83
Figura 3.37. Barbas de viento estimados por el ASCAT (Atlántico NW).	84
Figura 3.38. Red de radares pertenecientes al SMN de México y ejemplo de información.	85
Figura 3.39. Resultados del modelo NAM para precipitación y viento a 24 horas.	86
Figura 3.40. EPSgrama de NAEFS basado en pronósticos de ensambles.	87
Figura 3.41. Pronósticos de probabilidad de trayectoria y vientos emitidos para el Huracán Dean en agosto de 2007, por el Centro Nacional de Huracanes de Miami.	88
Figura 3.42. Niveles de alerta en tabla de colores y mapa con áreas de alertamiento del SIAT-CT para el caso de la presencia de varios ciclones tropicales en julio del 2008.	89
Figura 3.43. Sección servicios internos.	90
Figura 3.43. Sección servicios internos.	91
Figura 3.44. Opción Boletín (pdf).	91
Figura 3.45. Solicitud de usuario y contraseña.	92
Figura 3.46. Sección de Galileo para publicar el video boletín meteorológico.	93
Figura 3.47. Imagen visible satelital obtenida de la página del Earth Science Office.	94
Figura 3.48. Página del Servicio Meteorológico Nacional (México).	94
Figura 3.49. Resultados del modelo NAM publicados en la página de Galileo.	95
Figura 3.50. Página del Hydrometeorological Prediction Center de EU.	95
Figura 3.51. Página de la Secretaria de Marina de México.	96
Figura 3.52. Página del Aviation Weather Center de EU.	96
Figura 3.53. Página del National Hurricane Center de EU.	97

Figura 3.54. Página del Weather Office de Canadá.	97
Figura 3.55. Página NOAA/ARL.	98
Figura 3.56. Página con imágenes de los satélites GOES.	98
Figura 3.57. Página con radiosondeos.	99
Figura 3.58. Página de ciclones tropicales.	99
Figura 3.59. Pronóstico con el modelo GFS para el hemisferio norte.	100
Figura 3.60. Pronóstico con el modelo GFS para el hemisferio norte.	100
Figura 3.61. Pronóstico modelo GFS.	101
Figura 3.62. Página de análisis de sistemas tropicales.	101
Figura 3.63. Página de oleaje para regiones costeras de México.	102
Figura 3.64. Boletín meteorológico de la CFE.	102
Figura A.1. Descripción de los archivos NETCDF con el programa NCDUMP.	106
Figura B.1. Ejemplo de gráficas con la función <i>quiver</i> .	109
Figura B.2. Ejemplo de gráficas con la función <i>pcolor</i> .	109
Figura C.1. Superficie de la Tierra (ETOPO2v2) 2 minutos a imágenes de relieve a color.	110

Introducción

Los modelos numéricos de la atmósfera y del océano han tenido en los últimos años un creciente uso tanto por su desempeño favorable, como por la incorporación de nueva tecnología de cómputo. Estos modelos son versátiles al reproducir la dinámica del océano y atmósfera, ya que además de ser factible repetir experimentos numéricos, el costo de computadoras de alto rendimiento es cada vez menor, permitiendo contar con pronósticos con grados de confiabilidad evaluables.

Una de las variantes en el uso de estos modelos es su utilización como herramienta de diagnóstico, como se propone en el caso de su aplicación a oleaje, la cual evaluará el potencial energético de oleaje mediante simulaciones numéricas en costas mexicanas.

No obstante la importancia de mediciones sistemáticas de oleaje, es imposible instrumentar grandes áreas oceánicas, siendo importante utilizar formas alternativas de descripción, como la modelación numérica. En general, los modelos manejan la fluctuación del oleaje en tiempo y espacio mediante una ecuación de conservación de energía, la cual considera la energía del oleaje, velocidad de propagación y su fuente energética, dividiéndose en: el forzamiento del viento, la transferencia entre olas y la disipación (pérdida de energía).

Las fuentes alternativas de energía han cobrado relevancia en los últimos años para la disminución de quema de combustibles fósiles y con ello la reducción de aportaciones de bióxido de carbono a la atmósfera por actividades humanas.

La física de los procesos que interactúan en la atmósfera cada vez es mejor representada por el sistema de ecuaciones de los modelos numéricos, entre ellas las interacciones topografía-suelo-planta-atmósfera son tan importantes y a las cuales se les ha puesto especial interés ya que han probado ser procesos a los cuales la atmósfera responde en forma directa e inmediata; por otra parte, la física de nubes y termodinámica asociada ha mejorado en cuanto a que nuevas parametrizaciones son incluidas en dichos modelos trayendo con ello mejores representaciones en cuanto a precipitación pluvial se refiere, tanto lluvia convectiva como lluvia estratiforme.

Debemos considerar que los modelos responden a la calidad de los datos de los que se dispone; con buenos datos y con control de calidad la confiabilidad de éstos mejora substancialmente.

El IMTA mediante un portal WEB (<http://galileo.imta.mx>) proporciona información atmosférica relevante que ha tenido un impacto positivo en los usuarios especializados. Este portal publica resultados de diversas plataformas como son: imágenes de satélite tipo GOES, modelos numéricos que se corren dentro del IMTA así como resultados de otros centros de pronóstico del mundo. Los resultados de este proyecto podrán consultarse en esta página WEB.

1. Simulación numérica de oleaje en costas mexicanas

1.1. Definición del periodo de estudio

Se define como periodo de estudio el comprendido entre 1960 y 2010, se considera que en este lapso de tiempo es posible identificar señales y variaciones de los campos de viento en las costas mexicanas que son representativos de la climatología.

1.2. Descarga de datos

Los campos de viento se obtuvieron de la base de datos de Reanálisis del Centro Nacional para la Predicción del Medio Ambiente (NCEP por sus siglas en inglés), mismos que están disponibles en la página en internet: www.esrl.noaa.gov/psd/data/nceo_reanalysis.

1.3. Pre-procesamiento de datos para inicializar el modelo de oleaje WAM

Para obtener una buena modelación de oleaje es necesario considerar el oleaje distante (swell). En este caso, para las costas mexicanas las regiones consideradas para los campos de viento, para el Pacífico y el Atlántico, se definieron de acuerdo a lo establecido en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Regiones consideradas en los campos de viento.

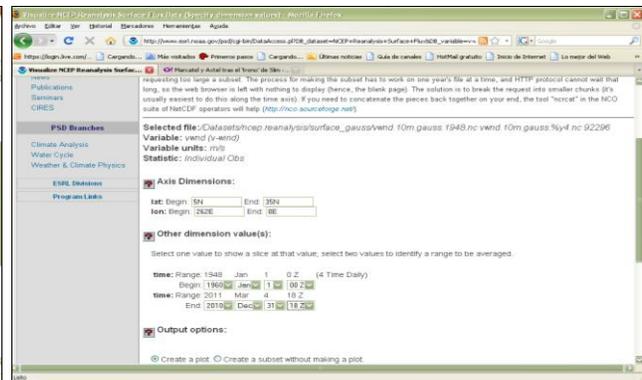
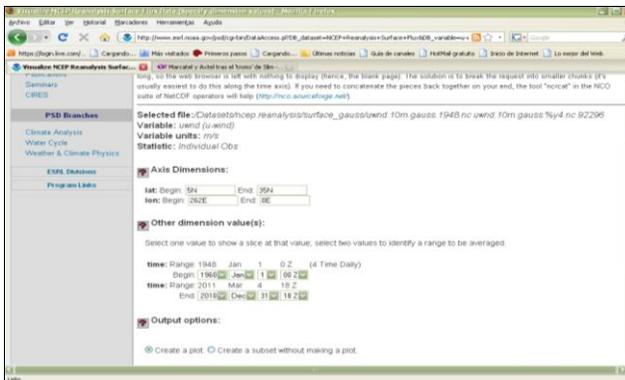
	Atlántico	Pacífico
Latitud mínima	5° N	45° S
Latitud máxima	35° N	45° N
Longitud mínima	262° E	180° E
Longitud máxima	0° E	300° E

Cabe mencionar que por cuestión del tamaño máximo de transferencia de los datos de viento por parte del servidor, se tuvo que bajar en 5 archivos los campos para la porción del Océano Pacífico (Tabla 1.2). Las variables consideradas son el viento en sus componentes U (figuras 1.1 y 1.3) y V a 10 metros de altura (figuras 1.2 y 1.4).

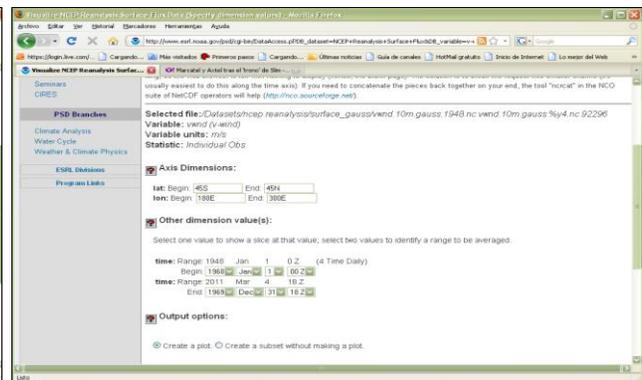
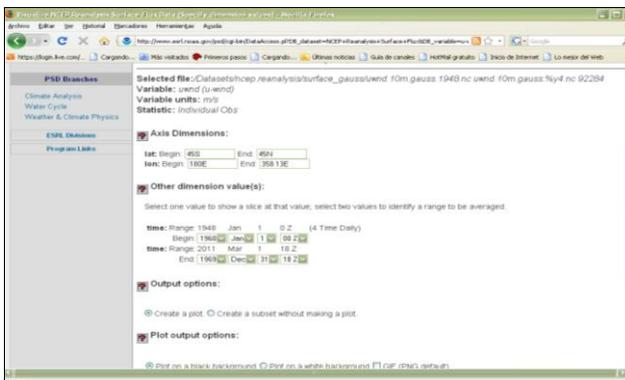
La fecha de inicio de los datos es el 1 de enero de 1960 a las 00 Z y la fecha final es el 31 de diciembre de 2010 a las 18 Z. Los datos están a intervalos de tiempo a cada seis horas: 00 Z, 06 Z, 12 Z y 18 Z. El cambio en las longitudes es de 1.875° y en las latitudes es de 1.9048°.

Tabla 1.2. Archivos compilados del Reanálisis del NCEP.

Nombre archivo	Tamaño (KB)	Tipo
V10wnd_4t_60-10CA.nc	116'837,068	NC
U10wnd_4t_60-10CA.nc	116'837,068	NC
V10wnd_4t_00-10CP.nc	100'420,296	NC
U10wnd_4t_00-10CP.nc	100'420,296	NC
U10wnd_4t_60-69CP.nc	91'298,216	NC
V10wnd_4t_80-89CP.nc	91'298,212	NC
V10wnd_4t_60-69CP.nc	91'298,212	NC
U10wnd_4t_80-89CP.nc	91'298,212	NC
V10wnd_4t_90-99CP.nc	91'273,316	NC
U10wnd_4t_90-99CP.nc	91'273,312	NC
V10wnd_4t_70-79CP.nc	91'273,224	NC
U/10wnd_4t_70-79CP.nc	91'273,224	NC



Figuras 1.1 y 1.2. Descarga de campos de viento (componentes U y V) para el Atlántico.



Figuras 1.3 y 1.4. Descarga de campos de viento (componentes U y V) para el Pacífico.

Los campos de viento que se obtuvieron de la página del NCEP están escritos en el formato NetCDF (se agrega una descripción detallada en el anexo A) y se comprobó que se almacenaron correctamente mediante la lectura y graficado en GrADS. Se obtuvieron cuatro gráficas: una para el viento en U (figura 1.5) y otra para el viento en V en el área extraída del Océano Atlántico (figura 1.6) y otras para las mismas componentes para la porción del Océano Pacífico (figura 1.7 y 1.8 respectivamente).

El modelo WAM necesita las dos componentes del viento a cada tiempo, para forzar el modelo. Al escribirlas es indiferente el orden de las componentes, lo que más importa es el formato con el cual se escribe.

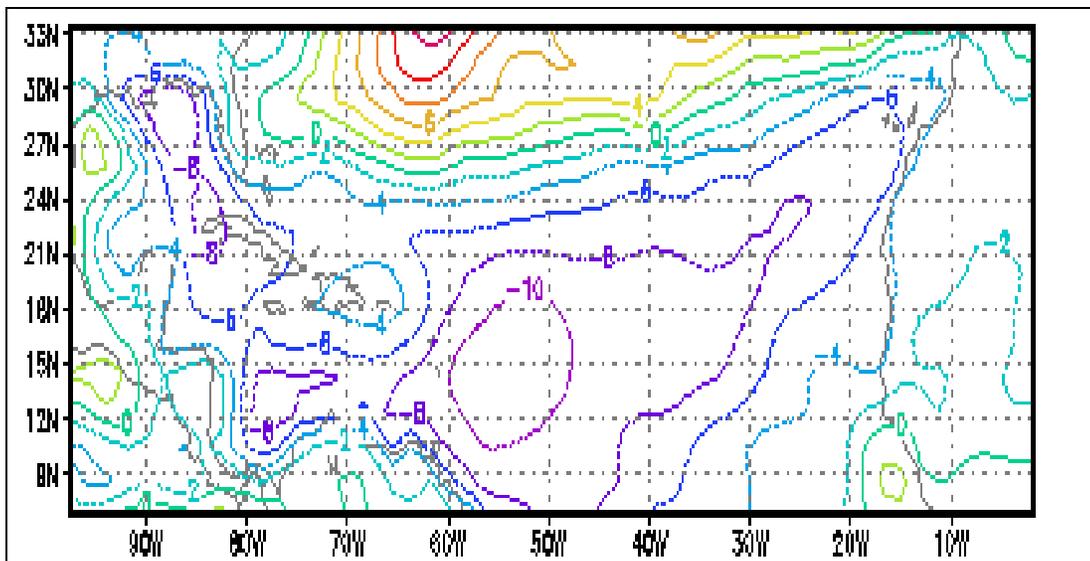


Figura 1.5. Campos de viento en su componente U para el Atlántico.

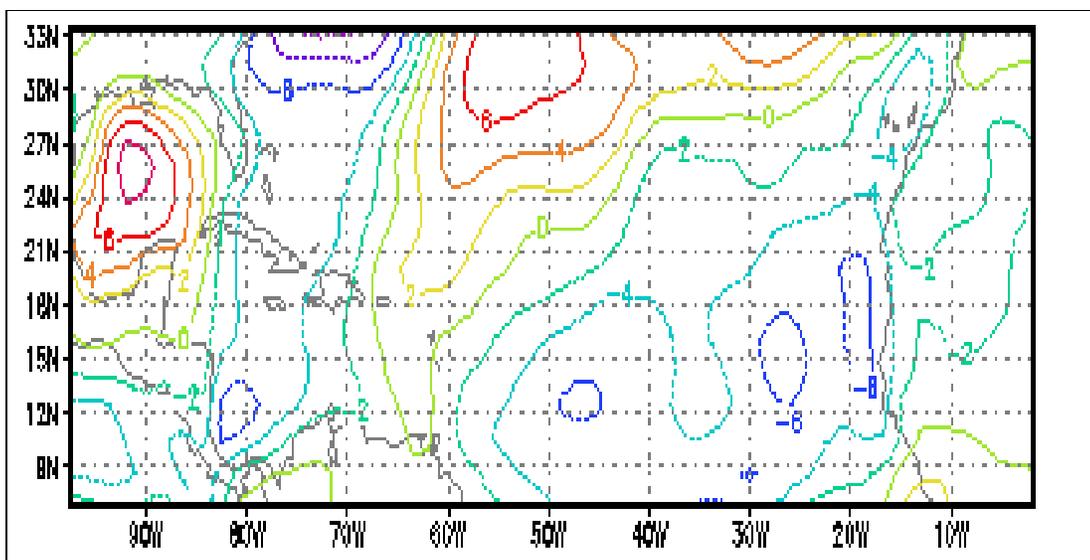
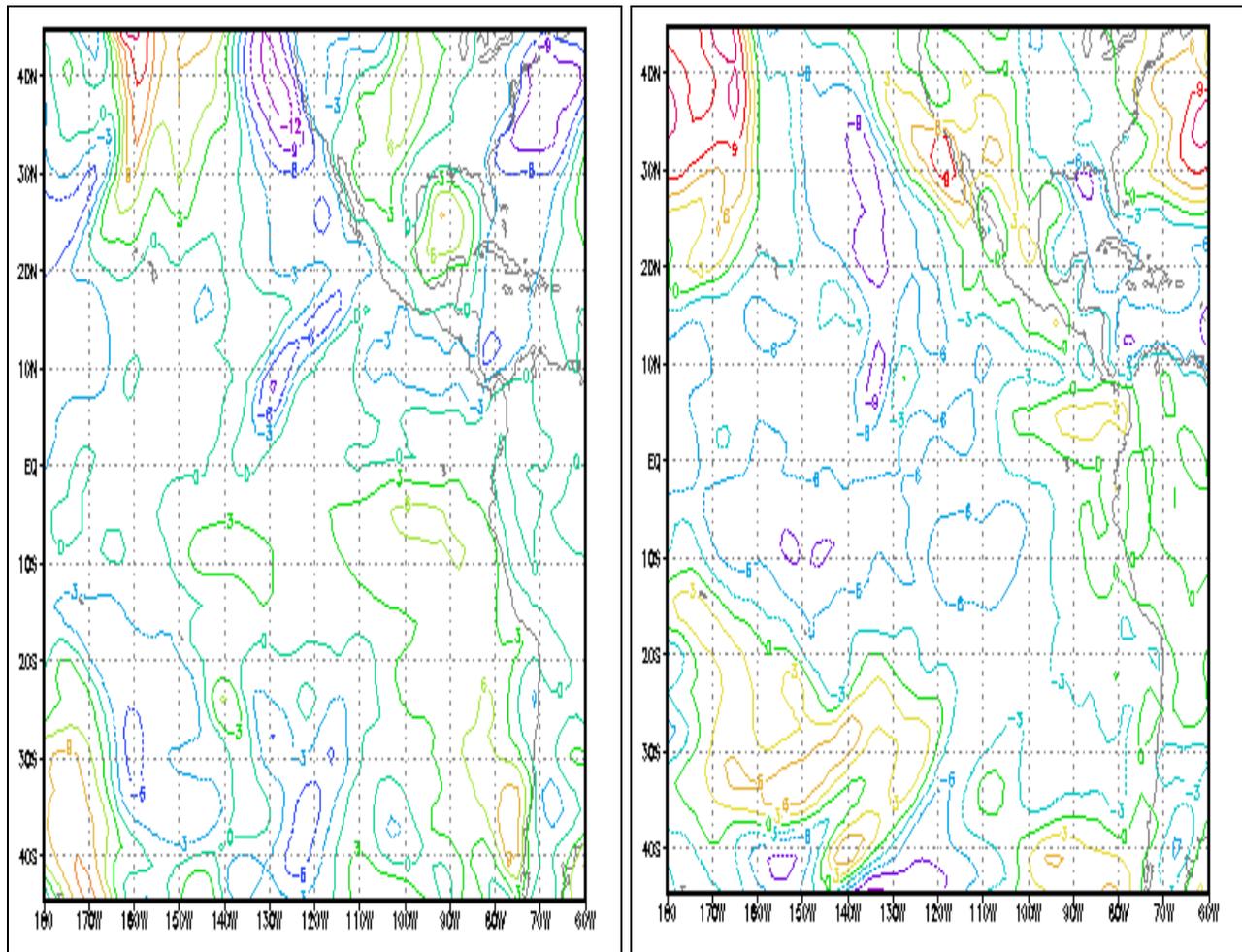


Figura 1.6. Campos de viento en su componente V para el Atlántico.



Figuras 1.7 y 1.8. Campos de viento en su componente U y V para el Atlántico.

El formato requerido por el modelo WAM se describe a continuación:

- En la primer línea debe aparecer escrita la primer fecha y la hora, sólo con dos espacio entre ambas: YYYYMMDD hhmmss. La fecha sólo se escribe al inicio de cada tiempo, por lo que corresponde sólo una a cada par de U y V.
- En las siguientes líneas se escriben los campos de viento. El formato es 10F8.3, es decir, en cada línea se anotarán 10 valores y cada valor tiene un espacio para 8 caracteres de los cuales uno es el signo, otro el punto y tres dígitos deberán escribirse al lado derecho del punto. Otro dato importante es que primero se escriben los valores según las "X" longitudes que se están considerando en las mallas, es decir, se tendrán bloques de "X" datos cada uno. La cantidad de bloques está delimitada por las "Y" latitudes que se estén considerando en la malla de viento. Recordando que esto es para cada componente (U y V).

Un ejemplo de este formato lo observamos en la figura 1.9, donde por cuestiones de espacio sólo se presentan los dos primeros bloques de la primera línea, en los cuales se puede observar que existen 79 longitudes.

20070817	060000									
-4.181	-3.189	-2.421	-1.886	-1.428	-1.394	-1.379	-0.824	-0.224	0.160	
0.310	0.545	0.975	1.679	1.509	0.530	-0.012	0.283	-0.001	-0.744	
-0.963	-0.938	-0.873	-0.965	-1.121	-1.182	-0.852	-0.452	-0.257	-0.255	
-0.736	-1.203	-1.538	-1.905	-2.254	-2.721	-3.223	-3.554	-3.851	-4.262	
-4.763	-5.282	-5.566	-5.705	-5.883	-6.168	-6.349	-6.271	-5.971	-5.579	
-5.332	-5.318	-5.335	-5.389	-5.643	-6.431	-6.952	-6.937	-6.807	-6.739	
-6.474	-6.066	-5.885	-6.044	-6.246	-6.266	-5.515	-4.643	-3.900	-3.423	
-3.257	-3.660	-4.584	-5.673	-5.915	-5.918	-6.098	-6.243	-6.250		
-4.041	-2.617	-1.836	-1.641	-1.667	-1.771	-1.723	-1.257	-1.025	-0.500	
-0.433	-0.239	0.380	0.669	0.721	-0.012	-0.486	-0.856	-1.418	-2.212	
-2.439	-2.352	-2.205	-2.108	-2.109	-2.061	-1.744	-1.672	-1.957	-2.465	
-3.105	-3.568	-3.778	-3.898	-4.052	-4.428	-4.792	-4.992	-5.263	-5.666	
-6.006	-6.201	-6.274	-6.246	-6.388	-6.738	-7.053	-6.914	-6.462	-6.089	
-5.843	-5.617	-5.517	-5.600	-5.587	-5.539	-5.603	-5.545	-5.525	-5.508	
-5.288	-4.947	-4.759	-4.837	-5.123	-5.420	-5.293	-4.667	-3.779	-2.900	
-2.538	-3.010	-4.037	-5.069	-5.490	-5.380	-5.264	-5.041	-4.875		

Figura 1.9. Ejemplo del formato de los campos de viento requerido por el modelo WAM.

La base de datos de Reanálisis está escrita en el formato NetCDF, por lo que es necesario transformar los datos al formato entendible por el modelo de oleaje WAM. Para tal fin, se realizaron dos programas.

El primer programa es *nc2wam_fechas.gs* (se incluye el código fuente en el anexo E). La función del programa es tomar el archivo *Uwnd10_4t_60-10CA.nc* y extraer los datos correspondientes a las 74,512 fechas que corresponden del 1 de enero de 1960 a las 00 hrs hasta el 31 de diciembre de 2010 a las 18 hrs, siendo cuatro fechas diarias ya que los campos de viento están a cada 6 horas.

Un paso importante que realiza del programa *nc2wam_fechas.gs* es que realiza el cambio de mes a su homólogo numérico, por ejemplo, en GrADS encontramos el primer campo con la fecha de *1960ENE01 00Z* y el programa cambia el formato del mes y el de la hora de la siguiente forma: *19600101 000000*.

El resultado de este programa es un listado en código ASCII de los tiempos arriba señalados con el formato que necesita WAM, estas salidas se escribieron en el archivo *time_WAM.dat* (figura 1.10).

19600101	000000
19600101	060000
19600101	120000
19600101	180000
19600102	000000
19600102	060000
19600102	120000
19600102	180000
19600103	000000
19600103	060000
19600103	120000
19600103	180000
19600104	000000

Figura 1.10. Recorte del contenido del archivo *time_WAM.dat*.

Después se procede a leer los archivos escritos en NetCDF (tabla 1.2) para convertirlos en archivos con formato binario, esto a través del programa *lee_netcdf.gs* (se incluye en el anexo E). En este programa se pasan solamente los campos de viento y genera los archivos descritos en la tabla 1.3. Éstos guardan las componentes U y V tanto para la región del Pacífico como del Atlántico.

Tabla 1.3. Archivos escritos en lenguaje binario.

Nombre archivo	Tamaño (KB)	Tipo
V10wnd_60-10CA.dat	232'477,440	binario
U10wnd_60-10CA.dat	232'477,440	binario
V10wnd_00-10CP.dat	200'578,560	binario
U10wnd_00-10CP.dat	200'578,560	binario
U10wnd_60-69CP.dat	182'357,760	binario
V10wnd_80-89CP.dat	182'357,760	binario
V10wnd_60-69CP.dat	182'135,760	binario
U10wnd_80-89CP.dat	182'357,760	binario
V10wnd_90-99CP.dat	182'307,840	binario
U10wnd_90-99CP.dat	182'307,840	binario
V10wnd_70-79CP.dat	182'307,840	binario
U10wnd_70-79CP.dat	182'307,840	binario

Como siguiente paso se desarrolló un programa para leer las fechas del archivo *time_WAM.dat* y obtener la componente de U y V para cada región de malla. Por ejemplo, para la malla que comprende una porción del Océano Atlántico, que es un solo archivo para cada componente del viento, el programa *bin2wam.f* (incluido en el anexo E) escribe la primer fecha, en seguida toma el primer campo de viento en U y escribe en el archivo final que leerá WAM, en seguida realiza lo mismo para la componente en V; y así para cada uno de los 74,512 tiempos y para las dos mallas grandes.

Cabe mencionar que las dimensiones de las dos regiones contempladas son diferentes, por lo tanto, al ejecutar cada uno de los programas anteriores es necesario modificar los valores de latitud, longitud y tiempo, aunque los tiempos son los mismos para cada malla es necesario recordar que la del Atlántico se cargó en un solo archivo, en el cual se contiene la cantidad total de tiempos, y la malla del Pacífico fueron 5 archivos en los que se dividen en cantidad proporcional a las fechas extraídas.

Para finalizar el cambio de formato, se concatenan los cinco archivos de la malla del Pacífico a través de los comandos presentados en la figura 1.11.

```
>> cp WIND10_60-69CP.WND WIND10uv_60-79CP.WND
>> cat WIND10_70-79CP.WND >> WIND10uv_60-79CP.WND
>> cat WIND10_80-89CP.WND >> WIND10uv_70-99CP.WND
>> cat WIND10_90-99CP.WND >> WIND10uv_70-99CP.WND
>> cat WIND10_00-10CP.WND >> WIND10uv_00-10CP.WND
>> cat WIND10_60-10CA.WND >> WIND10uv_60-10CA.WND
```

Figura 1.11. Concatenación de archivos de la malla del Pacífico.

Así, al final los cuatro archivos de viento que se estarán utilizando para forzar el modelo WAM son: *WIND10uv_60-79CP.WND*, *WIND10uv_70-99CP.WND* y *WIND10uv_00-10CP.WND* para el Pacífico, y *WIND10uv_60-10CA.WND* para el Atlántico.

1.4. Generación de bases de datos anuales de condiciones iniciales y de frontera

1.4.1. Verificación de campos de viento como condiciones iniciales

Para comprobar que los campos de viento se hayan escrito de una manera correcta se realizó el programa *verifica_wind.m*, para ejecutarlo requiere modificar un par de variables y comentar una línea: la primera de ellas se llama *name* y la segunda *name2* que corresponden si la opción deseada es CP y PACÍFICO para representar el Océano Pacífico o bien CA y ATLÁNTICO para la región del Océano Atlántico, respectivamente; la línea a comentar o descomentar es en las opciones del Pacífico, ya que existen 3 archivos de vientos para ésta opción.

En la tabla 1.4 se anotan los puntos de malla, cambios en longitud, cambios en latitud e inicio y fin de los puntos de la malla de vientos.

Tabla 1.4. Características de las mallas de viento.

	Atlántico	Pacífico
Puntos en X	52	65
Puntos en Y	15	48
Cambio en X	1.875°	1.875°
Cambio en Y	1.9048°	1.9048°
Longitud inicio	-98	-180
Latitud inicio	5	-45

En las figuras 1.12 y 1.13 se representan gráficamente los vientos para las dos regiones que se modelarán. Se puede observar, al lado derecho la barra que muestra la intensidad del viento en metros por segundo, va desde un color azul intenso asignado al valor cero y un color rojo oscuro asignado a un valor aproximado de 1.4. En la figura 1.12, en las zonas de color azul se aprecia el noroeste de África al lado derecho de la imagen y la península de Yucatán, Cuba y el norte de Sudamérica.

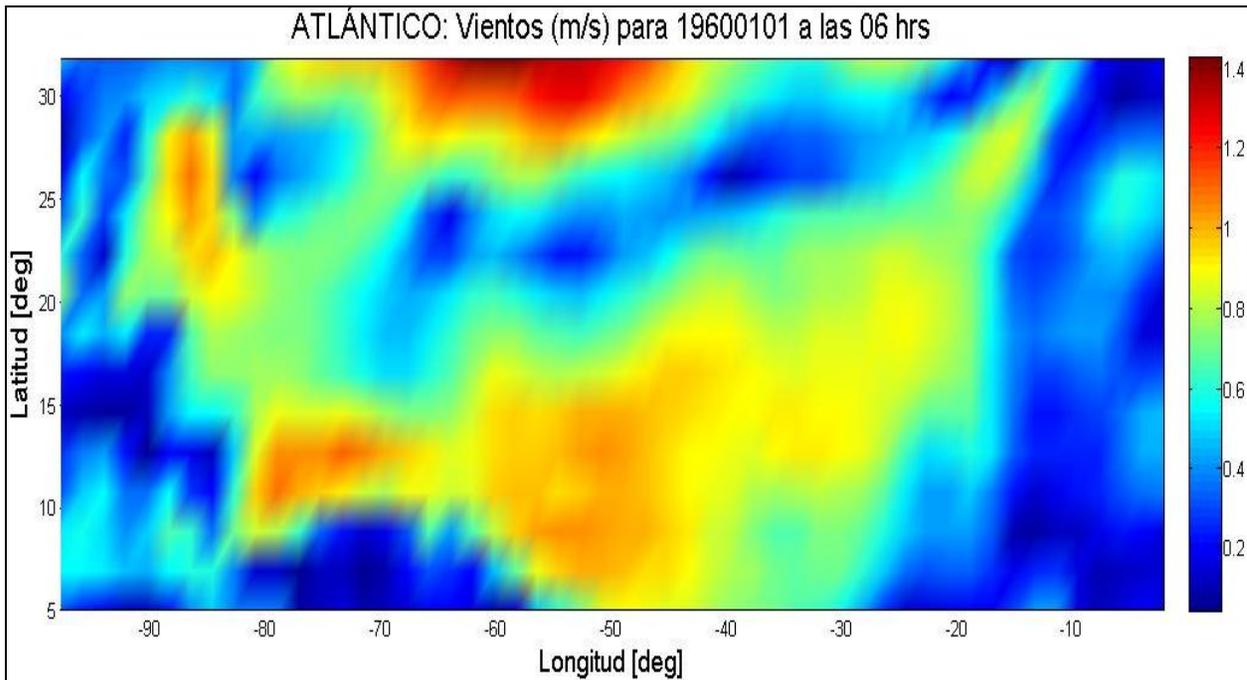


Figura 1.12. Campo de viento del océano Pacífico para el día 1 de enero de 1960 a las 06 hrs.

Debido a que los vientos que entran en contacto con la superficie de la tierra, ya sea en planicies o bien con sistemas montañosos, sufren los efectos de fricción con el suelo la velocidad del viento disminuye considerablemente a diferencia de la velocidad que se presenta en la superficie del agua. Por esta razón se observa la diferencia en las imágenes cuando se tiene mar o continente.

Este mismo efecto se observa en los campos de viento para el océano Pacífico, figura 1.13, en donde se aprecia gran parte del océano Pacífico y del continente Americano. Es esa misma imagen también se aprecia que no es la fecha inicial (01 de enero de 1960) sino unas cuantas más adelante, ya que tenemos campos de viento a cada 6 horas, es decir, habrá cuatro campos diarios pero a diferentes horas, el primero será a las 00 hrs, el segundo a las 06 hrs, el tercero a las 12 hrs y el cuarto a las 18hrs.

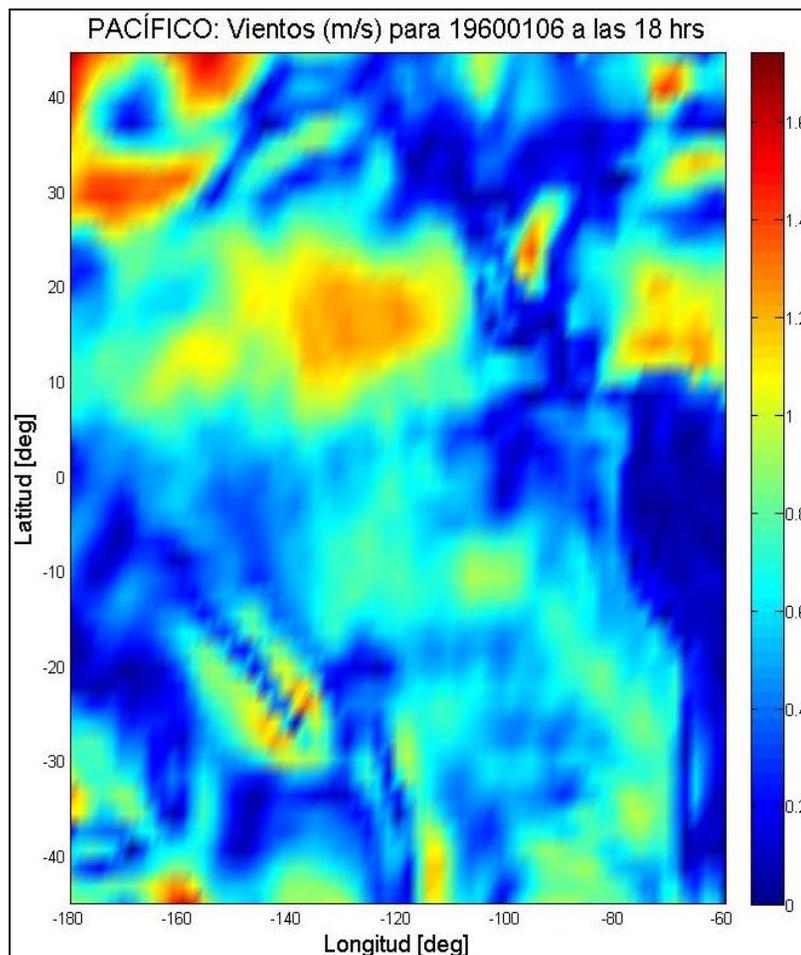


Figura 1.13. Campo de viento en el Océano Pacífico para el día 6 de enero de 1960 a las 18 hrs.

Con el análisis de las figuras 1.12 y 1.13 se verificó la correcta lectura y conversión de los campos de viento extraídos de los datos de Reanálisis a formato binario.

1.4.2. Extracción y verificación de batimetría para las mallas grandes

La batimetría es un dato fundamental para el modelado de oleaje, en este caso se obtuvo de la base de datos ETOPO 2 (descrita en el anexo D), la cual nos presenta las elevaciones del suelo marino. Así como se realizará la extracción de los vientos, para la batimetría tendremos dos mallas, una para la malla del Océano Pacífico y otra para el Océano Atlántico.

Para realizar la extracción de estos campos se realizó la compilación del programa *extract_bathy.f* (incluido en el anexo E). Para su ejecución debemos escribir después del nombre del programa las longitudes inicial y final, así como la latitud inicial y final, el cambio en ellas en minutos y el nombre del archivo de salida. En la figura 1.14 se enlistan la serie de comandos utilizados en cada caso.

```
a) Para la malla del Pacífico:  
>> f77 -o escribe.exe extract_bathy.f  
>> escribe.exe -180 -60 45 45 6 pacific.bot  
  
b) Para la malla del Atlántico:  
>> f77 -o escribe.exe extract_bathy.f  
>> escribe.exe -98 0 35 5 6 atlantic.bot
```

Figura 1.14. Compilación y ejecución del programa *extract_bathy.f*

El cambio en latitud y longitud para ambas mallas es de 6 minutos. Para comprobar las regiones extraídas se elaboró el programa *verifica_bathy.m* (incluido en el anexo E). Para ejecutar este programa es necesario modificar un par de variables según el área a graficar; una variable se llama *name* y la otra *name2*, corresponden a las opciones del Océano Pacífico con la igualdad de *pacific* y *Pacífico*, o bien, para el Océano Atlántico se igualan a *atlantic* y *Atlántico*, respectivamente. En la tabla 1.5 se anotan las características principales de las opciones para las mallas a graficar.

Las gráficas generadas con el programa *verifica_bathy.m* se muestran en las figuras 1.15 y 1.16. En la primera se observa la batimetría de una porción del Océano Atlántico. A la derecha de la figura se encuentra una barra de colores que inicia en el color azul oscuro y termina en el rojo oscuro correspondiéndole a cada uno de ellos los números 0 y, aproximadamente, 8500 o 10500. Estos valores se refieren a la profundidad del mar en metros. A diferencia de los campos de vientos, en estas figuras se observa claramente la plataforma continental.

Tabla 1.5. Características de las mallas de topografía.

	Atlántico	Pacífico
Puntos en X	2941	1201
Puntos en Y	901	901
Cambio en X	2 min.	6 min.
Cambio en Y	2 min.	6 min.
Longitud inicio	-98	-180
Latitud inicio	5	-45

En la figura 1.15 se observa parte del Océano Atlántico, el noroeste de África, el sureste de Estados Unidos, Oriente de México, Cuba, Centro América y norte de Sudamérica.

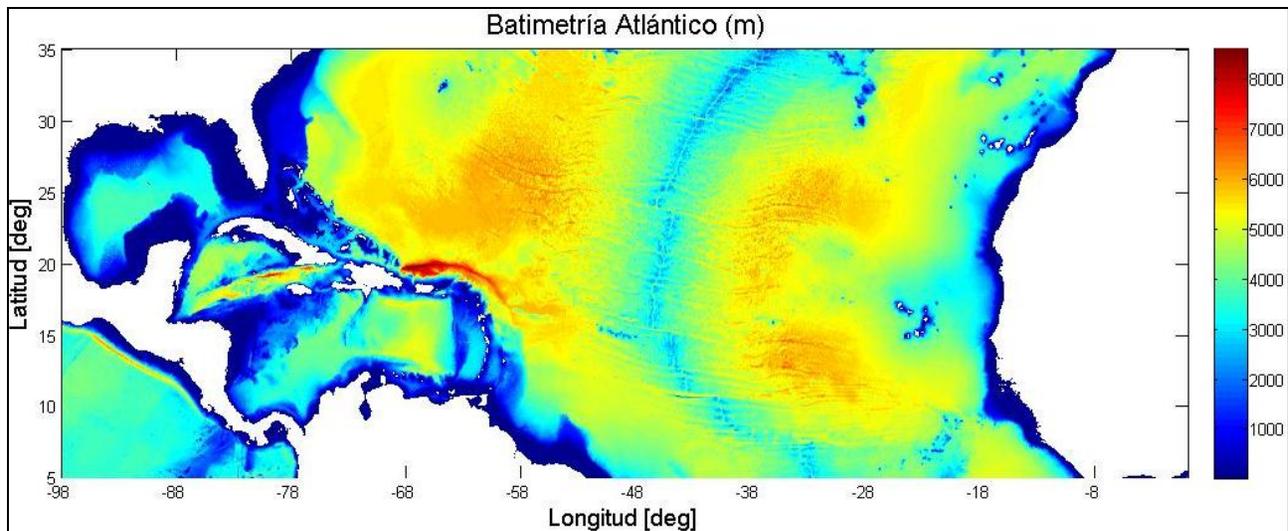


Figura 1.15. Batimetría para la malla del Océano Atlántico.

En la figura 1.16 se aprecia casi en su totalidad tanto el Océano Pacífico como el continente Americano. La plataforma continental está rellena de color blanco por lo que se puede diferenciar fácilmente entre ella y el fondo marino que aparece relleno de otra gamma de colores.

El modelo WAM toma las batimetrías tal como se escriben al ejecutar el archivo que se obtienen de compilar el programa *extract_bathy.f*. El programa *verifica_bathy.m* toma ese campo de profundidades y lo dibuja. Al obtener en las imágenes detalles claros entre la plataforma continental y el lecho marino se entiende que están bien leídos y escritos, listos para forzar el modelo WAM.

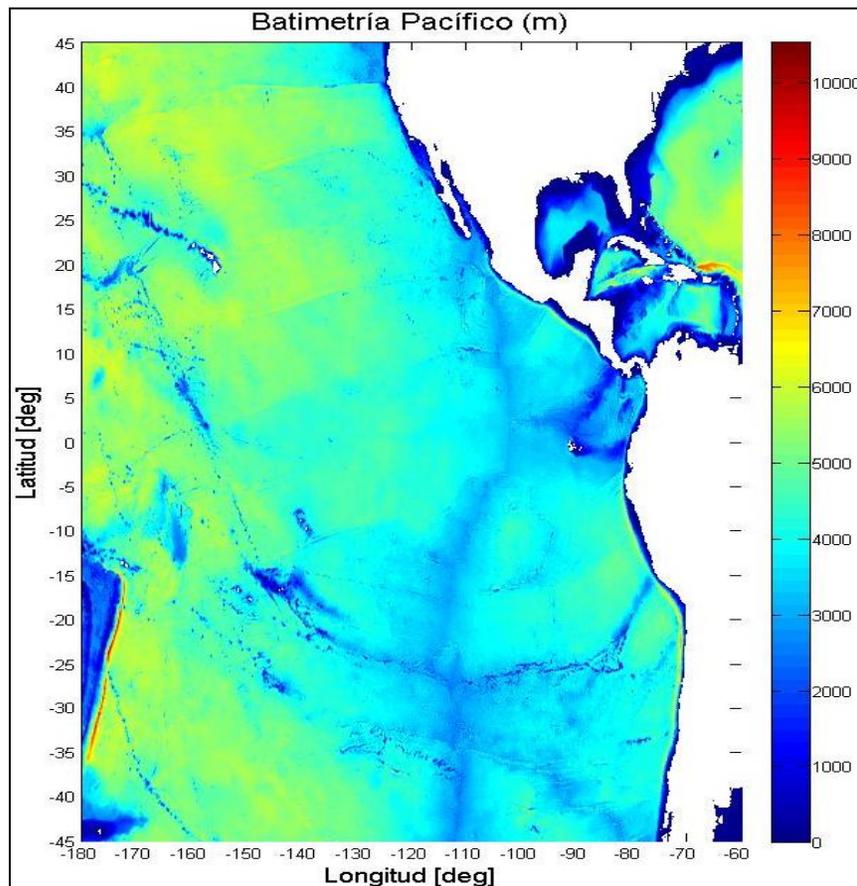


Figura 1.16. Batimetría para la malla del Océano Pacífico.

1.5. Definición y simulación de las mallas del Atlántico Tropical y el Pacífico con el modelo WAM para el periodo 1960 a 2010

1.5.1. Modelación de oleaje para la malla grande del Pacífico

El forzamiento del modelo WAM, para la malla Grande ubicada en el Océano Pacífico (GP), tuvo como límite las coordenadas que se muestran en la Tabla 1.6. La resolución espacial, en longitud (δx) y latitud (δy) es de 1° . El paso del tiempo para los vientos es cada 6 horas, sin embargo, las salidas del modelo se realizan a cada 2 horas. Se incluye en el anexo E los programas principales que se ejecutan en el WAM.

El anidamiento de mallas así como los datos anteriores (límites de la malla GP) se establecen en el programa *preprowk.frm*. En la sección *NESTED GRIDS* se señalan las coordenadas del anidamiento. En la Tabla 1.6 se especifican las coordenadas para las mallas anidadas. Los datos de salida de estas últimas servirán como condiciones de frontera al momento de realizar las simulaciones para zonas específicas de la costa.

El proceso que se realiza en el programa *presetwk.frm*, es de acuerdo a la batimetría. En la Figura 1.17 se observa el área de simulación así como la malla anidada, resaltando los contornos de continentes, este proceso es de utilidad para verificar la correcta ubicación de la malla.

Tabla 1.6. Coordenadas de la malla Grande del Pacífico y su anidamiento.

	Pacífico	Anidamiento
Lat. Min.	45° S	10° N
Lat. Max.	45° N	34° N
Lon. Min.	180° E	235° E
Lon. Max.	300° E	275° E

En el programa *wamodwk.frm* además de establecerse las fechas de inicio y fin del modelado, también se seleccionan las variables que se imprimirán en el archivo de salida de datos. Para la simulación de la malla GP se seleccionaron las opciones marcadas en la sección de *SELECTION OF OUTPUT DATA*, mostrados en la figura 1.18.

El programa *pegridwk.frm* trabaja en conjunto con los dos anteriores. El conjunto de estos programas contienen las especificaciones iniciales para iniciar el forzamiento del modelo WAM.

Los programas que ejecutan en modelo son: *wam_compiler.exe*, *wam_runner.exe* y *wam_post_proc_runner.exe*; se crea un directorio de trabajo, donde se compilan los archivos fuente del WAM, así como se ejecutan las simulaciones en cada uno de los módulos del WAM y finalmente se realiza el post procesado de datos, respectivamente con cada ejecutable.

En el programa *wam_runner.exe* se especifican los archivos de entrada de datos para la batimetría y vientos. Respecto a la batimetría, el archivo de entrada se denomina *pacific.bot*. Al ejecutarse el módulo del *PREPROC* en el *wam_runner.exe*, el archivo de la batimetría cambia al nombre de *fort.1*.

En el módulo del *PRESET* se lee el primer campo de viento de la base de datos que se tenga. Para este caso, como la malla GP tiene dimensiones tales que no permitían al modelo simular las fechas completas de datos, debido al tamaño del mismo no podía ser leído, se optó por dividir en tres los campos totales de viento. Por lo anterior, se forzó el WAM con los campos de viento almacenados en: *WIND10uv_60-79CP.WND*, *WIND10uv_70-99CP.WND* y *WIND10uv_00-10CP.WND*. Al realizar este procedimiento el modelo cambia el nombre de estos archivos por el de *fort.1*.

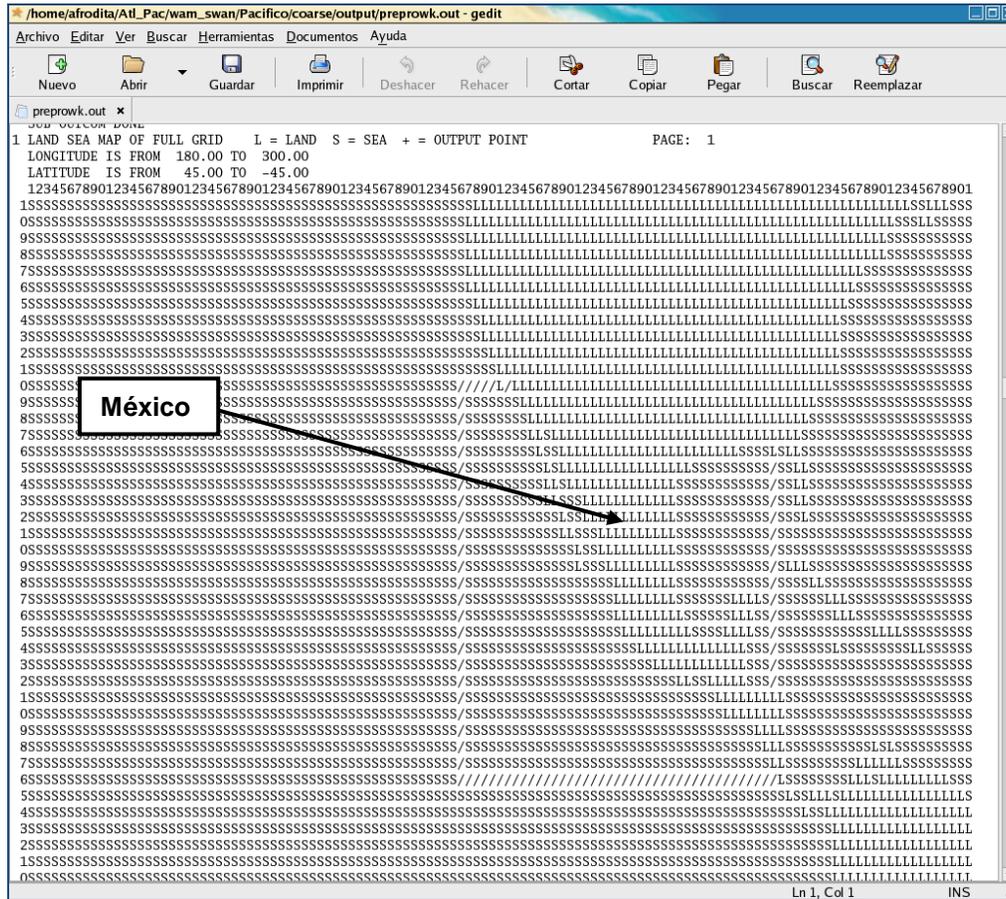


Figura 1.17. Malla anidada (L= tierra, S=mar, / =límites anidamiento).

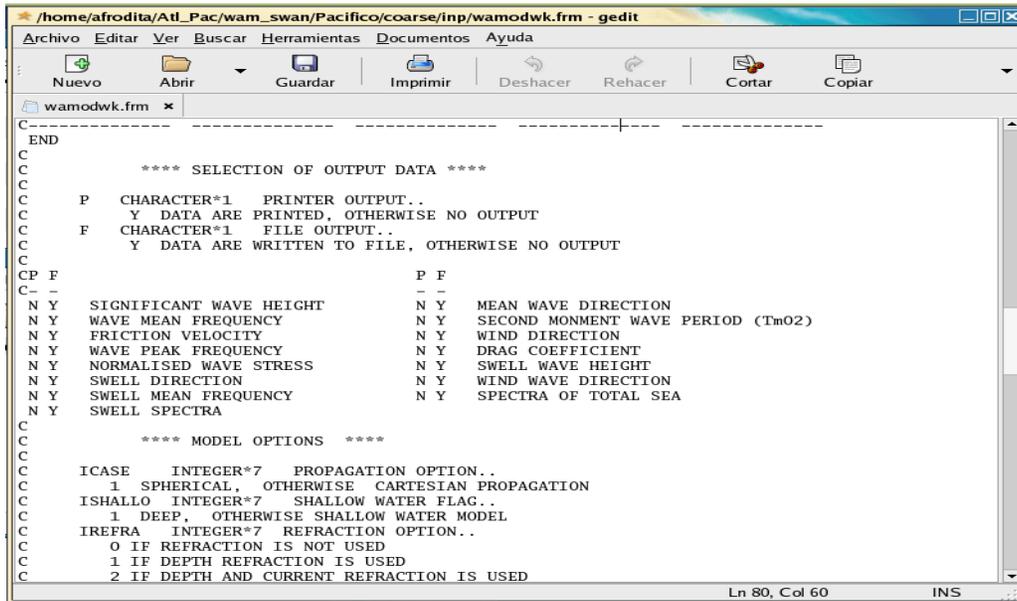


Figura 1.18. Opciones para datos de salida en la simulación con WAM.

Al final del procesamiento, en el módulo del *WAMODEL*, se obtienen archivos de salida de datos con los nombres de *CBO*, *MAP*, *SPE*, *SWE* y *SWS*. En su sintaxis llevan a la derecha la fecha que se simuló, con un formato de *YYYYMMDDhhmmss*, la extensión usada es *“.OUT”*. Por ejemplo: el archivo *CBO19830825000000.OUT* contiene datos del 25 de agosto de 1983. Estos archivos se guardan cada día y en ellos existen 12 fechas diferentes, ya que las simulaciones se guardan cada 2 horas; es decir, en el ejemplo existen datos del 25 de agosto de 1983 a las 00 hrs, a las 02 hrs, 04 hrs, 06 hrs, 08 hrs, 10 hrs, 12 hrs, 14 hrs, 16 hrs, 18 hrs, 20 hrs y a las 22 hrs.

Principalmente, los *CBO* contienen condiciones de frontera para la malla anidada. Los *MAP* almacenan datos que se utilizan para el post procesamiento de datos de salida del *WAM*. Los *SPE*, *SWE* y *SWS* contienen datos de espectro de oleaje para diferentes variables.

Al finalizar el procesado de datos se ejecutó el programa *post_proc_runner.exe*, el cual utiliza los datos generados por el *wam_runner.exe*. Estos datos están contenidos en los archivos de salida *MAP*. Las especificaciones para ejecutar este programa vienen dadas en el archivo *pgridwk.frm*.

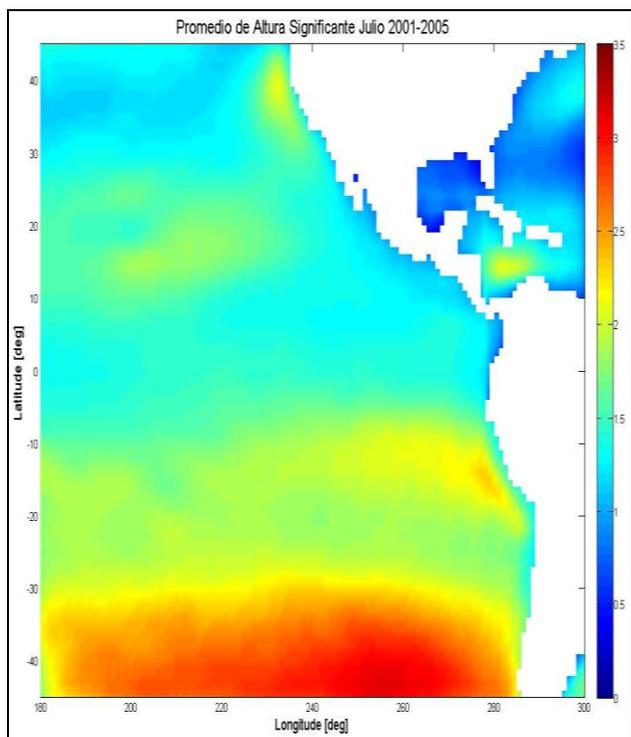


Figura 1.19. Promedio de altura significativa para el mes de julio del periodo 2001-2005.

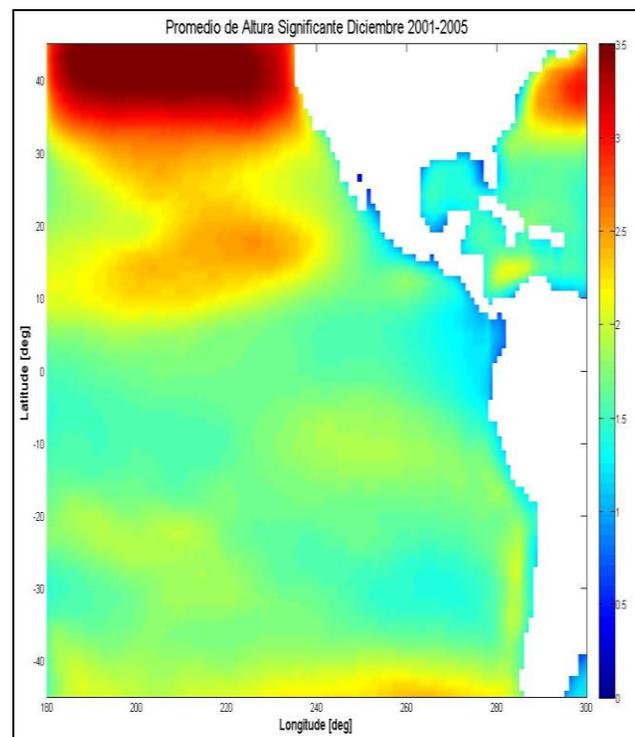


Figura 1.20. Promedio de altura significativa para el mes de diciembre del periodo 2001-2005.

Para la verificación de los resultados de la modelación se extrajeron las variables de altura significativa de ola, dirección de oleaje y periodo pico. De estos se tomó el promedio de los meses de julio y diciembre de un periodo comprendido entre los años 2001 y 2005 (figuras 1.19 y 1.20), donde se aprecian en mayor intensidad los efectos de las tormentas invernales, las cuales generan vientos intensos, en el caso de julio, esto sucede en el Hemisferio Sur, donde se localizan las máximas alturas de oleaje, observándose efectos locales como en el Caribe, asociado a la corriente en Chorro del Caribe, observada con mayor intensidad en esta época del año, de igual forma se observan máximos relativos en las costas de California y centro-este del Pacífico. Para el graficado de estos resultados del WAM, se realizó un programa en MATLAB llamado *dfinal_pgrid_promJul_Dic.m* (incluido en el anexo E).

1.5.2. Modelación de oleaje para la malla grande del Atlántico

Las simulaciones para la malla Grande del Atlántico (GA) fueron similares que las de la malla Grande del Pacífico (GP). Las resoluciones espaciales en latitud y longitud es de 1°, el paso del tiempo de los vientos fue a cada 6 horas y los datos de salida se almacenaron cada 2 horas. Las coordenadas de esta malla se especifican en la tabla 1.7. Los datos de la malla anidada se utilizan para establecer y almacenarlas como condiciones de frontera al realizar las simulaciones. Los datos que se generen en base a éstas se utilizarán para forzar el modelo de oleaje SWAN tomándolas como condiciones iniciales en mallas regionales.

Tabla 1.7. Coordenadas de la malla Grande del Atlántico y su anidamiento.

	Atlántico	Anidamiento
Lat. Min.	5° N	10° N
Lat. Max.	35° N	32° N
Lon. Min.	262° E	262° E
Lon. Max.	0° E	300° E

El despliegue de la batimetría se encuentra en el archivo de salida *preprowk.out* (figura 1.21). En esta visualización se verifica que el modelo lea de forma correcta la misma ya que es de vital importancia al momento que resuelve la ecuación de transporte de energía en cada paso del tiempo.

Las opciones de variables de salida para el modelado en la malla GA son las mismas que se establecieron para la malla GP (figura 1.15). Los archivos de entrada, donde se señalan las coordenadas de malla, fechas y variables de salida del modelado en WAM, son: *preprocwk.frm*, *presetwk.frm*, *wamodwk.frm* y *pgridwk.frm*.

Los programas anteriores tienen sus correspondientes ejecutables para la malla GA: *wam_compiler.exe*, *wam_runner.exe* y *wam_post_proc_runner.exe*.

En general, el procedimiento de las simulaciones para ambas mallas fue el mismo. Lo que difiere son las áreas tanto de mallas grandes como en los anidamientos, las rutas de ubicación de los archivos de entrada y salida. También cambian los nombres de los archivos de datos para la batimetría y los vientos.

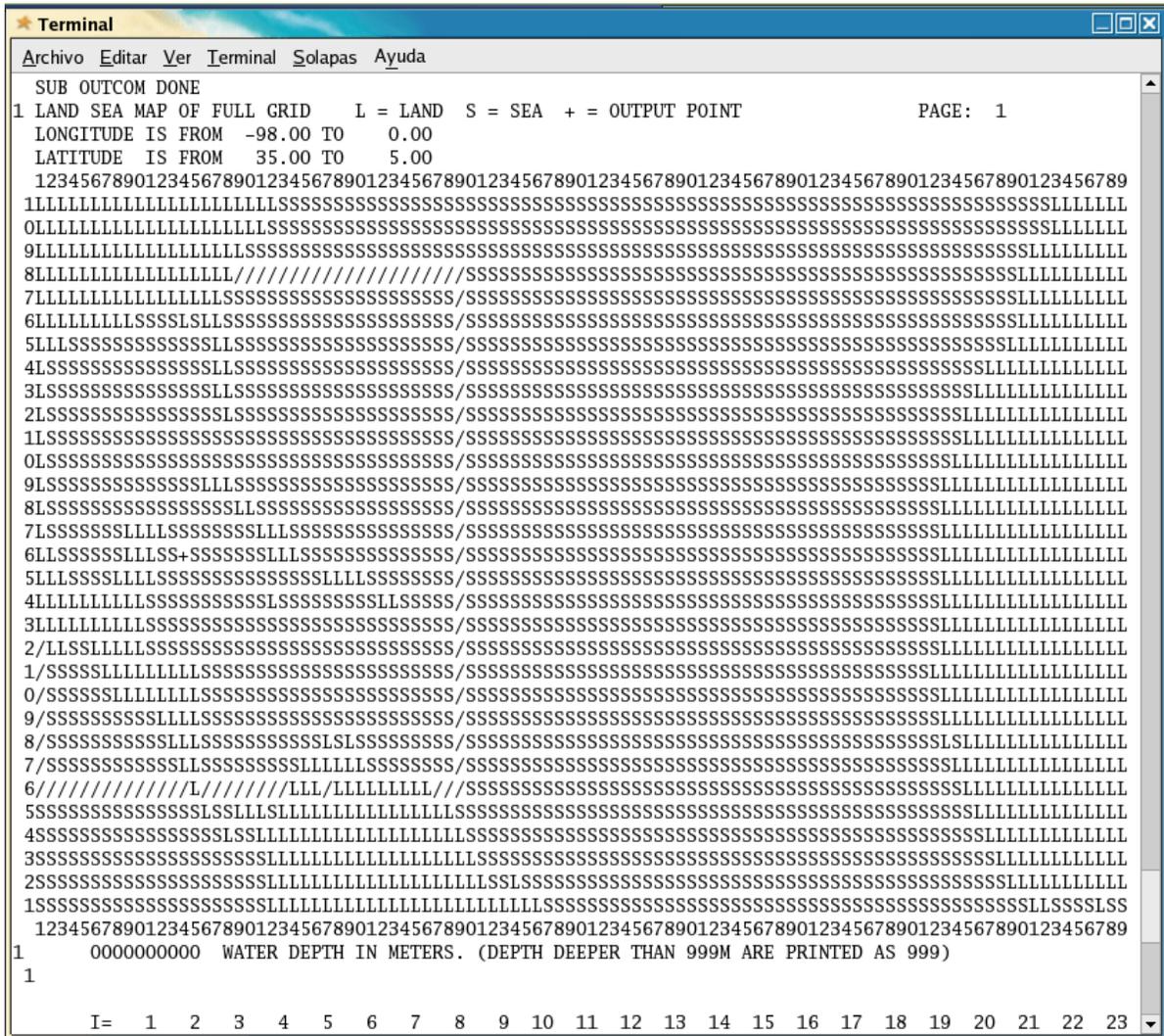


Figura 1.21. Malla anidada (L= tierra, S=mar, / =límites anidamiento).

El archivo de batimetría se nombró como *atlantic.bot*. Cabe señalar que la batimetría obtenida inicialmente para el Atlántico fue con un cambio en longitud y latitud de 2 minutos. Sin embargo, al realizar las simulaciones el forzamiento no se logró debido a que se utilizaba una alta resolución respecto al área total de modelado. Por lo cual, se realizó nuevamente la extracción de los datos, ahora con una resolución de 6 minutos tanto para la longitud como la latitud.

A diferencia del modelado en la malla GP, para la malla GA los vientos se guardaron en un solo archivo y su nombre es *WIND10uv_60-10CA.WND*.

Los datos de salida se almacenaron en archivos llamados *CBO*, *MAP*, *SPE*, *SWE* y *SWS* en su sintaxis, seguidos de las fechas modeladas; al igual que en la malla GP. Cabe señalar que no existe diferencia en los nombres para ambas mallas, sólo que se localizan en diferentes directorios.

El post procesado se llevó a cabo mediante el programa *post_proc_runner.exe*. Los datos de entrada fueron los archivos “.MAP”, que se tomaron de las salidas del *wam_runner.exe*. Al compilar este programa, el archivo de salida fue el *pgridwk.out*. Para efectos de comprobar las simulaciones sólo se extrajeron las variables de altura significativa de ola, dirección de oleaje y periodo pico.

La información obtenida de estas modelaciones es vasta, en la tabla 1.8 se enlista una síntesis de la misma.

Tabla 1.8. Datos obtenidos tanto para la malla GP como para la malla GA.

TIPO	NUM. APROX. DE ARCHIVOS	TAMAÑO APROX. (Kb)	FECHA INICIO	FECHA FIN	RES. ESPACIAL	RES. TEMPORAL
CBO	10,950	4,264	01/01/1960	30/12/2010	1º	2 hrs.
MAP	10,950	1,297	01/01/1960	30/12/2010	1º	2 hrs.
SPE	10,950	30	01/01/1960	30/12/2010	1º	2 hrs.
SWE	10,950	193	01/01/1930	30/12/2010	1º	2 hrs.
SWS	10,950	10	01/01/1960	30/12/2010	1º	2 hrs.

Como ejemplo del desempeño del modelo, se muestra la simulación media del mes de julio de 1960 a 1964, donde se identifican los eventos que generan patrones de viento claros, como los vientos alisios que al no cambiar de dirección generan un Fetch grande y con ello oleaje intenso (figura 1.22). En el Caribe se identifica claramente los efectos en oleaje de la corriente en chorro de niveles bajos, la cual es más intensa en julio.

Por otra parte, para el mes de diciembre los vientos alisios se debilitan, observándose más claramente los efectos de tormentas invernales de latitudes altas del hemisferio norte (figura 1.23). Por otra parte, en el Golfo de México se observan los efectos acumulados de Frentes Fríos, los cuales mantienen su dirección generando grandes áreas de oleaje intenso en diciembre.

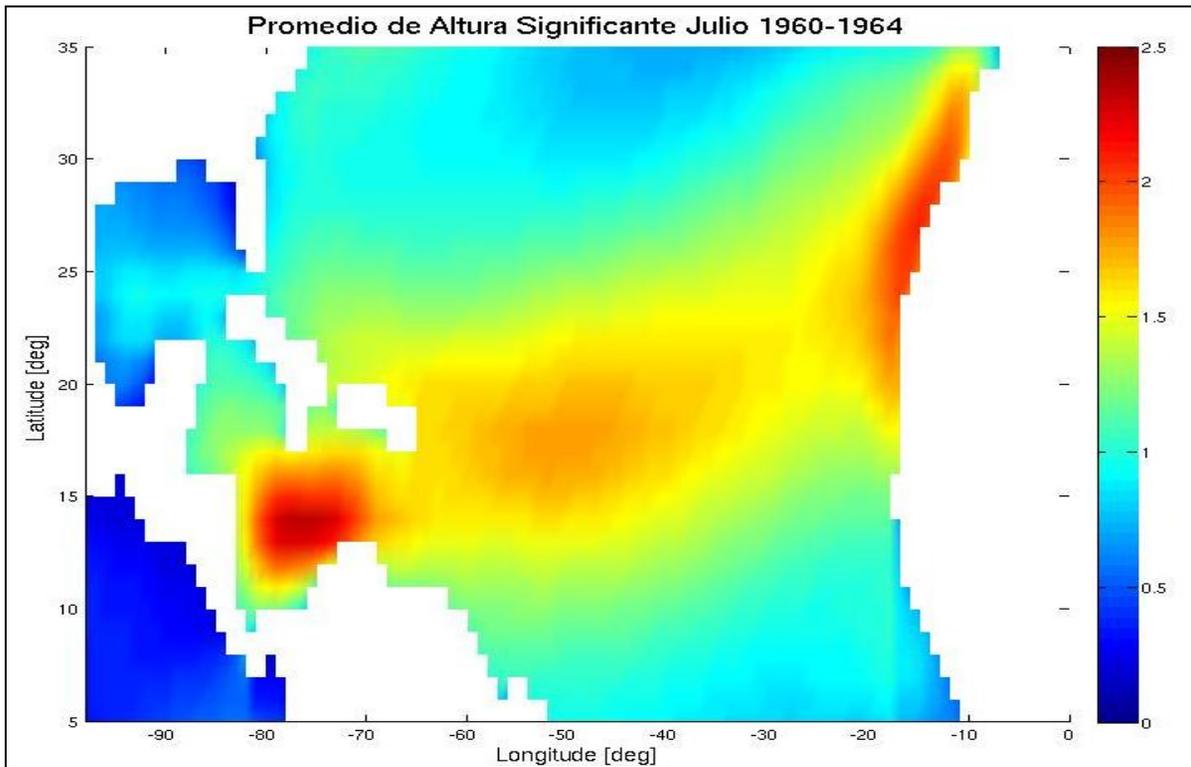


Figura 1.22. Oleaje simulado medio de 5 años con el modelo WAM para el Atlántico.

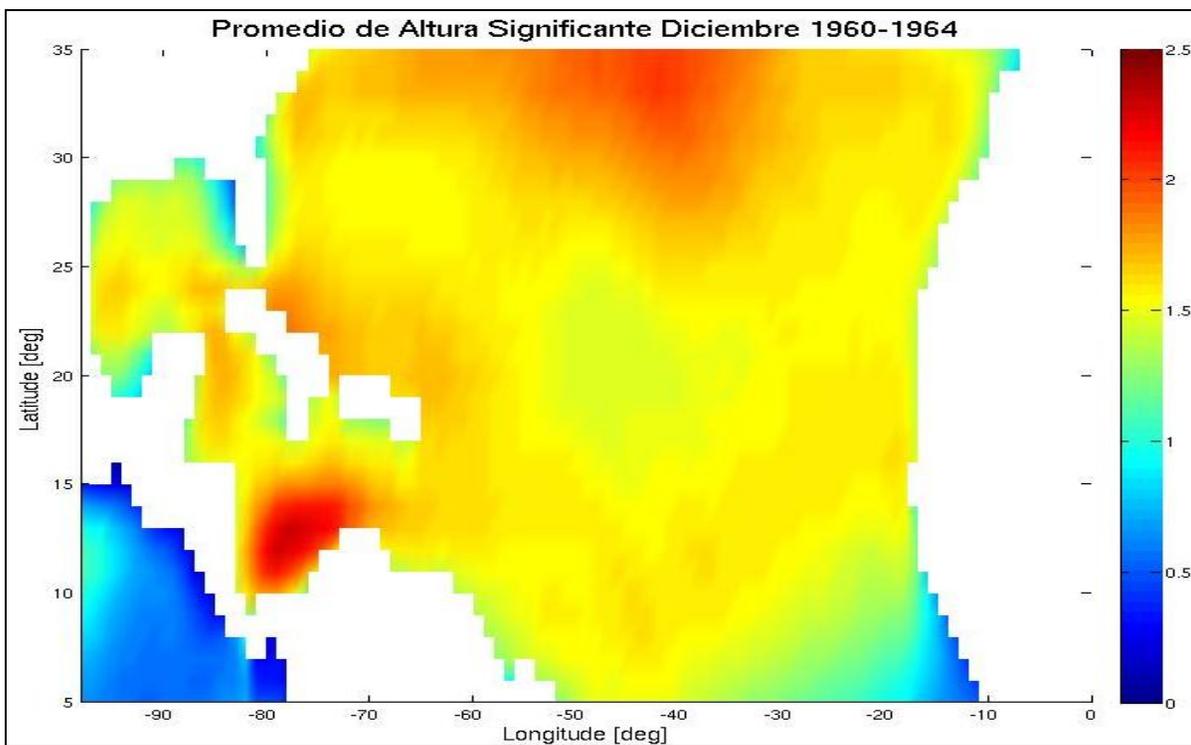


Figura 1.23. Oleaje simulado medio de 5 años con el modelo WAM para el Atlántico.

1.6. Aplicación de análisis estadístico del desempeño del modelo de oleaje por región

Una forma de sintetizar información de la variabilidad espacial y temporal es la aplicación de funciones empíricas ortogonales (EOF, por sus siglas en inglés) a series de tiempo muy largas, como es el caso de las simulaciones numéricas de altura significativa, cuya resolución temporal es de 24 hrs.. Este análisis se aplicó tanto para las mallas del Pacífico como del Atlántico. A continuación se presentan algunos ejemplos de los resultados de este análisis.

Para el año 1981, la primera componente, la cual explica el 82% de la varianza se observa en el Pacífico Sur la parte dominante (figura 1.24), donde, además de observarse en el Caribe los efectos de la Corriente en Chorro, la cual alcanza vientos medios de 15 m/s.

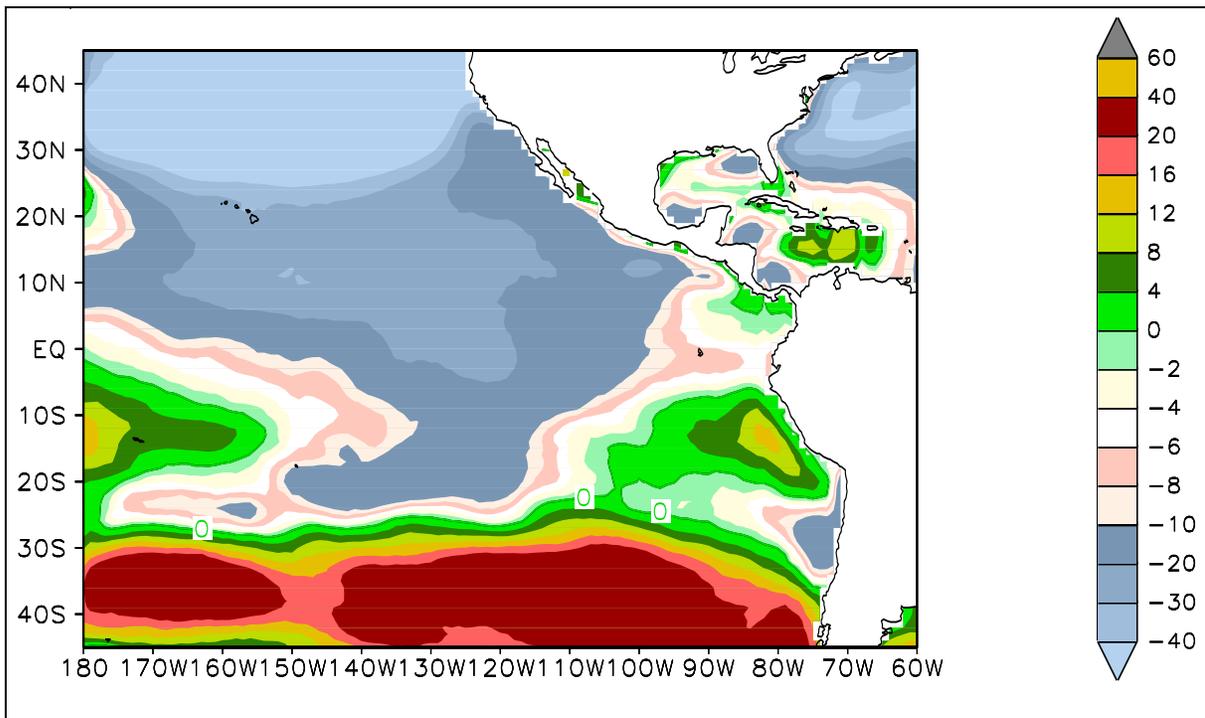


Figura 1.24. Primera EOF, explica el 82% de la varianza (enero-diciembre, 1981).

Para conocer los efectos estaciones de los forzantes atmosféricos, se muestra la separación por trimestre de 1981. Durante enero a marzo, cuando la actividad atmosférica en los Trópicos es menor, dando por ejemplo anomalías negativas en el Caribe (figura 1.25), significando ello una disminución en ese período de la intensidad de esta corriente en chorro, la cual está bien representada tanto en los datos atmosféricos con los que se forzaron los modelos de oleaje, como la dinámica de oleaje simulada en los modelos WAM y SWAN en mallas anidadas. Por otra parte, dada la persistencia de los frentes fríos, la anomalía positiva asociada a este evento se observa claramente en la región norte del Golfo de México (figura 1.25).

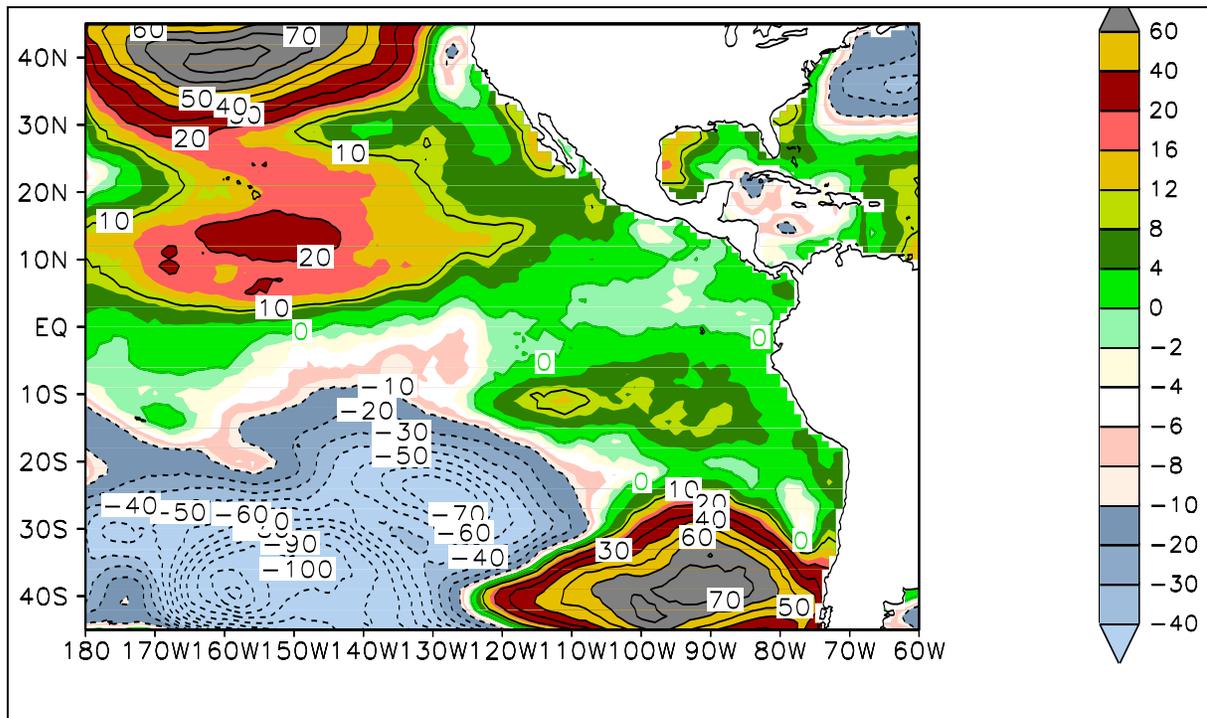


Figura 1.25. Primera EOF, explica el 52% de la varianza (enero-marzo, 1981).

Por otra parte, para el período de mayo a julio, el cual es de mayor actividad atmosférica en los trópicos, se observa en el Caribe los efectos de la citada corriente en chorro sobre el oleaje simulado, teniendo la mayor actividad en el caribe central y del oeste, así como en el Canal de Yucatán y centro del Golfo de México, consecuencia del mismo evento atmosférico (figura 1.27).

Para evaluar la representación del efecto del forzamiento atmosférico del Atlántico en costas mexicanas se presenta la primera componente, donde se aprecia que en el Caribe del oeste y central, además la entrada del Canal de Yucatán son la áreas de mayor impacto para México.

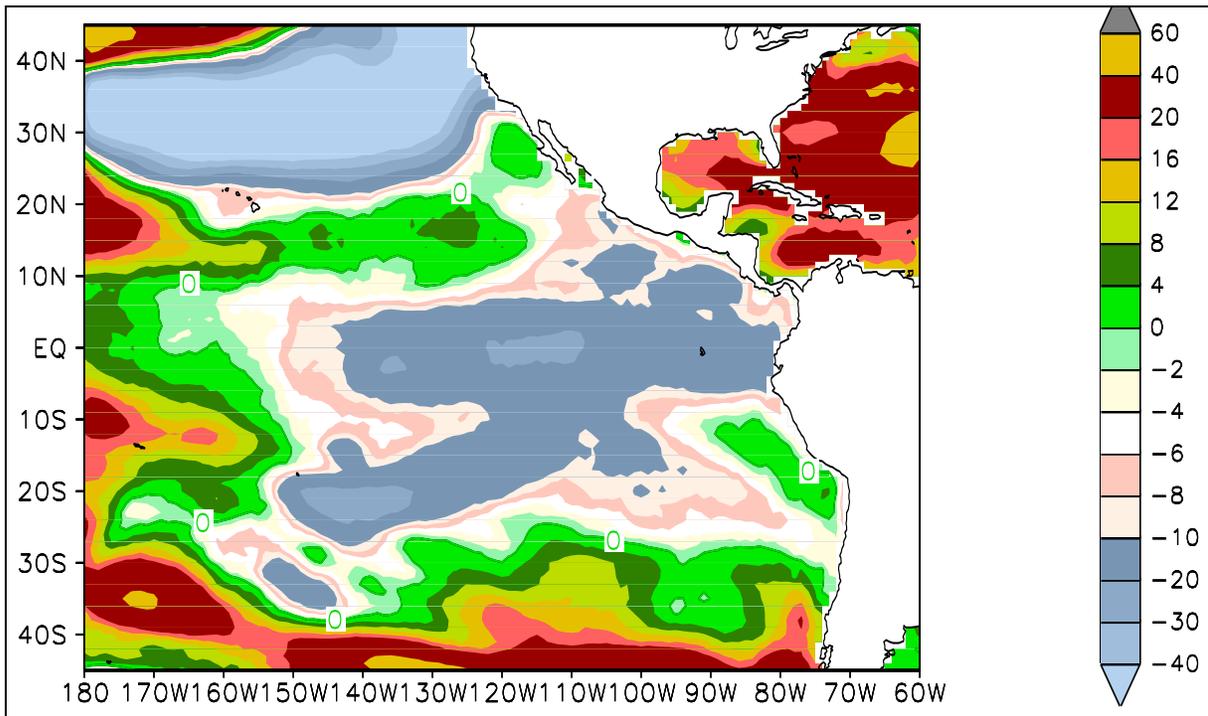


Figura 1.26. Primera EOF, explica el 52% de la varianza (mayo-julio, 1981).

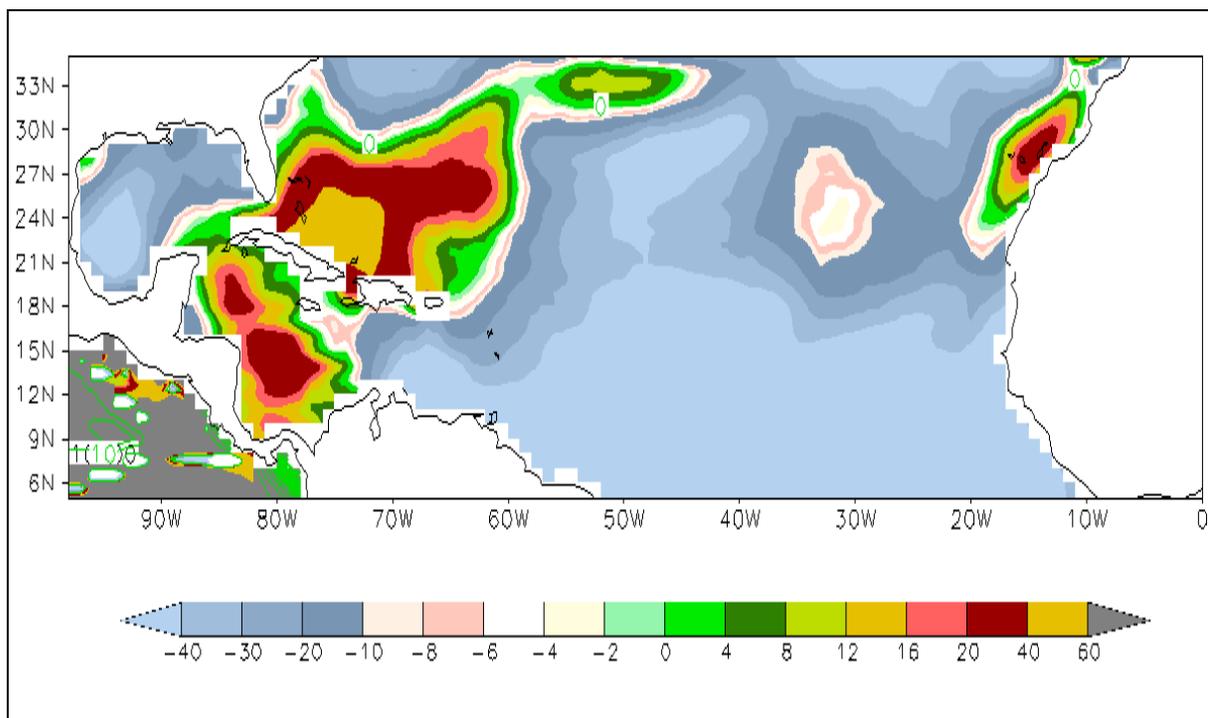


Figura 1.27. Primera EOF, explica el 52% de la varianza (enero-diciembre, 2003)

1.7. Estimación e identificación de las costas mexicanas con mayor potencial energético

El fenómeno de oleaje es provocado por el viento, cuya fricción con la superficie del agua produce un cierto arrastre, dando lugar primero a la formación de rizaduras (arrugas) en la superficie del agua, llamadas ondas u *olas capilares*, de sólo unos milímetros de altura y hasta 1,7 cm de longitud de onda. Cuando la superficie pierde su lisura, el efecto de fricción se intensifica y las pequeñas rizaduras iniciales dejan paso a *olas de gravedad*. Las fuerzas que tienden a restaurar la forma lisa de la superficie del agua, y que con ello provocan el avance de la deformación, son la tensión superficial y la gravedad. Las ondas capilares se mantienen esencialmente sólo por la tensión superficial, mientras que la gravedad es la fuerza que tensa y mueve las olas más grandes.

Cuanto mayor es la altura de las olas, mayor es la cantidad de energía que pueden extraer del viento, de forma que se produce una realimentación positiva. La altura de las olas viene a depender de tres parámetros del viento, que son su velocidad, su persistencia en el tiempo y, por último, la estabilidad de su dirección. Así, los mayores oleajes se producen en circunstancias meteorológicas en que se cumplen ampliamente estas condiciones.

Una vez puestas en marcha, las olas que se desplazan sobre aguas profundas disipan su energía muy lentamente, de forma que alcanzan regiones muy separadas de su lugar de formación. Así, pueden observarse oleajes de gran altura en ausencia de viento.

Con los 51 años de simulación de oleaje, tanto para el dominio gran del Atlántico como del dominio Grande del Pacífico se calcula la energía del oleaje de acuerdo a la fórmula 1.

$$E = \frac{1}{8} g \rho H_s^2 \quad (1)$$

Donde **g** es la gravedad, **p** es la densidad del agua del mar y **H_s** es la altura significativa de la ola.

Se generaron las las graficas de promedio mensual de Altura Significancia y Energía tanto para los dominios del Atlántico (figuras 1.24 a la 1.36) como del Pacífico (figuras 1.37 a la 1.47). Analizando las graficas es apreciable la relación directa entre la altura de ola significativa y la energía de las mismas. Además, los meses con mayor energía debida al oleaje para las costas Mexicanas son: enero, febrero y marzo (figuras 1.24, 1.25 y 1.26 para el Atlántico y 1.36, 1.37 y 1.38 para el Pacífico). Estos meses coinciden con la temporada de frentes fríos en el país y a los meses en los que se presentan más fuerte estos eventos.

En este caso se observa, de igual forma, que la presencia de frentes fríos genera un oleaje que proporciona una mayor energía para el primer trimestre del año que para el resto.

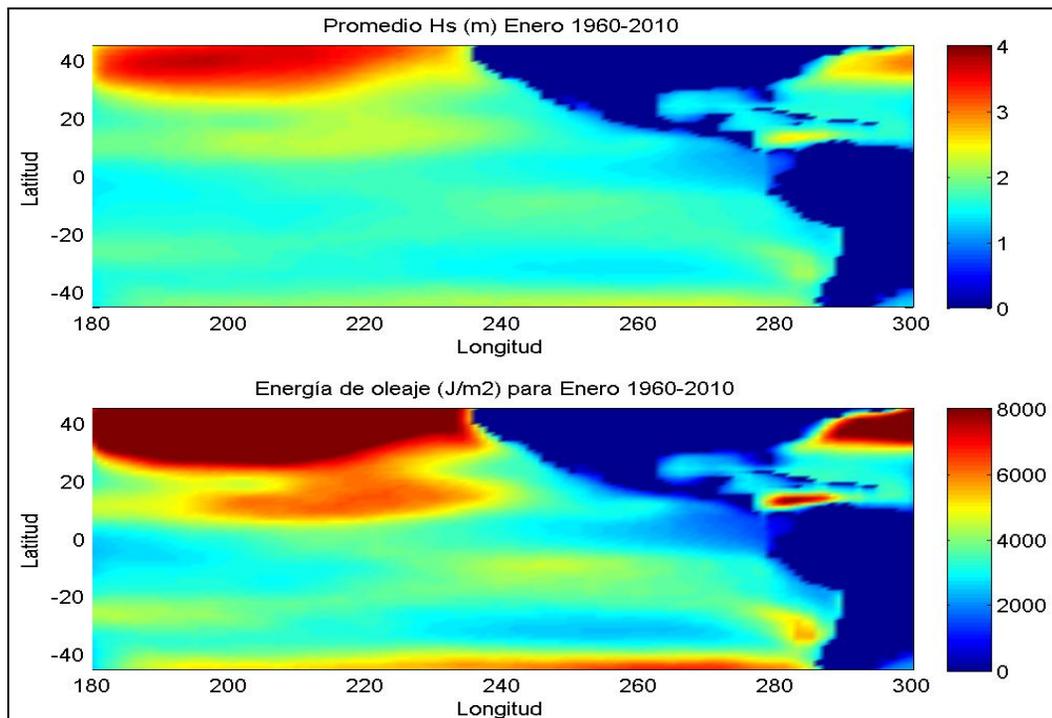


Figura 1.29. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de enero (1960-2010).

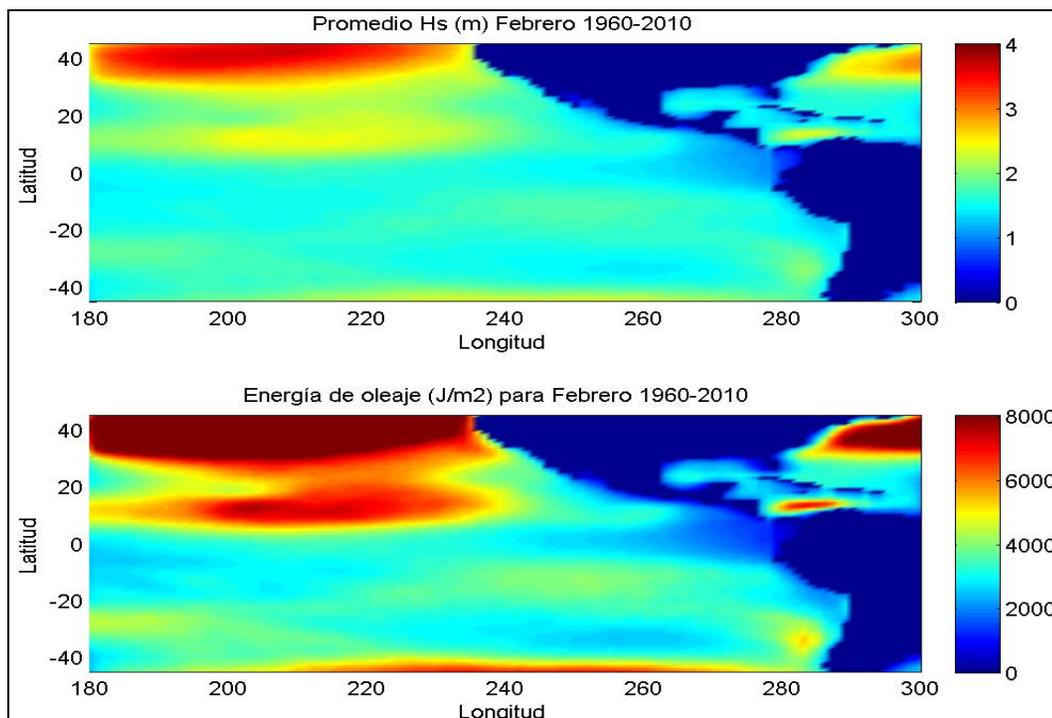


Figura 1.30. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de febrero (1960-2010).

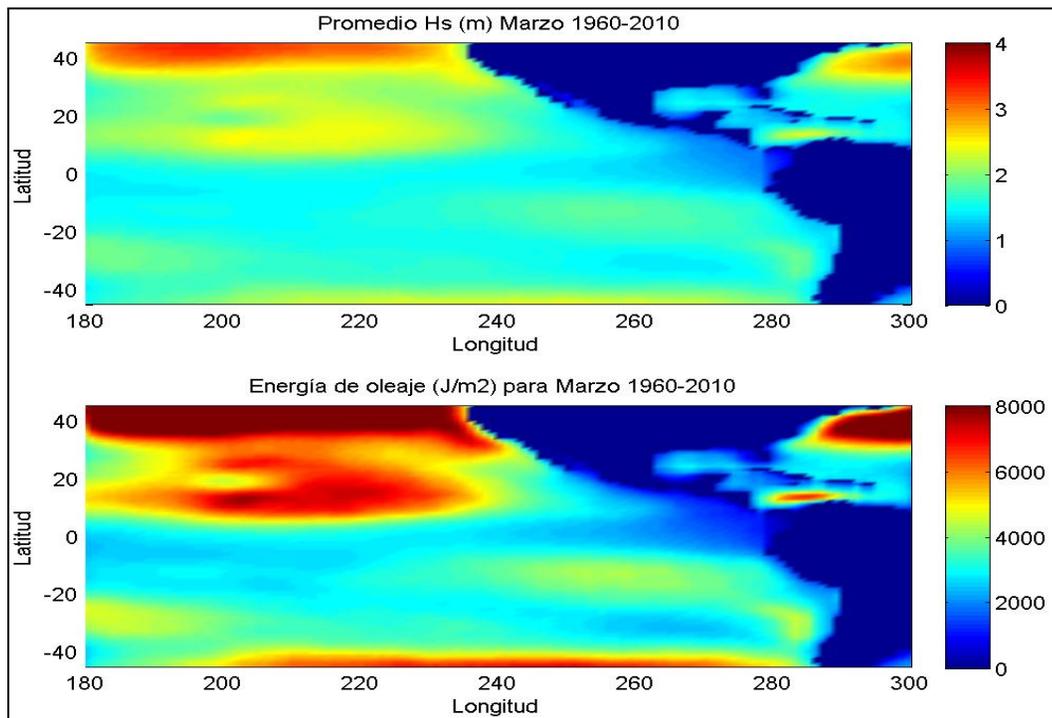


Figura 1.31. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de marzo (1960-2010).

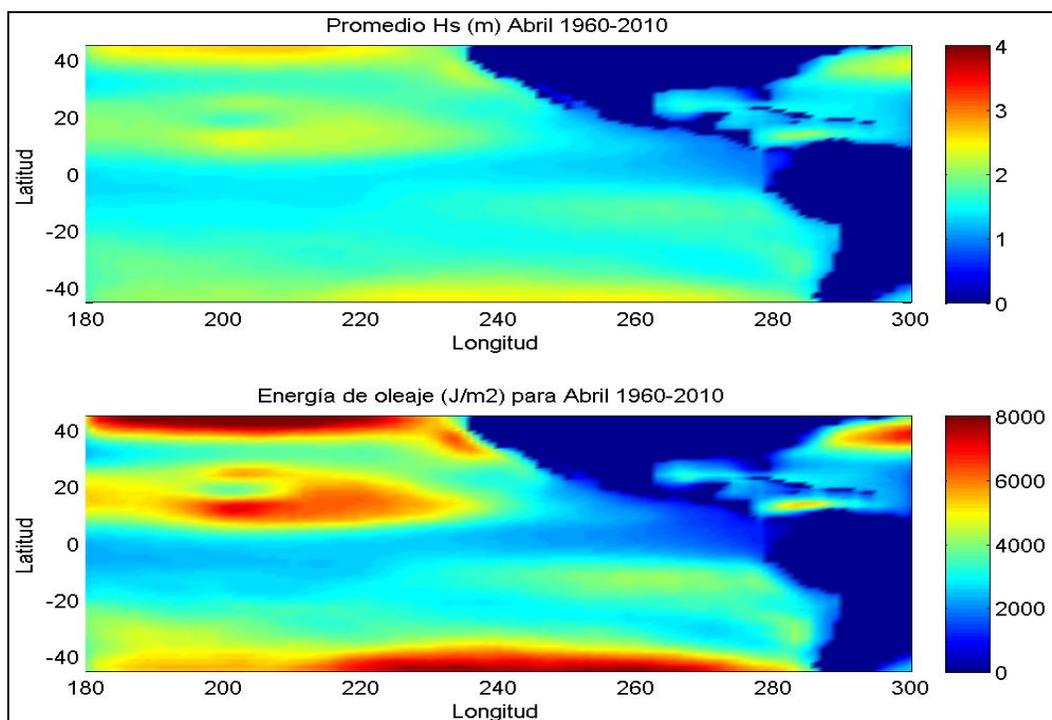


Figura 1.32. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de abril (1960-2010).

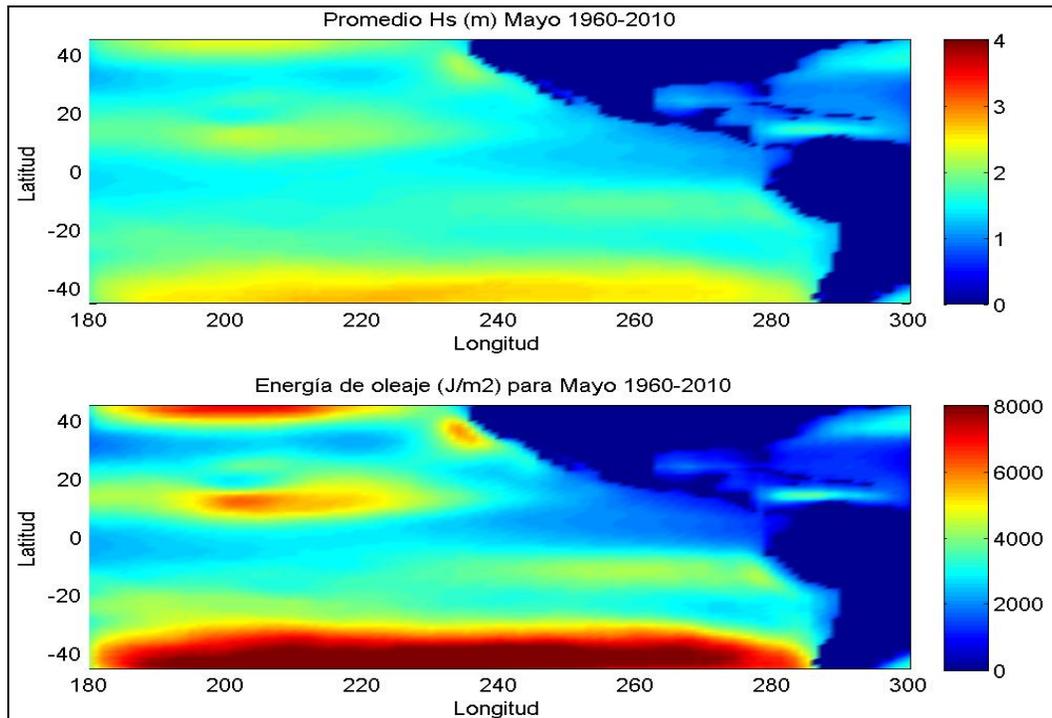


Figura 1.33. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de mayo (1960-2010).

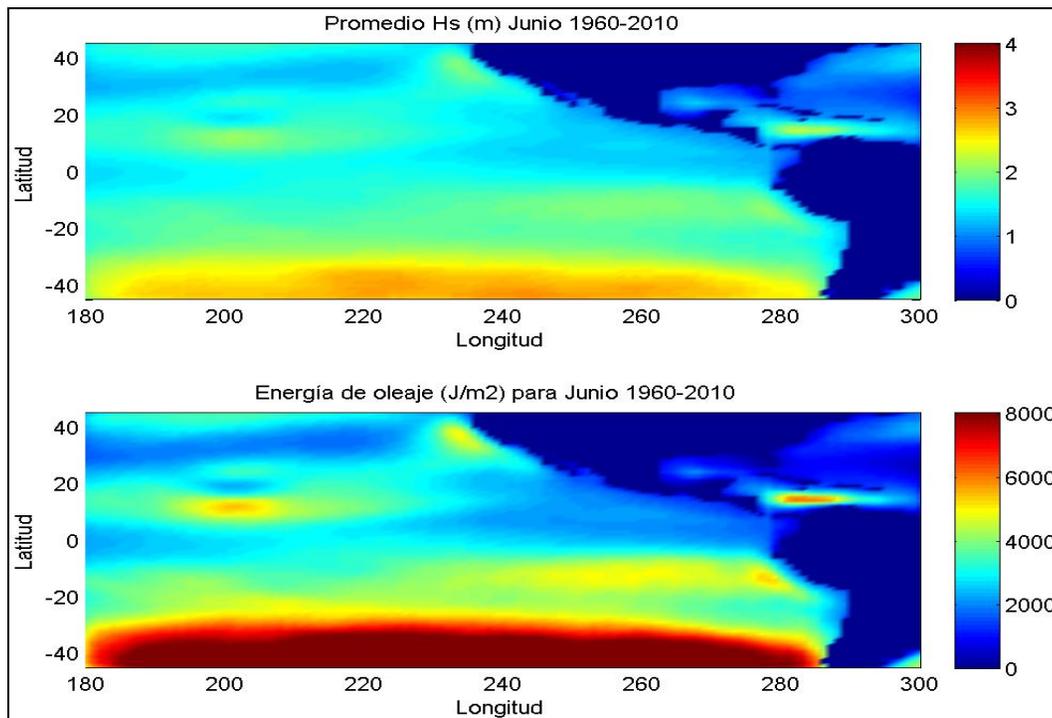


Figura 1.34. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de junio (1960-2010).

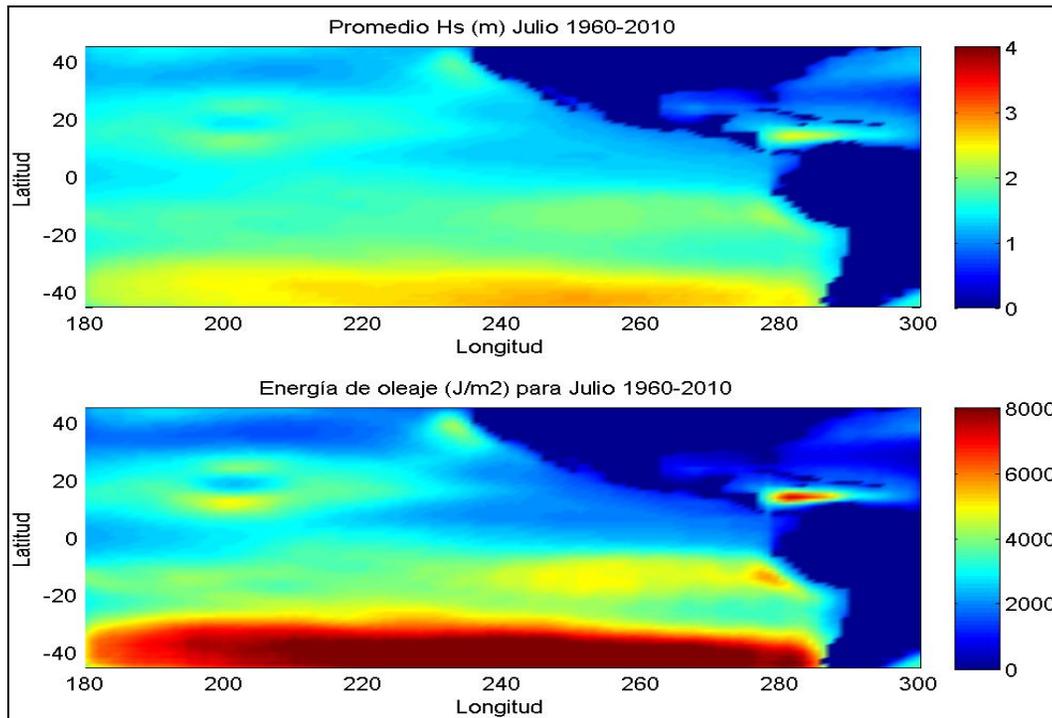


Figura 1.35. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de julio (1960-2010).

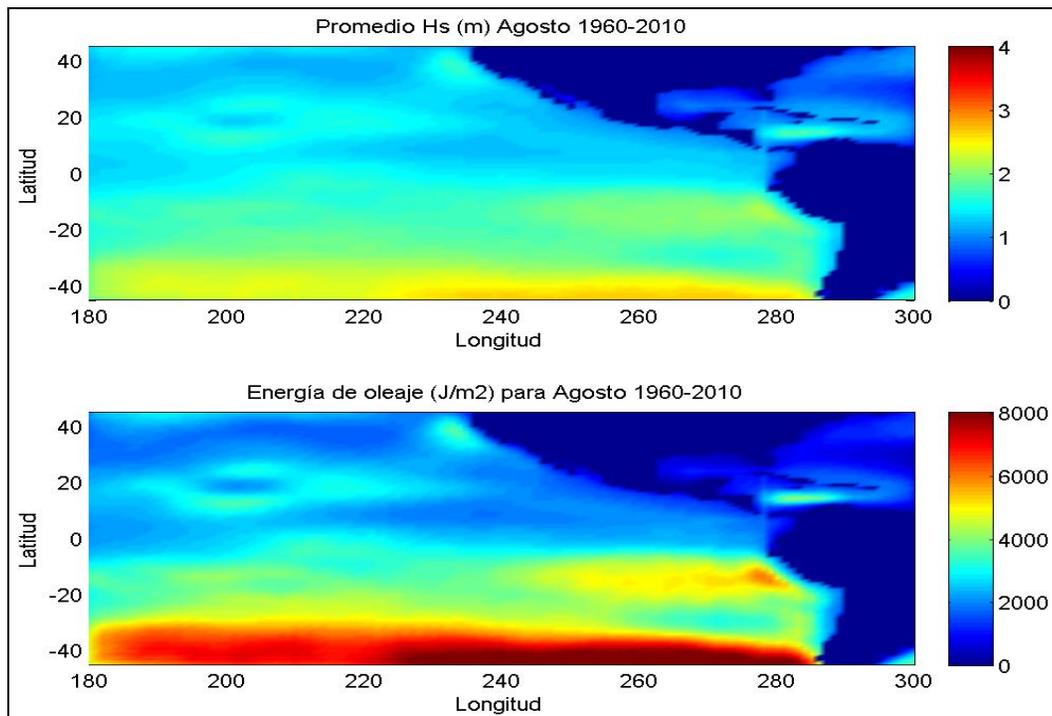


Figura 1.36. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacífico correspondiente al mes de agosto (1960-2010).

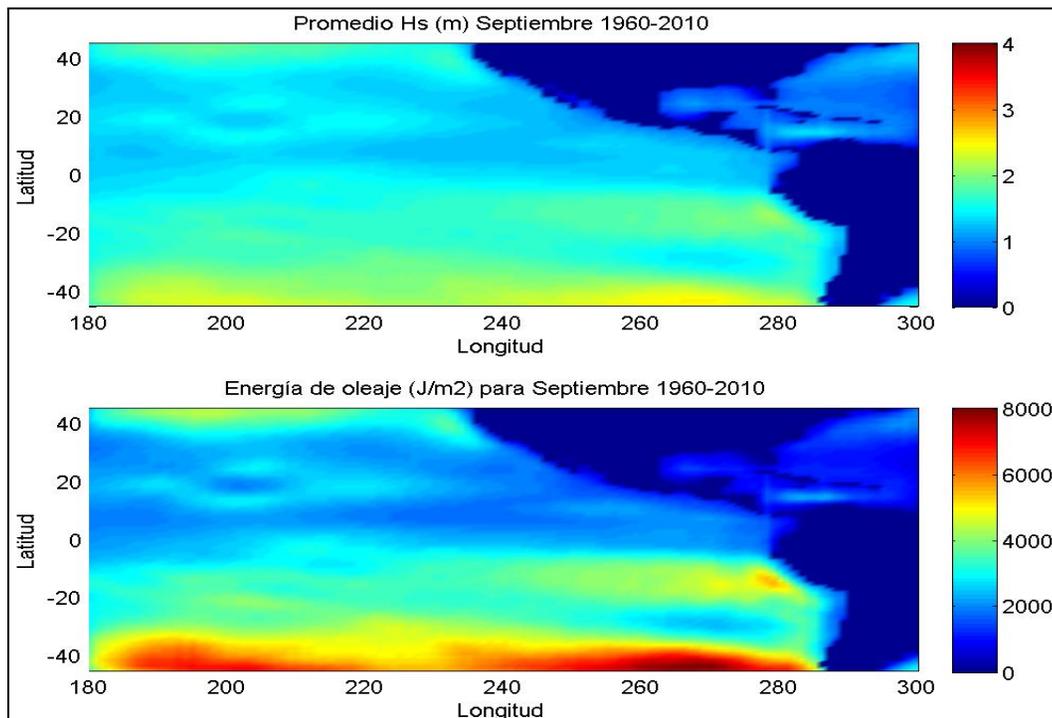


Figura 1.37. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de septiembre (1960-2010).

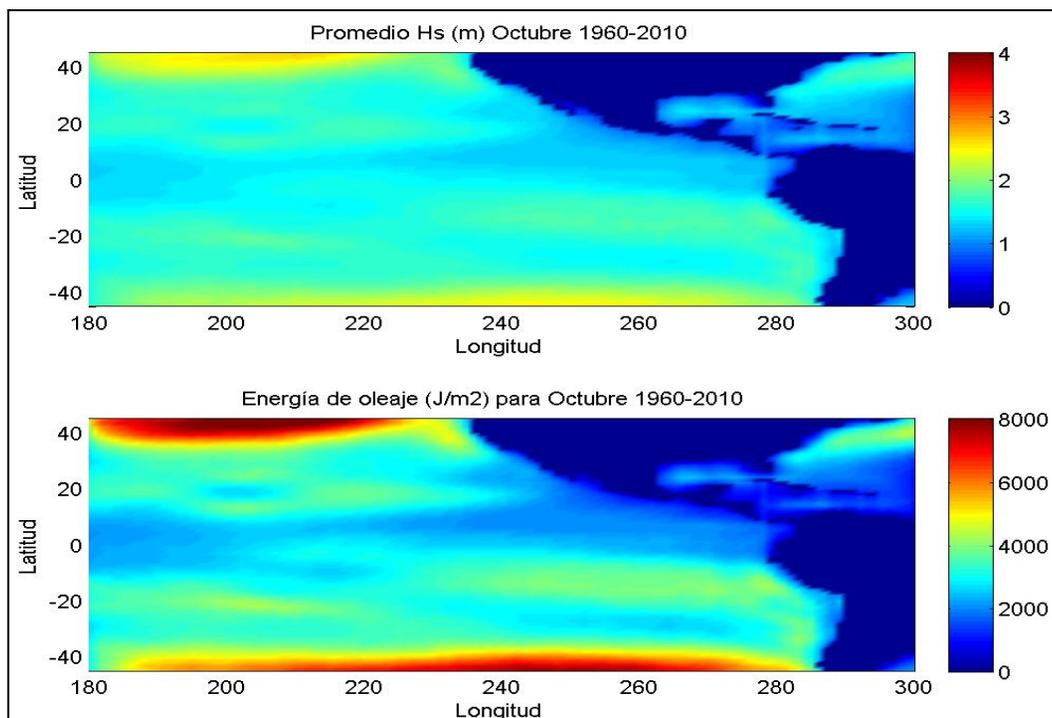


Figura 1.38. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de octubre (1960-2010).

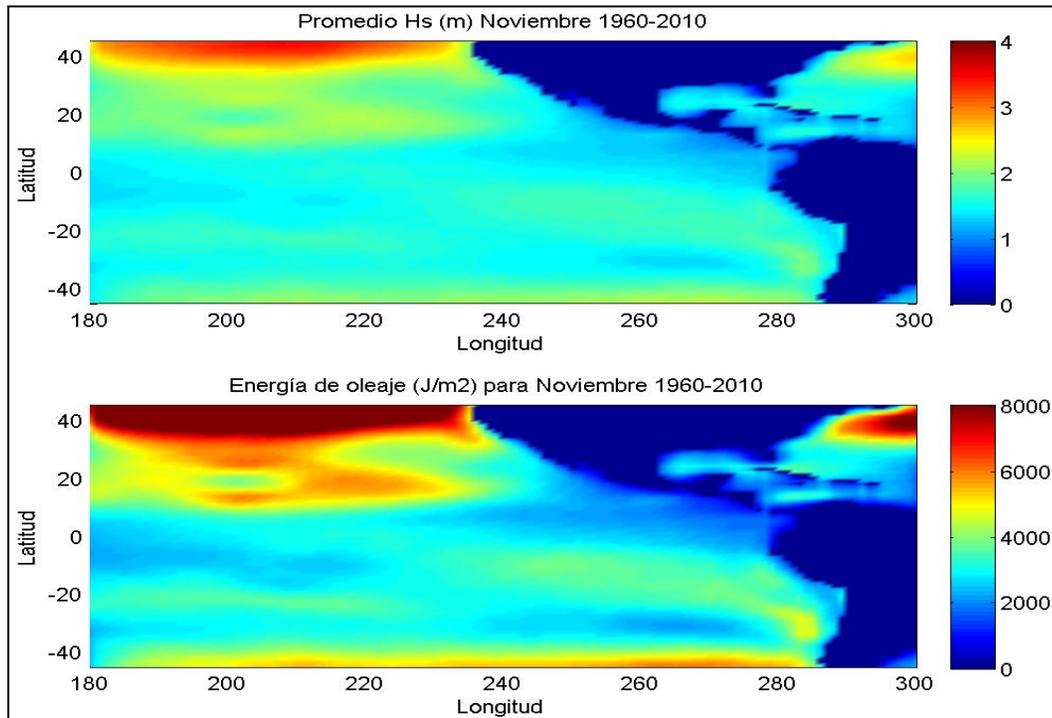


Figura 1.39. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de noviembre (1960-2010).

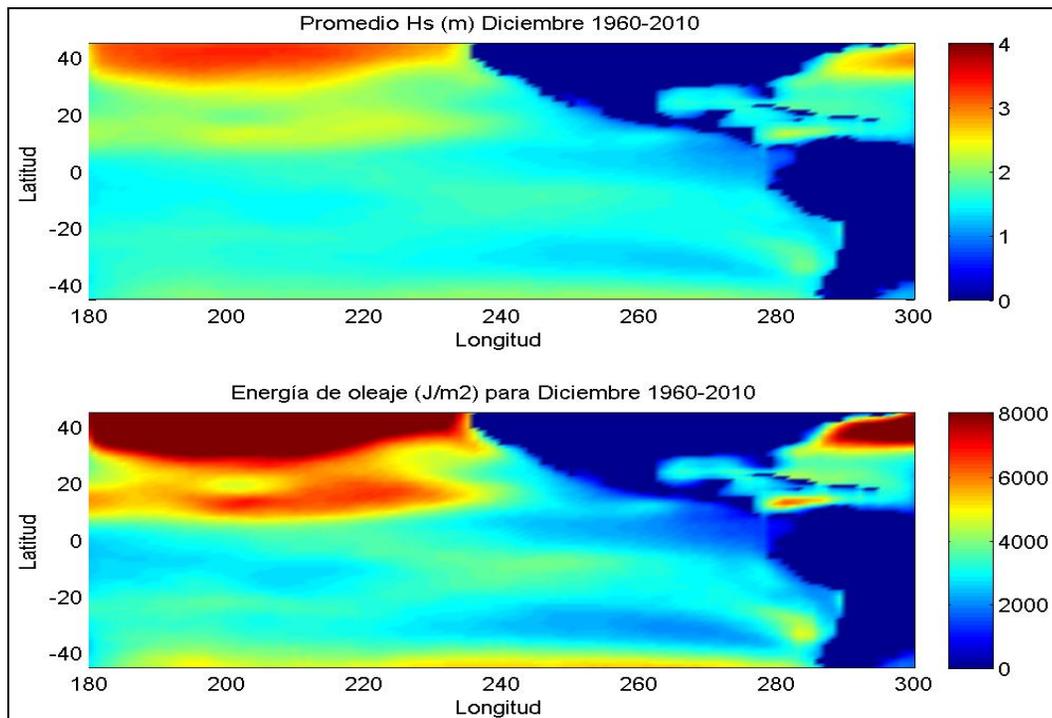


Figura 1.40. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Pacifico correspondiente al mes de diciembre (1960-2010).

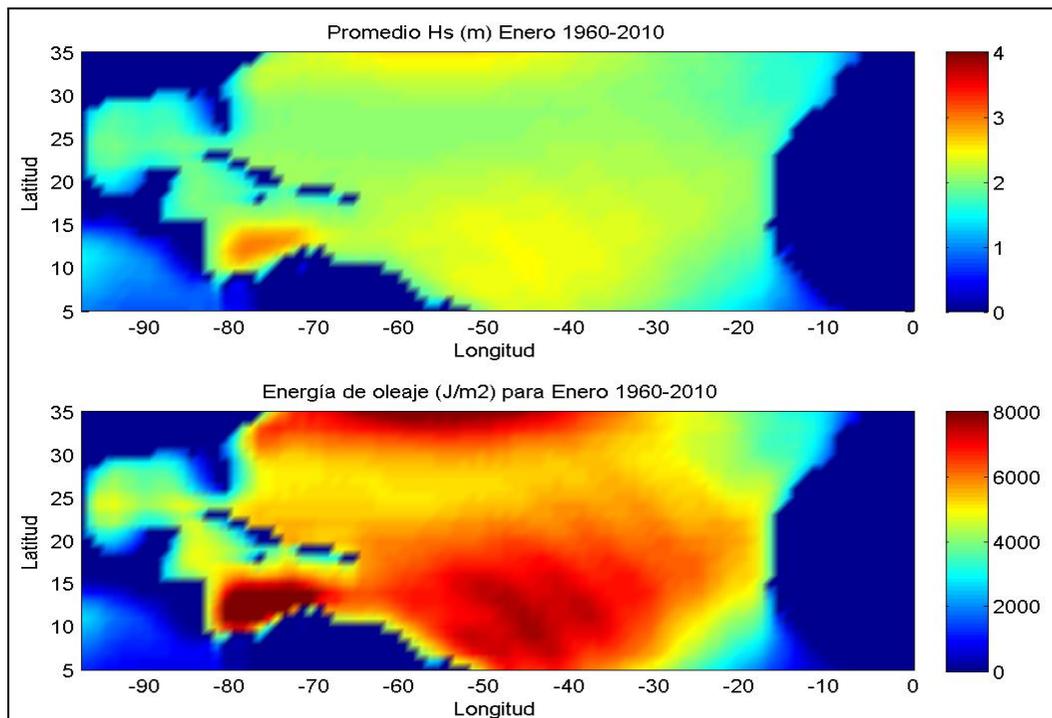


Figura 1.41. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de enero (1960-2010).

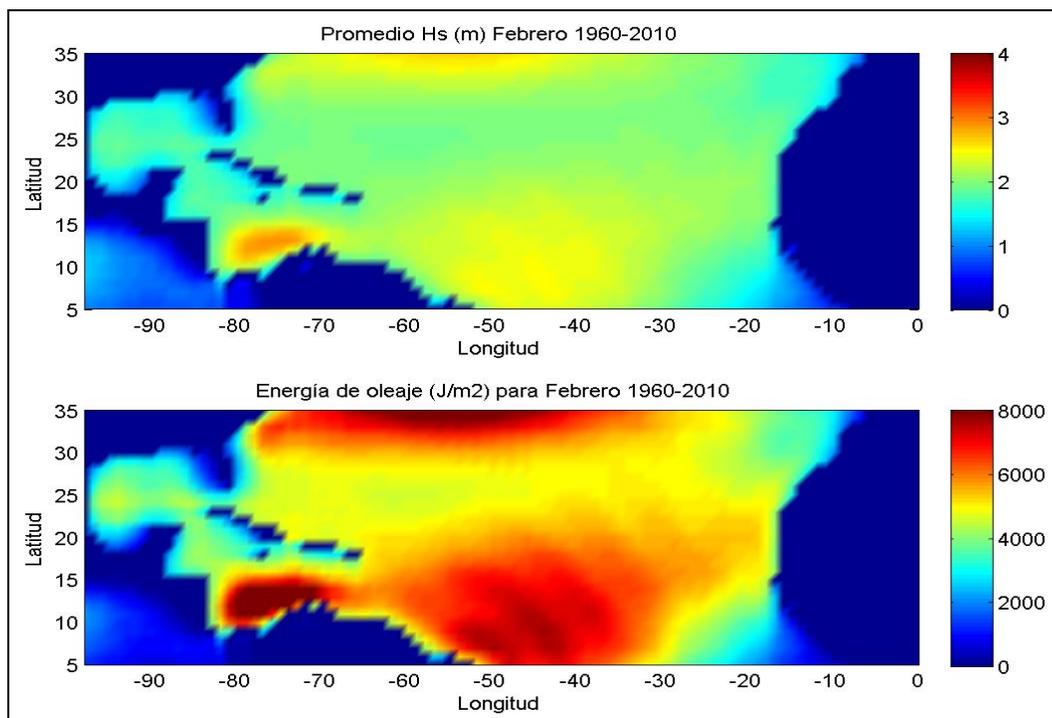


Figura 1.42. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de febrero (1960-2010).

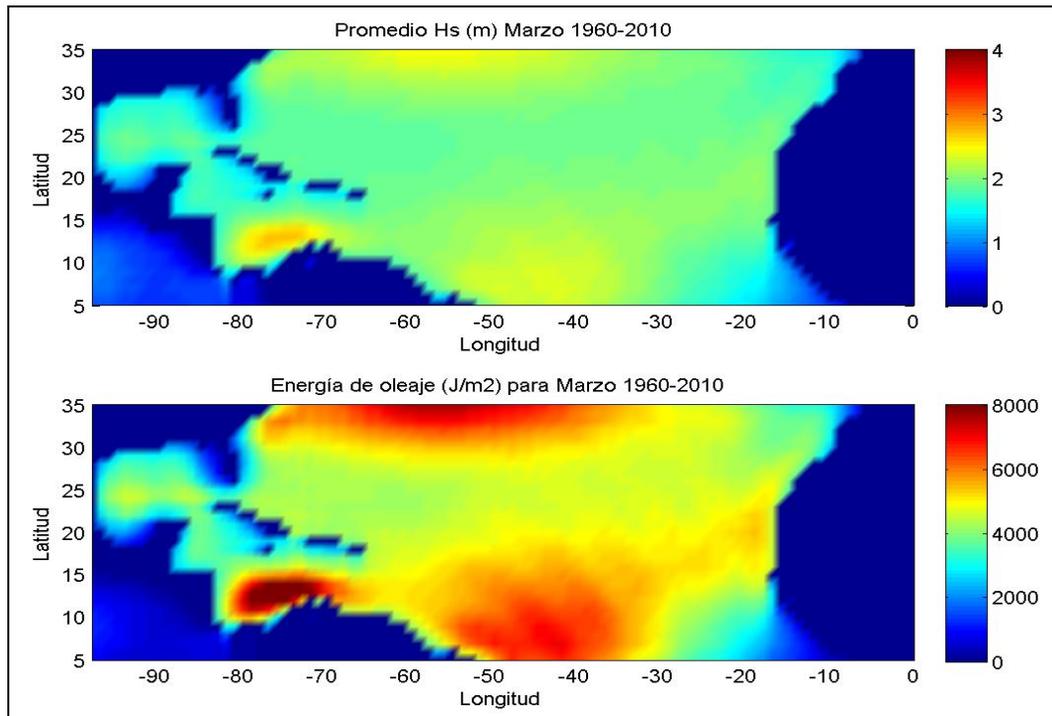


Figura 1.43. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de marzo (1960-2010).

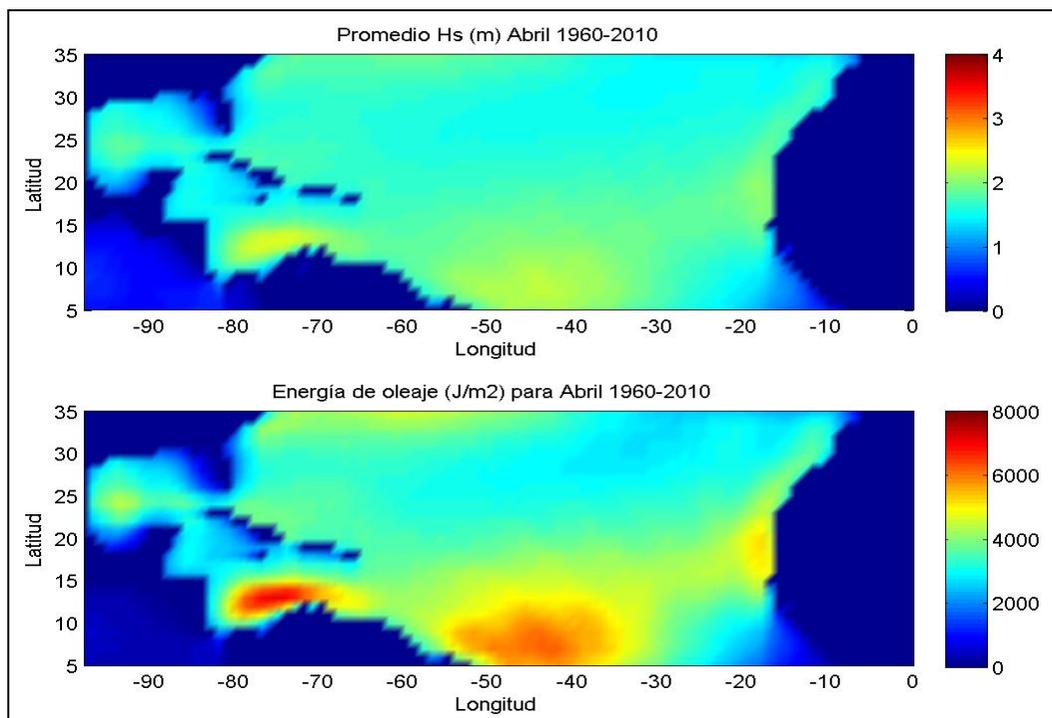


Figura 1.44. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de abril (1960-2010).

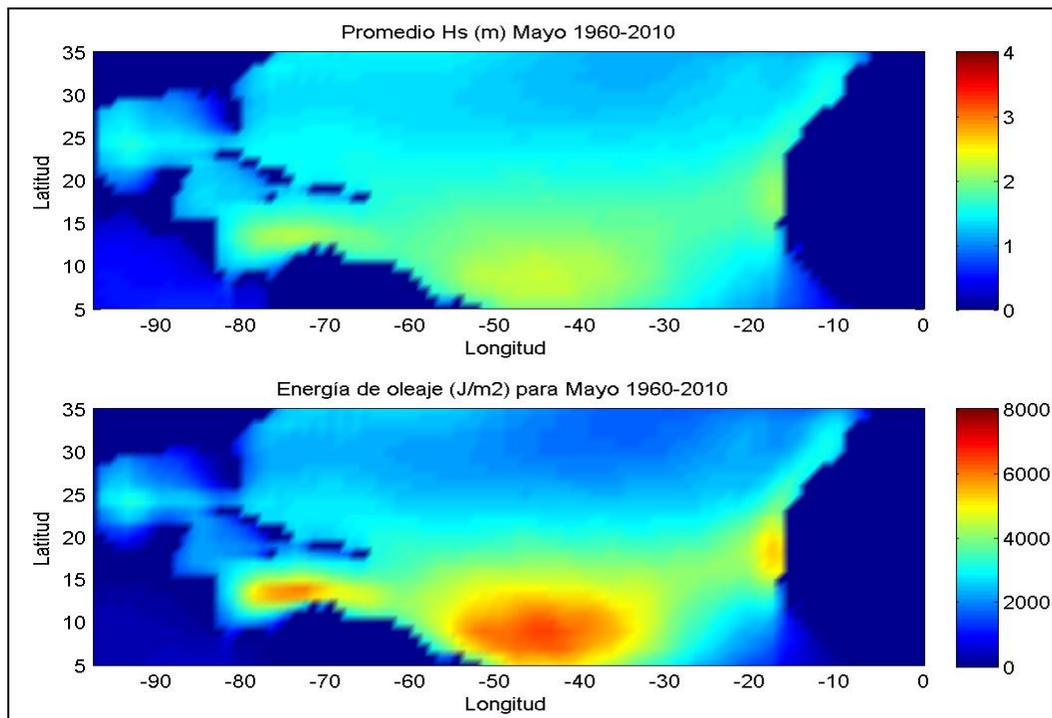


Figura 1.45. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de mayo (1960-2010).

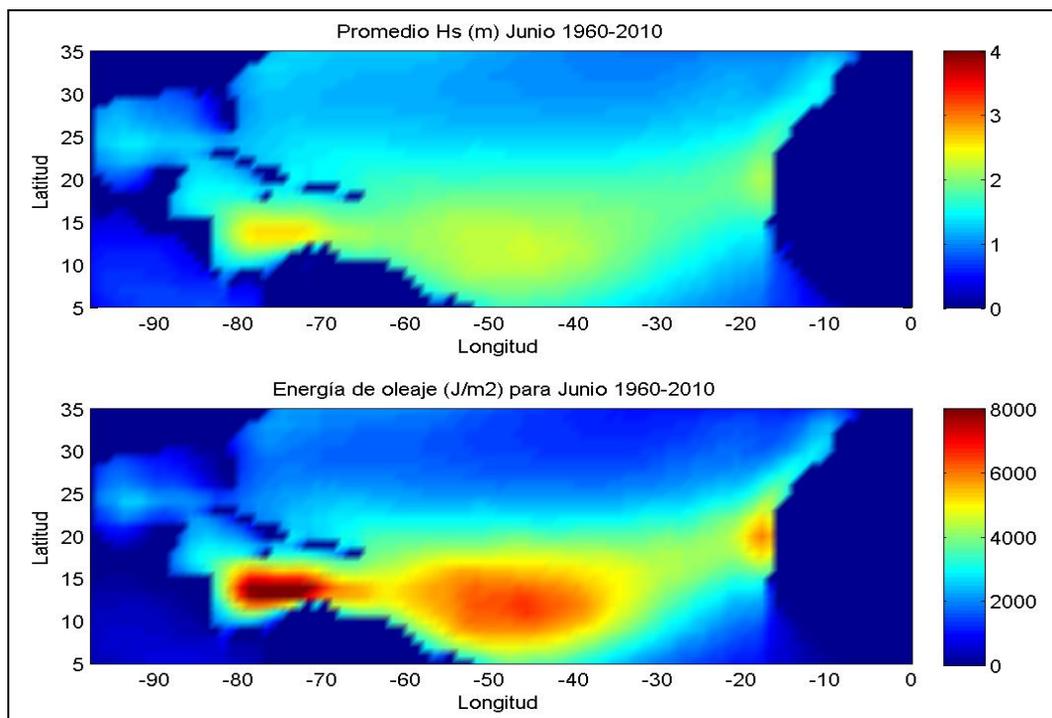


Figura 1.46. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de junio (1960-2010).

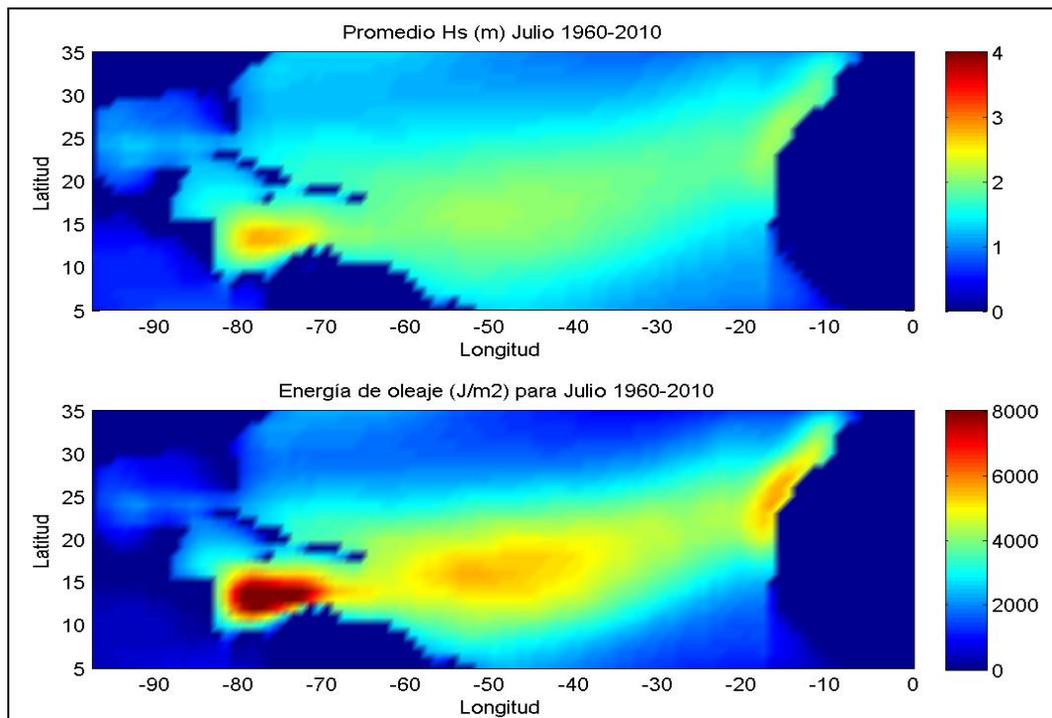


Figura 1.47. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de julio (1960-2010).

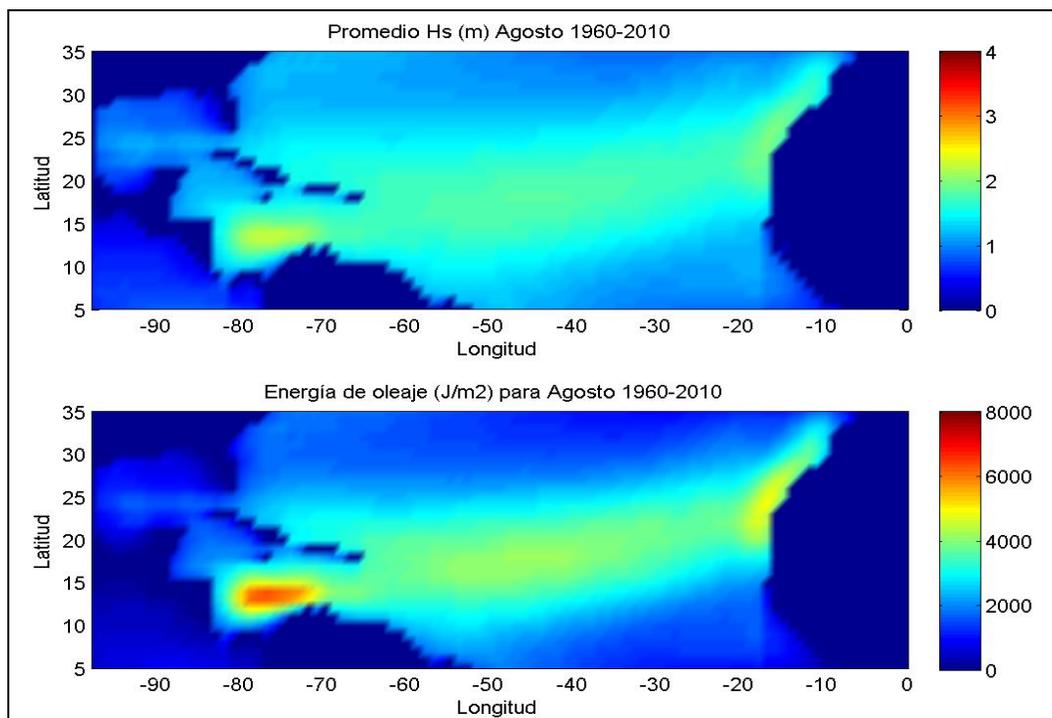


Figura 1.48. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de agosto (1960-2010).

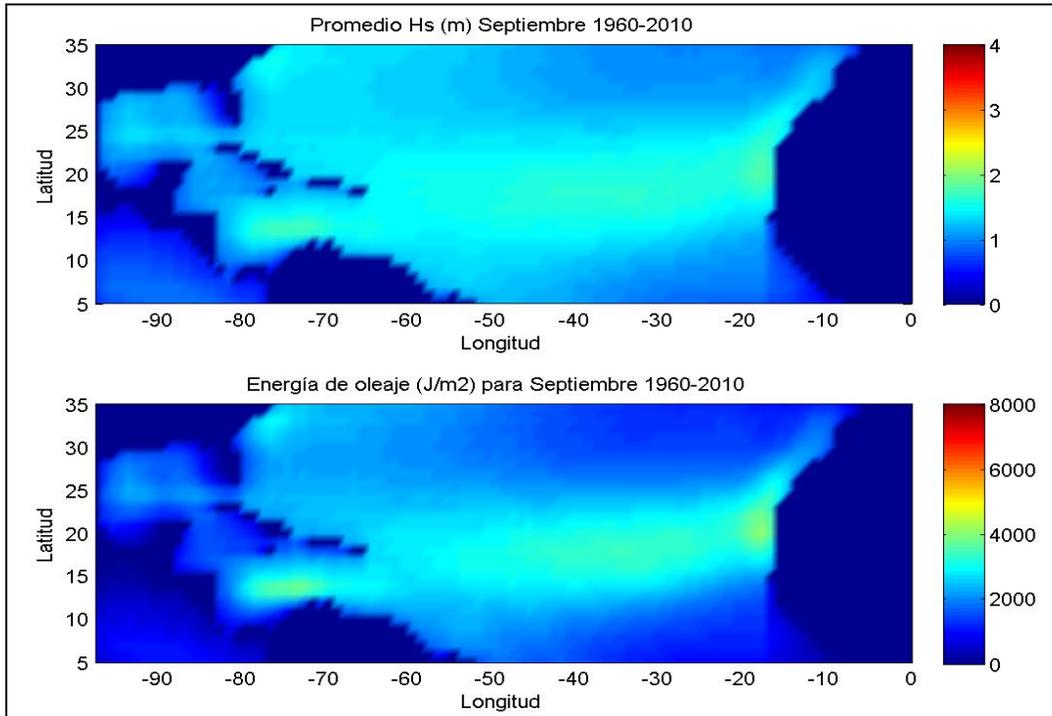


Figura 1.49. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de septiembre (1960-2010).

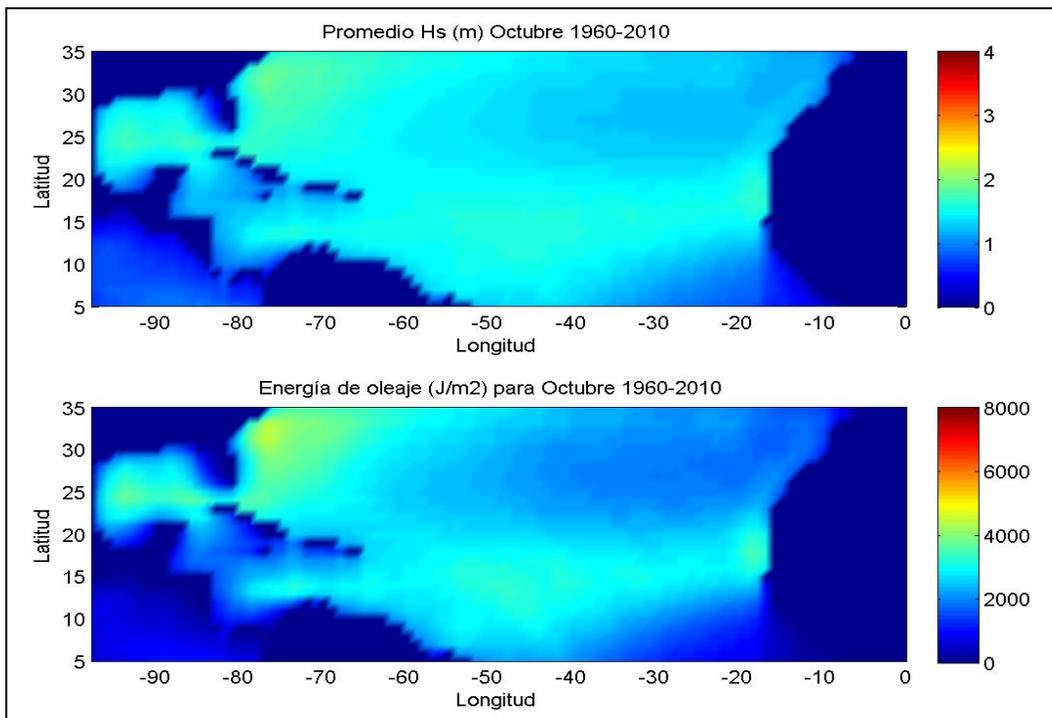


Figura 1.50. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de octubre (1960-2010).

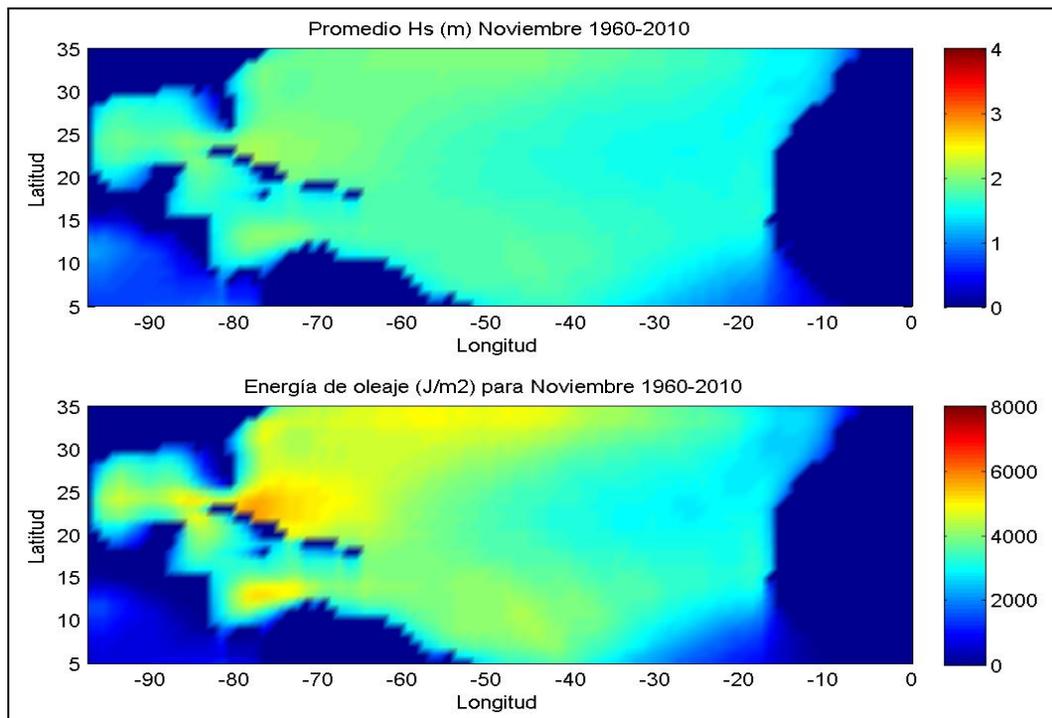


Figura 1.51. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de noviembre (1960-2010).

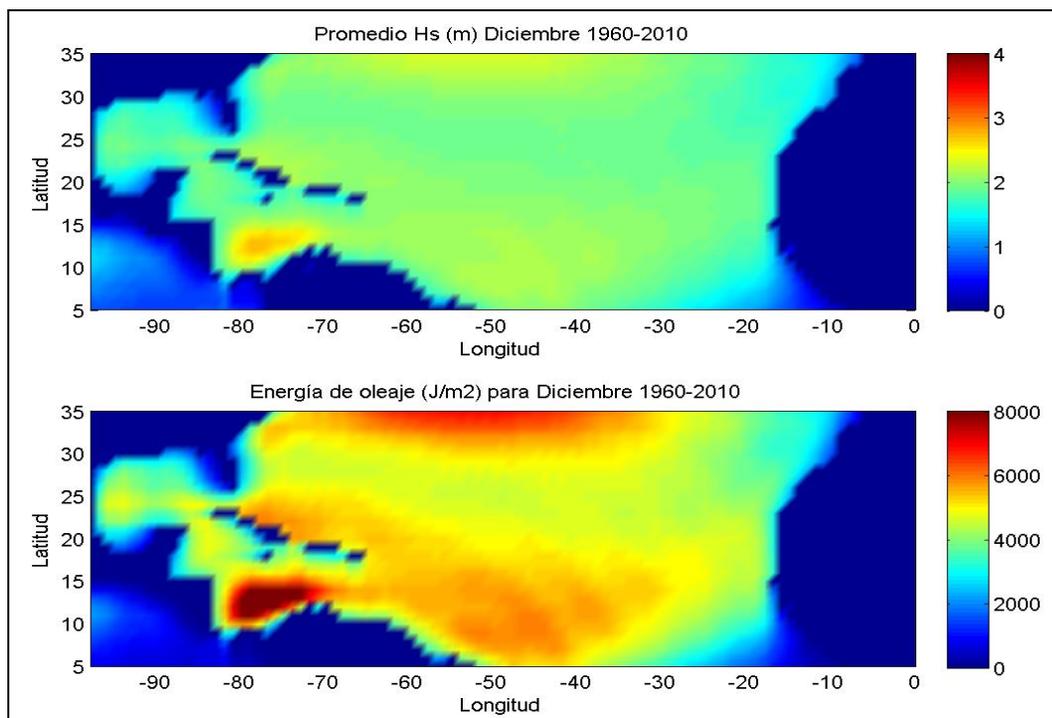


Figura 1.52. Altura Significante y Energía de Oleaje promedio para el Atlantico correspondiente al mes de diciembre (1960-2010).

2. Pronóstico de precipitación con los modelos numéricos para las cuencas hidrológicas de México

2.1. Selección de modelos numéricos para pronóstico meteorológico

Si bien, cada vez los modelos numéricos de la atmosfera interpretan mejor la física de los procesos, es evidente que no existe un modelo perfecto, sobre todo en la predicción de lluvia se notan grandes variaciones tanto en los modelos como en las diferentes parametrizaciones de nubes cumulus. Para el pronóstico de precipitación en las cuencas hidrológicas de México se determinó utilizar cuatro de los modelos disponibles gratuitamente, de gran uso y aceptación a nivel mundial, estos son: GFS, MM5, NAM y WRF. A continuación se da una breve descripción de cada modelo.

2.1.1. Modelo GFS

El Sistema de Pronóstico Global (GFS por sus siglas en ingles) es un modelo numérico para la predicción del tiempo desarrollado por la NOAA. Este modelo matemático se ejecuta cuatro veces al día y genera predicciones de hasta 16 días de antelación con resultados cada 3 horas con resolución de 1° (111 km).

2.1.2. Modelo MM5

El Modelo Meteorológico de Mesoescala de quinta generación MM5 fue desarrollado por la Universidad Estatal de Pennsylvania (PSU por sus siglas en ingles) y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR por sus siglas en ingles), este último se encarga del soporte operativo. Es un modelo de los más usados a principios del siglo XXI, sobre todo por su alta definición en la detección de sistemas atmosféricos de mesoescala. Su desuso se debe al surgimiento del modelo WRF que presenta diversas mejoras.

2.1.3. Modelo NAM

El modelo de Mesoescala Norteamericano (NAM por sus siglas en inglés) es un modelo regional de mesoescala que utiliza una parametrización mejorada de la superficie y de los procesos de precipitación. Está también dirigido por el NCEP, anteriormente su nombre fué Eta, pero en 2005 fue renombrado a NAM.

2.1.4. Modelo WRF

El Modelo de Investigación y Pronóstico del Tiempo (WRF por sus siglas en ingles), es un modelo numérico de sexta generación, de mesoescala no hidrostático, construido para ser aplicado tanto en pronóstico operativo de tiempo, como también para la investigación de

los fenómenos meteorológicos. El desarrollo del modelo WRF ha sido un esfuerzo colaborativo, principalmente por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR por sus siglas en inglés), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (los Centros Nacionales de Predicción Ambiental (NCEP por sus siglas en inglés) y el Laboratorio de Sistemas de Previsión (FSL por sus siglas en inglés), la Agencia de Fuerza Aérea del tiempo (AFWA por sus siglas en inglés), el Laboratorio de Investigación Naval, la Universidad de Oklahoma, y la Administración Federal de Aviación (FAA por sus siglas en inglés).

2.2. Descarga de datos

Los modelos GFS y NAM no se corren en el IMTA, estos son operados por la NOAA y los resultados de cada corrida se pueden descargar libremente en formato GRIB 2 desde su sitio FTP (<ftp.ncep.noaa.gov>). Los modelos MM5 y WRF son operados en el IMTA y para su funcionamiento requieren datos con las condiciones iniciales y de frontera para el periodo de ejecución, en ambos modelos se utilizan las salidas del modelo GFS para cubrir dicho requisito. Los directorios de descarga son los siguientes:

```
/pub/data/nccf/com/gfs/prod/gfs.YYMMDDHH  
/pub/data/nccf/com/nam/prod/nam.YYMMDD
```

Donde YYYY es el año, MM el mes, DD el día y HH la hora de la corrida (00, 06, 12 y 18).

2.3. Preparación de los datos

El procesamiento de los datos para correr el modelo MM5 consta de los siguientes pasos:

- Conversión de formato GRIB 2 a GRIB1.
- Definir periodo de la corrida.
- Extraer los datos en niveles de presión.
- Conversión de niveles de presión a niveles sigma.
- Generación de los archivos con las condiciones iniciales y condiciones de frontera.

Para la conversión de formato GRIB 2 a GRIB 1 utilizamos el programa *cnvgrib*, mismo que se puede descargar desde la página del MM5 (<http://www.mmm.ucar.edu/mm5/>).

```
cnvgrib -g21 original nuevo
```

Donde original se refiere al nombre del archivo con formato GRIB 2 y nuevo al nombre del archivo con formato GRIB 1.

El modelo MM5 se corre con una proyección de 7 días, por lo que se define que cada corrida diaria inicie a las 00 horas del día actual más siete días y medio, el medio se agrega considerando los datos del GFS están dados en horas Z, y que su hora correspondiente para México es GMT+6, con ello tenemos la garantía de abarcar los siete días completos de pronóstico.

Con respecto a la extracción y conversión de niveles de presión a niveles sigma, así como la generación de las condiciones iniciales y de frontera para el dominio y periodo de la corrida, el MM5 incluye los módulos REGRID e INTERPF. El orden y la mención de los scripts de configuración se presentan en la figura 2.1.

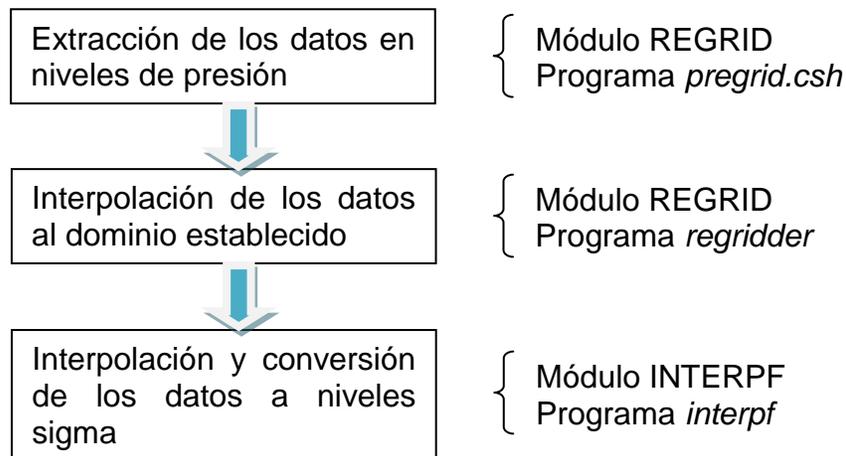


Figura 2.1. Preparación de los datos de entrada del MM5.

La preparación de los datos de entrada con los que se corre el modelo WRF se lleva a cabo con el modulo WPS (WRF Preprocessing System). Este módulo es un conjunto de tres programas: *geogrid*, *ungrib* y *metgrid* que de manera conjunta preparan las entradas para las corridas con datos reales (de forma operativa). Cada uno de los programas contribuye en cada una de las etapas de preparación de los datos (figura 2.2).

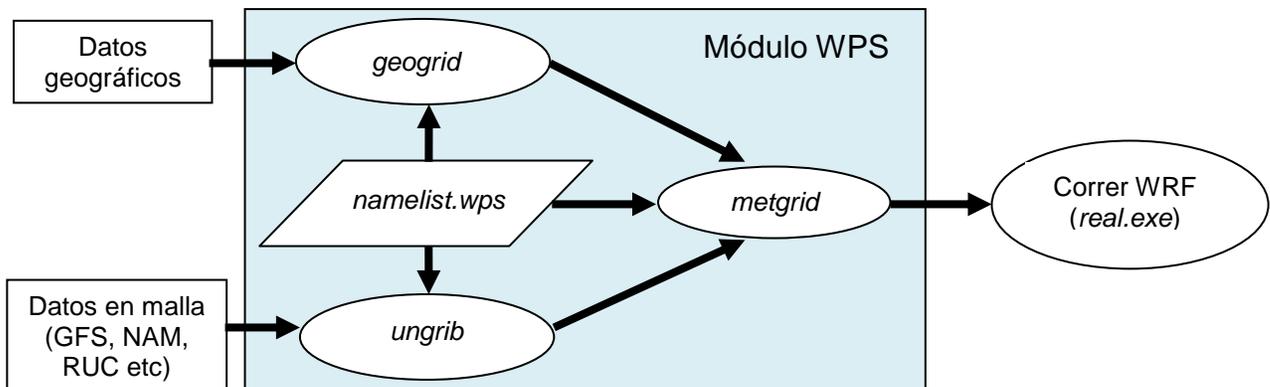


Figura 2.2. Preparación de los datos de entrada del WRF.

El programa *geogrid* define el dominio de la simulación e interpola diversos conjuntos de datos terrestres al modelo de malla. El dominio de simulación es definido usando la información especificada por el usuario en su registro correspondiente en el archivo *namelist.wps*. La salida del programa se escribe en WRF I/O, pero es posible seleccionar el formato NetCDF I/O para facilitar su visualización con paquetes externos (como puede ser *NCL*, *ncviws*, entre otros).

El programa *ungrib* lee archivos en formato GRIB, extrae los datos y los escribe en un formato simple llamado *formato intermedio*. Los archivos GRIB contienen campos meteorológicos y son típicamente originados con otros modelos regionales y globales, como son el GFS y NAM. El programa *ungrid* puede leer los formatos GRIB 1, pero se puede compilar con la opción para lectura de GRIB 2.

Los archivos GRIB típicamente contienen más campos de los que son necesarios para inicializar WRF. Ambas versiones del formato GRIB utilizan varios códigos para identificar las variables y niveles en el archivo GRIB. *ungrib* usa tablas de estos códigos, llamadas *Vtables*, para definir cuales campos se deben extraer del archivo GRIB y convertirlos al formato intermedio.

El programa *metgrid* interpola en la horizontal el *formato intermedio* con los datos meteorológicos dentro del dominio de simulación definido por el programa *geogrid*. El rango de fechas pueden ser interpoladas por *metgrid* y son definidas en el registro compartido del archivo *namelist.wps*. La salida de *metgrid* es escrita en el formato WRF I/O API, pero también se puede elegir el formato NetCDF.

2.4. Implementación del sistema automatizado de pronóstico meteorológico

Se realizaron diversos scripts de shell, apoyados por programas en PHP, para llevar a cabo la automatización de la descarga de los modelos GFS y NAM, así como la ejecución de los modelos MM5 y WRF en los servidores del IMTA (Galileo y Gaiia). En la figura 2.2 se ilustra la interacción de los servidores involucrados en el sistema automatizado de modelación numérica desde la descarga, procesamiento y publicación de resultados en el portal Web (<http://galileo.imta.mx>). En la tabla 2.1 se enlistan los procesos que operan en el servidor galileo, podemos observar que existen procesos de descarga de salidas (desde el servidor de la NOAA y desde el servidor Gaiia) y otros procesos que implican la corrida de los modelos (en el servidor Galileo). El último proceso (*PronosticoCuencas.csh*), busca las salidas de los cuatro modelos y extrae por cuenca el pronóstico de lluvia, mandando los resultados al portal de Web. Los archivos con los códigos fuente de los programas se incluyen en el anexo F.

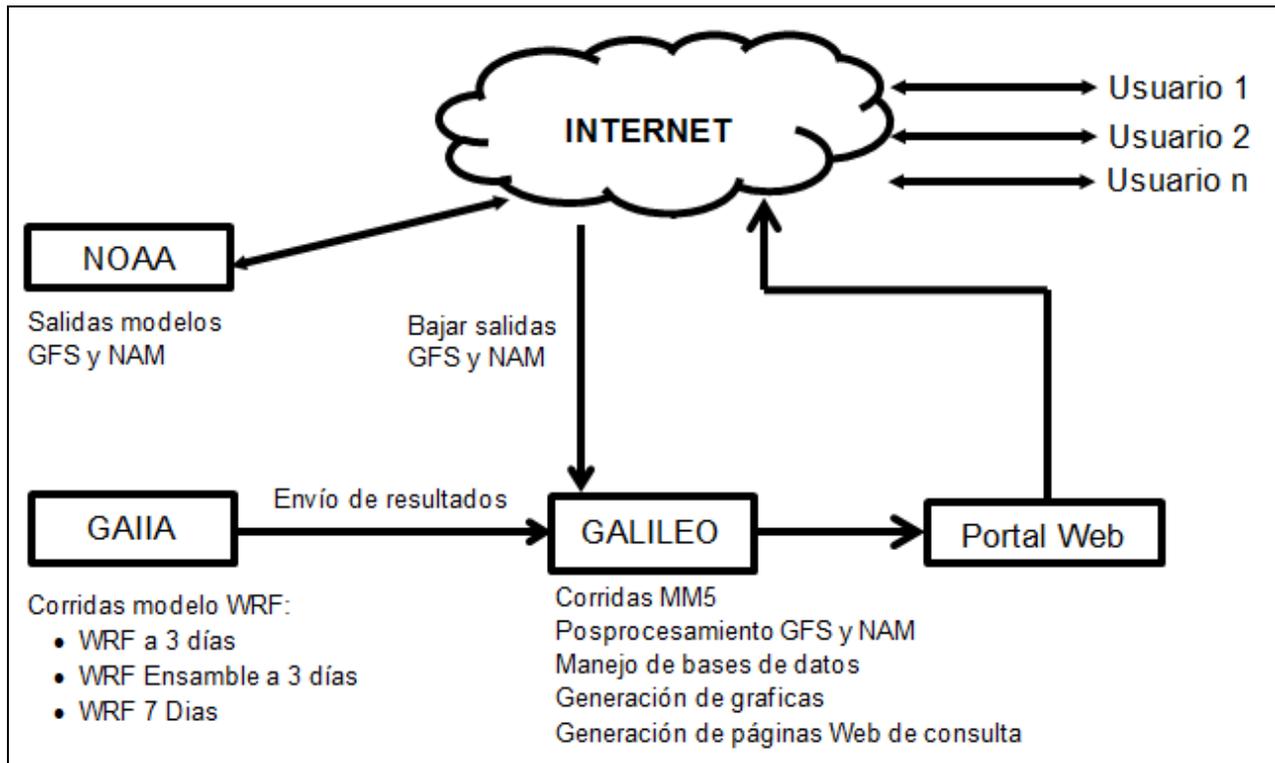


Figura 2.3. Interacción de los servidores involucrados en el sistema automatizado de modelación numérica.

Tabla 2.1 Hora de ejecución para cada proceso.

Fecha	Script	Descripción
35 00 * * *	GFSDownload.csh	Script para la descarga de las salidas del modelo GFS (desde la NOAA).
00 06 * * *	NAMDownload.csh	Script para la descarga de las salidas del modelo NAM (desde la NOAA).
15 09-10 * * *	WRF7diasDownload.csh	Script para la descarga de las salidas del modelo WRf 7 días (desde Gaiia).
30 09-10 * * *	WRFEnsamble.csh	Script para la descarga de las salidas y graficas del modelo WRF en modo ensamble (desde Gaiia).
00 05 * * *	correMM500z.csh	Script para correr el proceso de ejecución y generación de graficas con el modelo MM5.
00 07 * * *	correNAM00z.csh	Script para generar las gráficas del modelo NAM.
00 04 * * *	PronosticoCuencas.csh	Script para generación del pronóstico de lluvia por cuenca hidrológica, considerando los modelos GFS, MM5, NAM y WRF.

2.4.1. Generación de imágenes de precipitación de 24, 48 y 72 horas con el modelo NAM

Se desarrollaron los scripts *griseslluvia??gs* (se incluyen en el anexo G) donde “??” corresponde a 24, 28 y 72 para generar las imágenes de precipitación correspondientes a 24, 48 y 72 horas respectivamente con los resultados del modelo NAM. Se define en escalas de grises para identificar precipitaciones ligeras, moderadas, fuertes, intensas y torrenciales para las salidas de las 00Z y 12Z. Este script se ejecuta de manera operativa a las 6 AM para la corrida de las 00Z y a las 9:30 AM para la corrida de las 12Z, ambos procesos en el servidor CHAOS. La disponibilidad de los resultados depende del tiempo que dura la descarga de los datos del modelo GFS. Los resultados se publican en una página web interna (172.16.19.100) de la Subcoordinación para análisis y consideración por parte de los investigadores que realizan el boletín meteorológico.

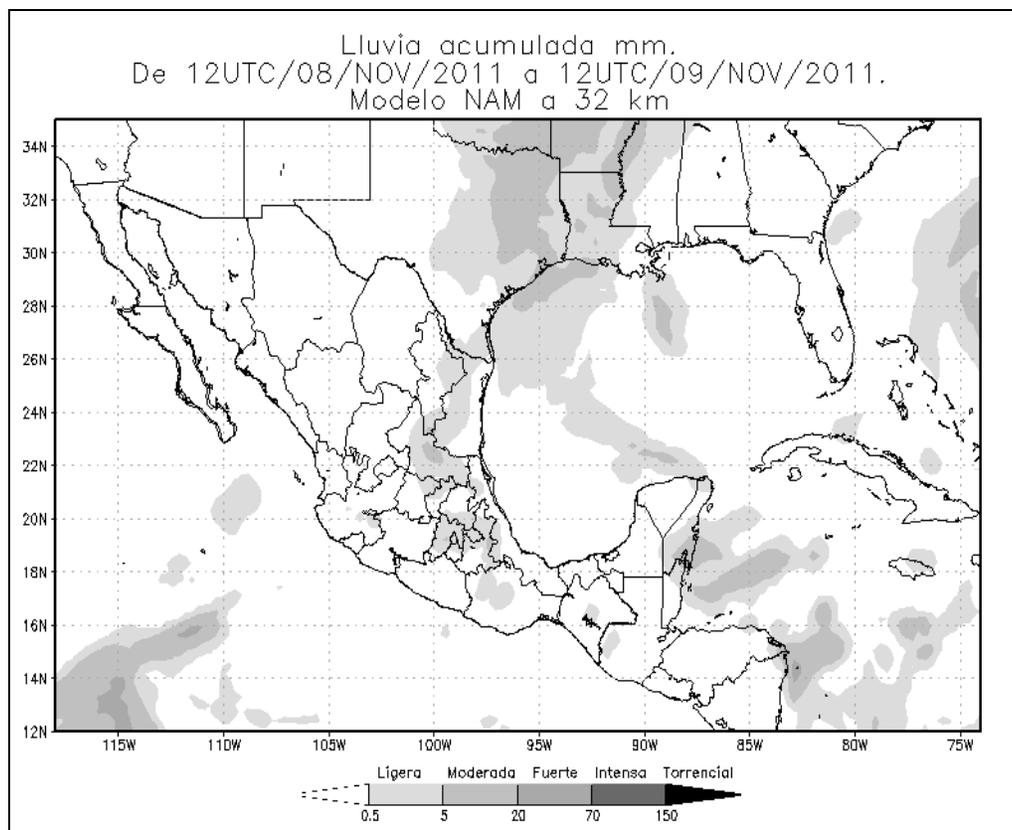


Figura 2.3. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises.

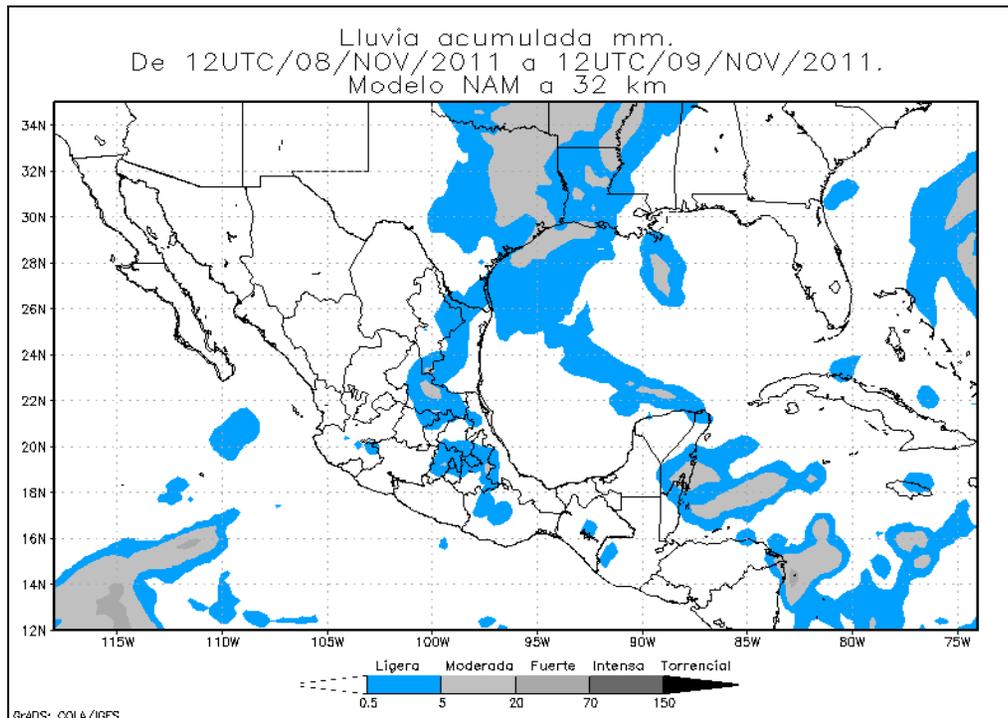


Figura 2.4. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias ligeras.

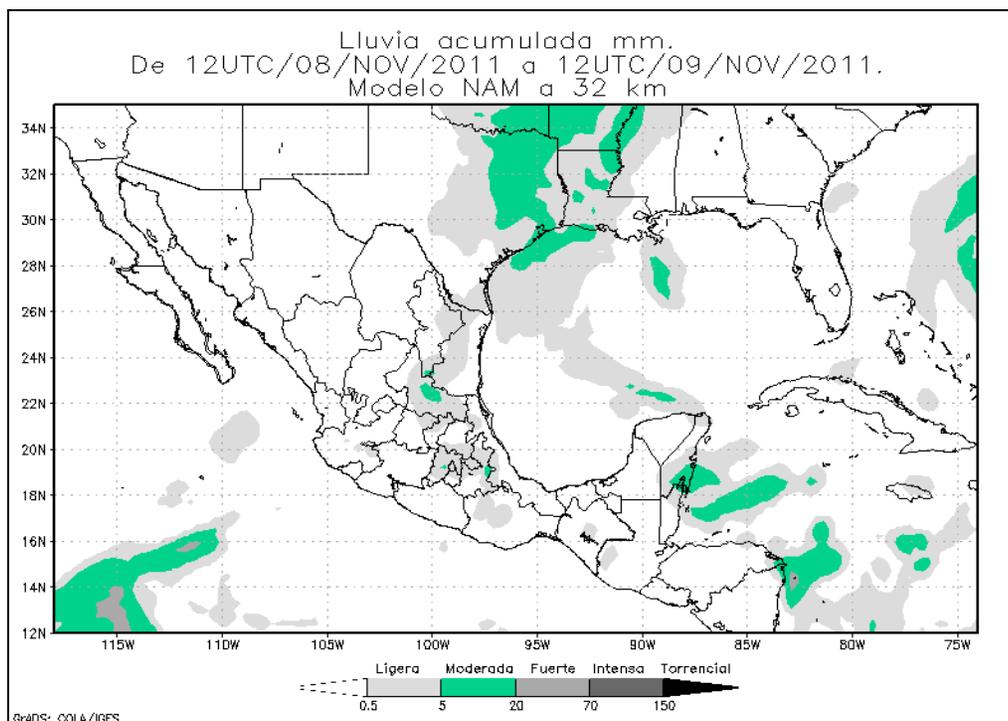


Figura 2.5. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias moderadas.

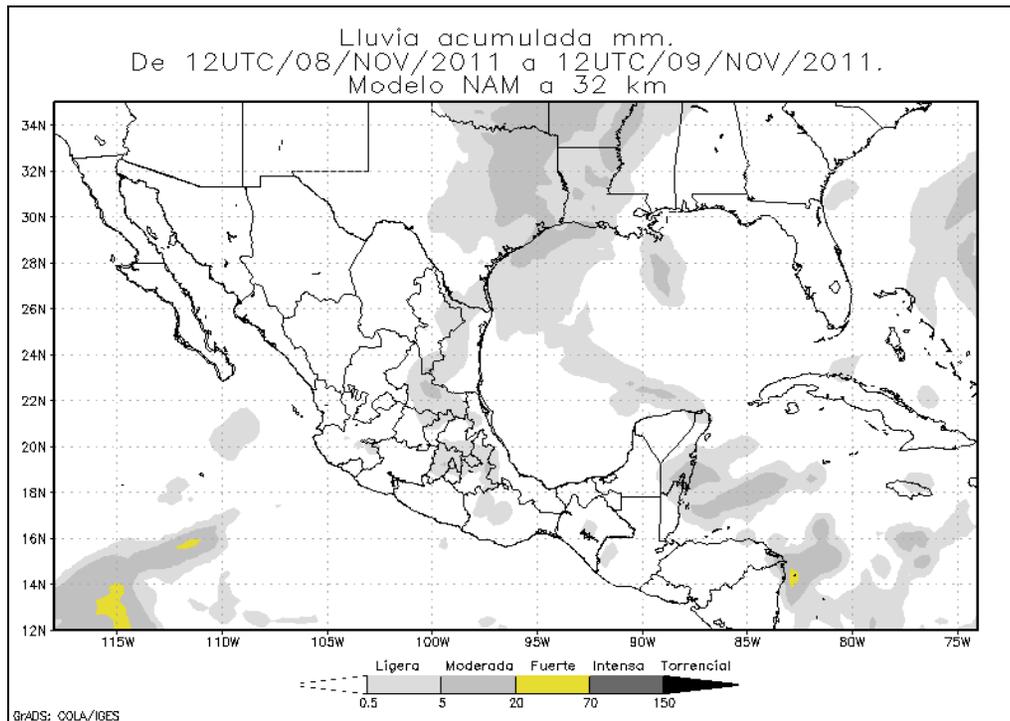


Figura 2.6. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias fuertes.

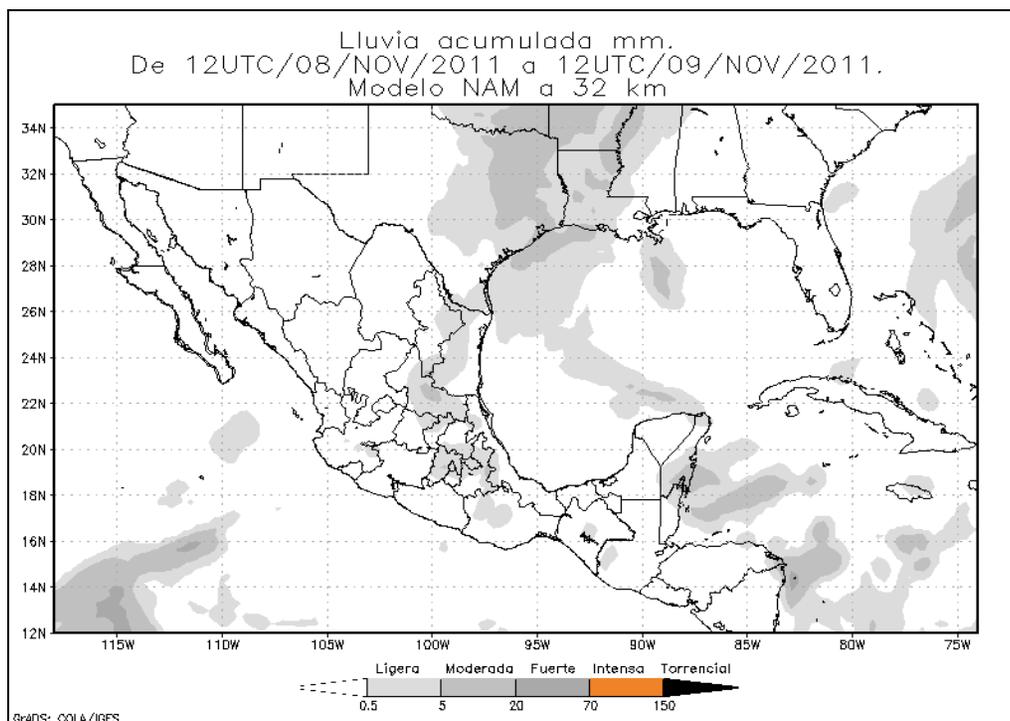


Figura 2.7. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias intensas.

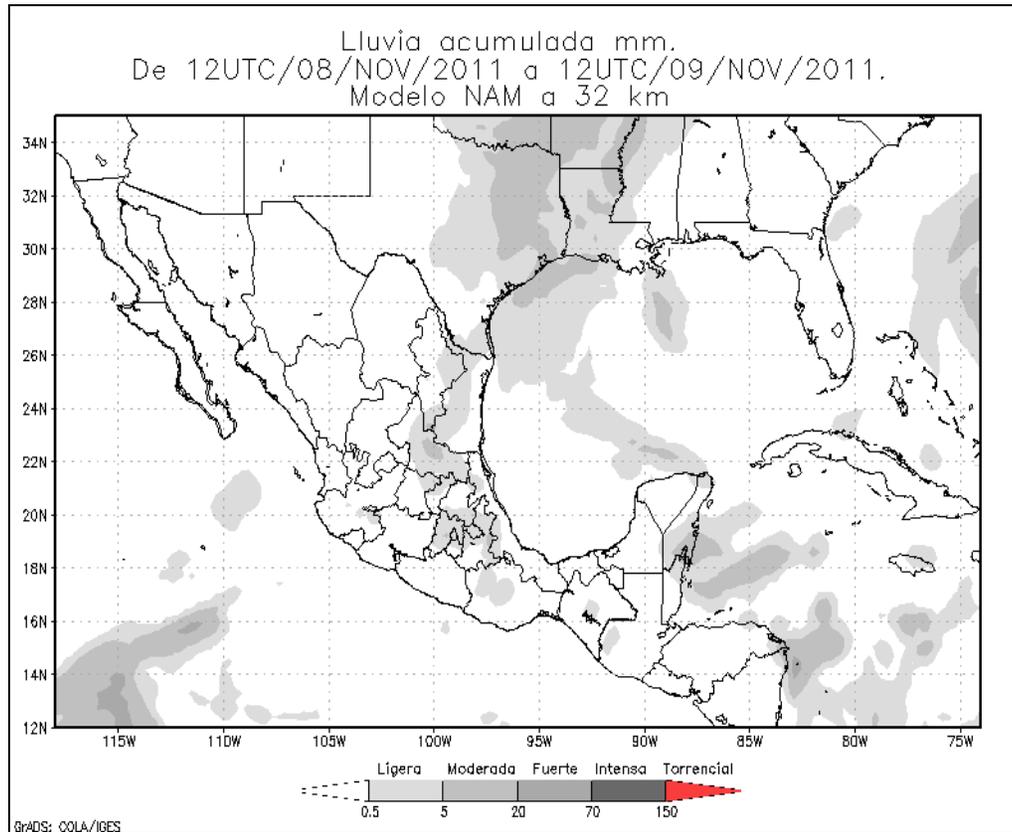


Figura 2.8. Lluvia acumulada, con rango de valores de ligera, moderada, fuerte y torrencial en escala de grises sobresaliendo las lluvias torrenciales.

2.4.2. Generación de imágenes comparativas de precipitación promedio y la desviación estándar para las 24, 48 y 72 horas con el modelo WRF

Se realizó el script DesS_Pro_lluvia_WRF.gs (anexo G) para comparar el promedio de las parametrizaciones de cumulus en relación a la desviación estándar de las mismas parametrizaciones. Se consideran todas las posibles parametrizaciones de nubes cumulus incluidas en el modelo WRF. El pronóstico se realiza para las 24, 48 y 72 horas. Este proceso se implementó en modo operativo y se ejecuta diariamente a las 7:25 am en el clúster GAIIA. Los resultados son publicados en el portal Web de Galileo en la sección “Pronostico Numérico” -> “WRF Ensemble”.

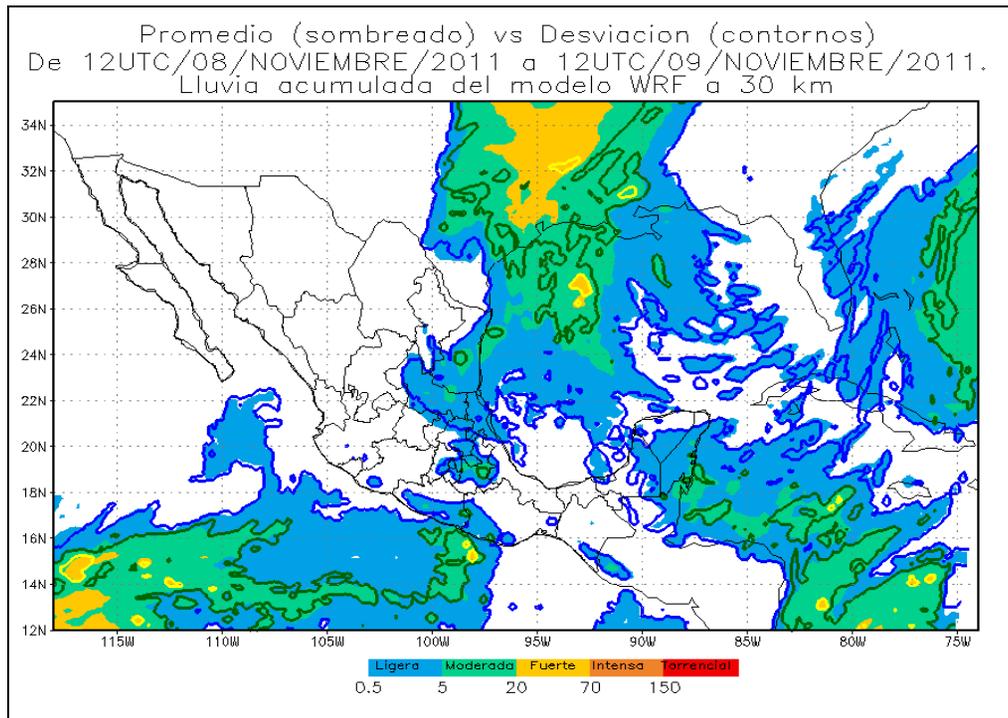


Figura 2.9. Lluvia acumulada a 24 horas con el promedio de las diferentes parametrizaciones del modelo WRF en comparación con la desviación estándar.

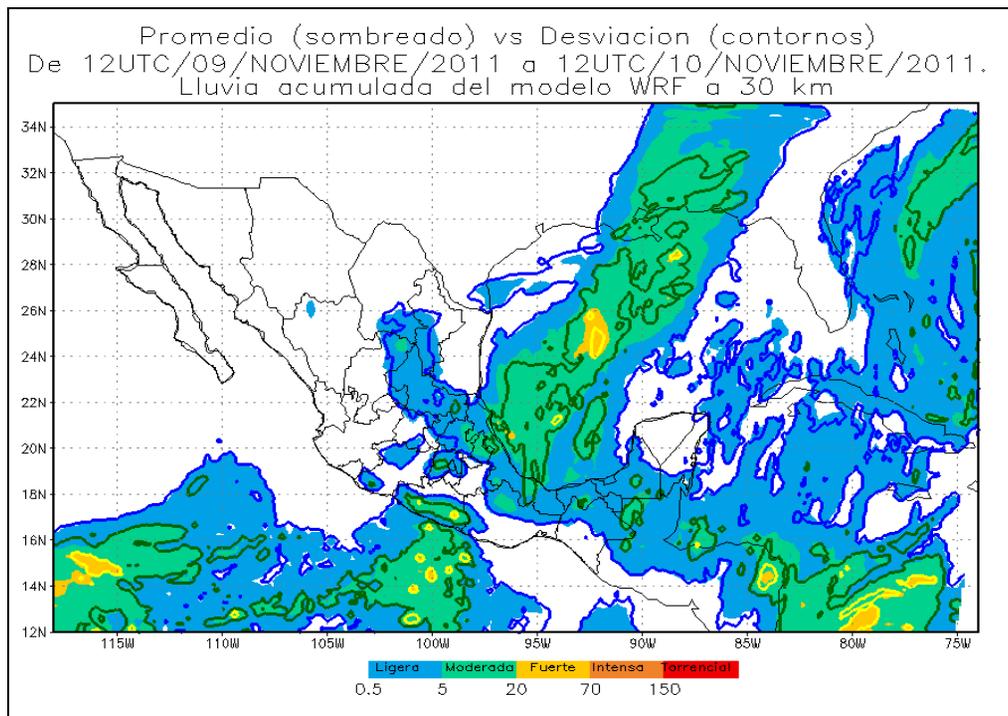


Figura 2.10 Lluvia acumulada a 48 horas con el promedio de las diferentes parametrizaciones del modelo WRF en comparación con la desviación estándar.
 México, 2011

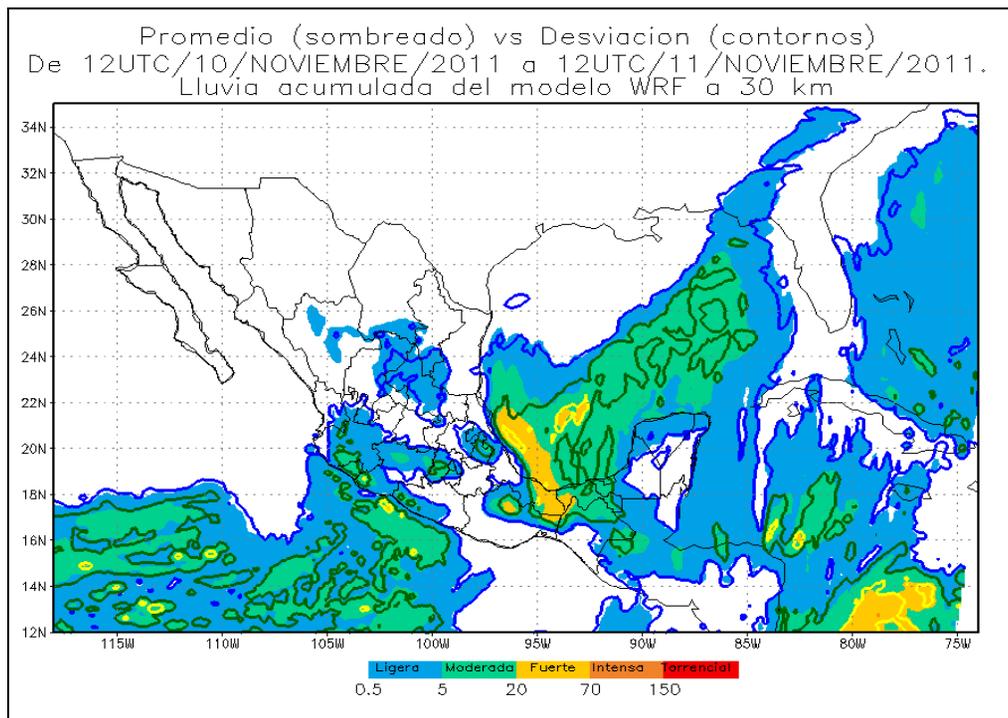


Figura 2.11. Lluvia acumulada a 72 horas con el promedio de las diferentes parametrizaciones del modelo WRF en comparación con la desviación estándar.

2.4.3. Generación de imágenes de diferentes variables con el modelo WRF.

Se implementaron los scripts (lluvia_microWRF.gs, viento10m_microWRF.gs, tmin_microWRF.gs y tmax_microWRF.gs) para generar las gráficas correspondientes a las variables de lluvia, viento a 10 metros, temperatura mínima y temperatura máxima. En esencia es el mismo script solo se cambia la variable al momento del despliegue, en el anexo G se incluye el script lluvia_microWRF.gs. Se utiliza la opción de parametrización de microfísica de Thompson, alternando con el dominio maestro las parametrizaciones de Kain-Fristch, Betts-Miller y Grell-Devenyi.

Los script para imágenes de los dominios (30 KM y 10 KM) que se generan en WRF con microfísica de Thompson para el dominio anidado (10KM), en el dominio maestro (30 KM) se usan las opciones de cumulus Kain-Fritsch, Betts-Miller y Grell-Devenyi, la información que se grafica es de precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima así como vientos a 10 metros es para las horas 24, 48 y 72 de pronostico; estos script se ejecutan a las 9:15 am hora local, para la hora 00 Z de la simulación, esta ejecución es diaria y la disponibilidad depende del tiempo que se dure la descarga de datos así como la ejecución del modelo WRF, esto se ejecuta en el equipo gaiia1 el cual además tiene la funcionalidad de trabajar como servidor WEB interno.

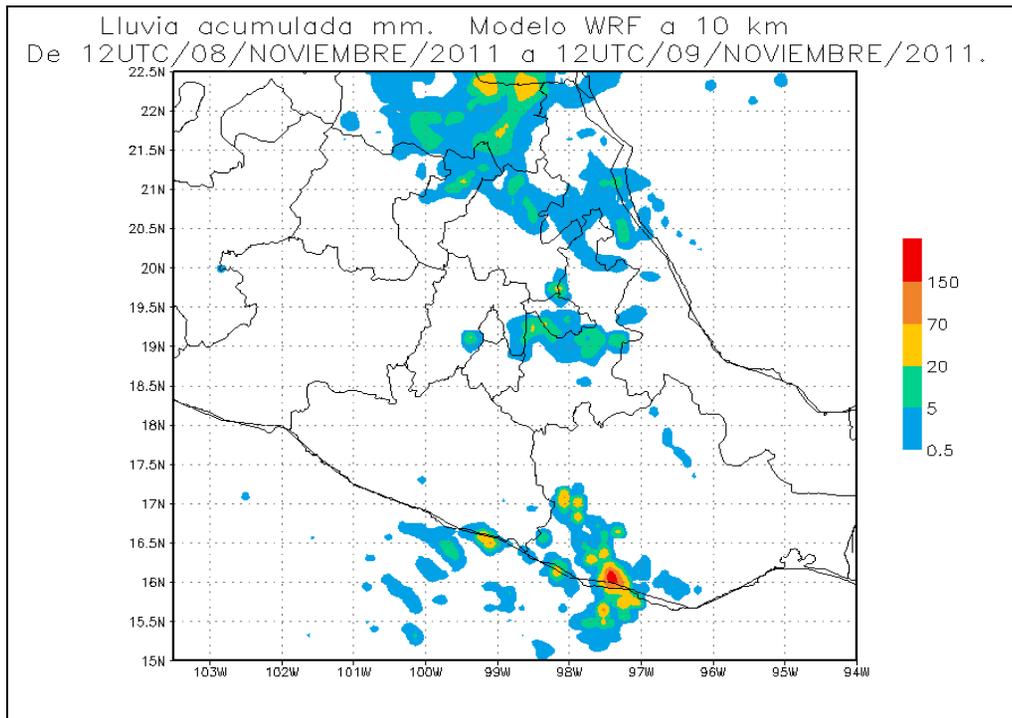


Figura 2.12. Lluvia acumulada para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson.

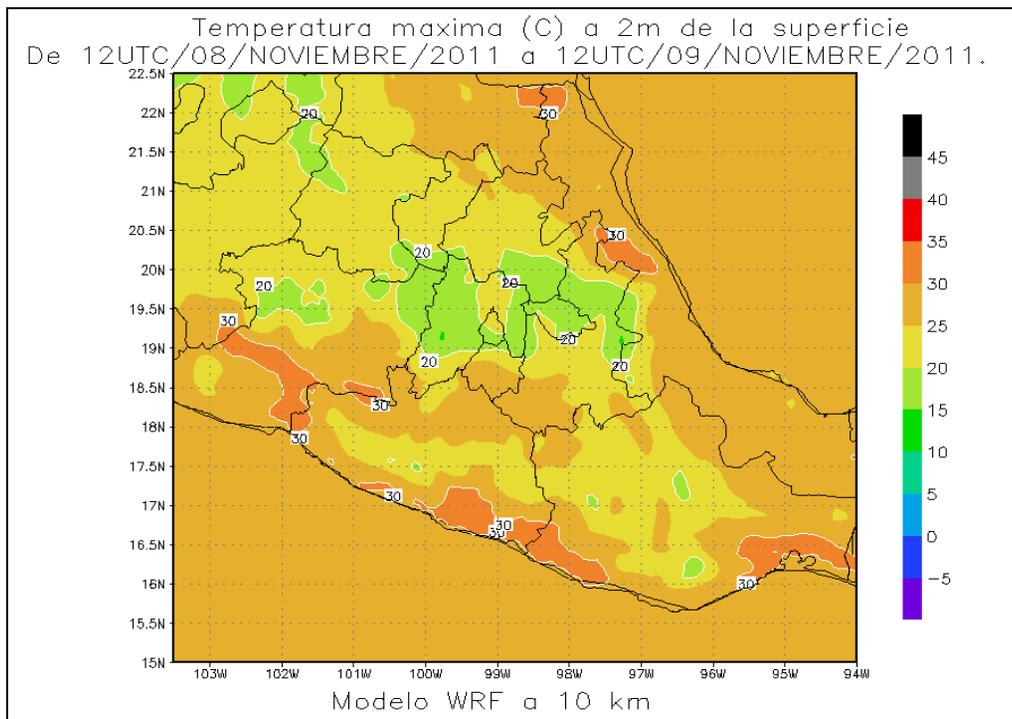


Figura 2.13. Temperatura máxima para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson.

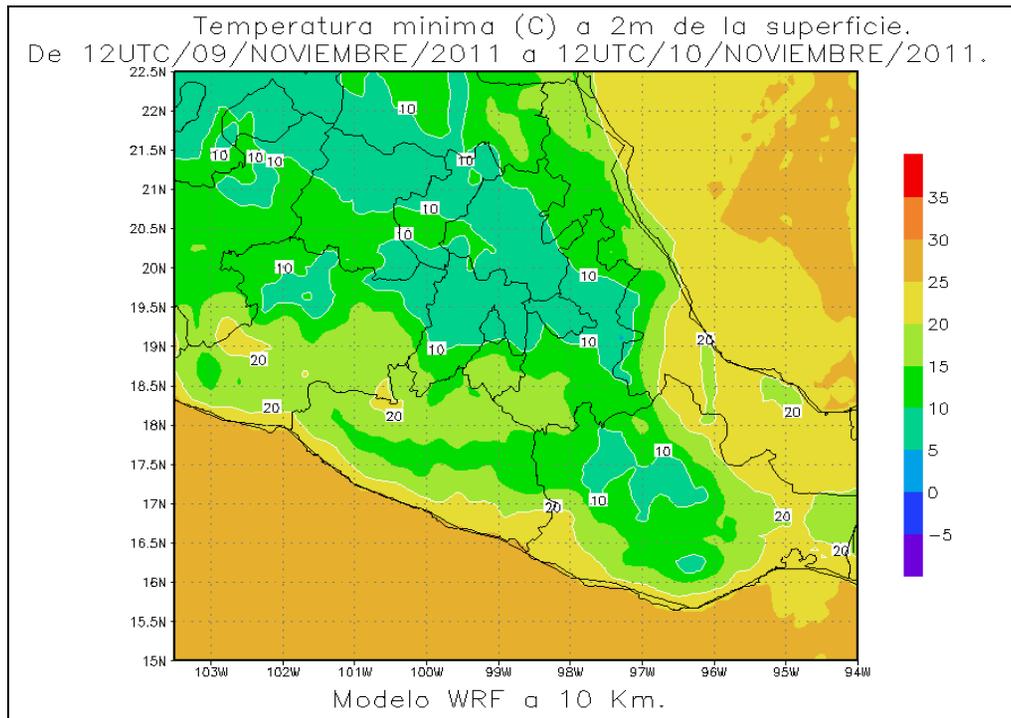


Figura 2.14. Temperatura mínima para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson.

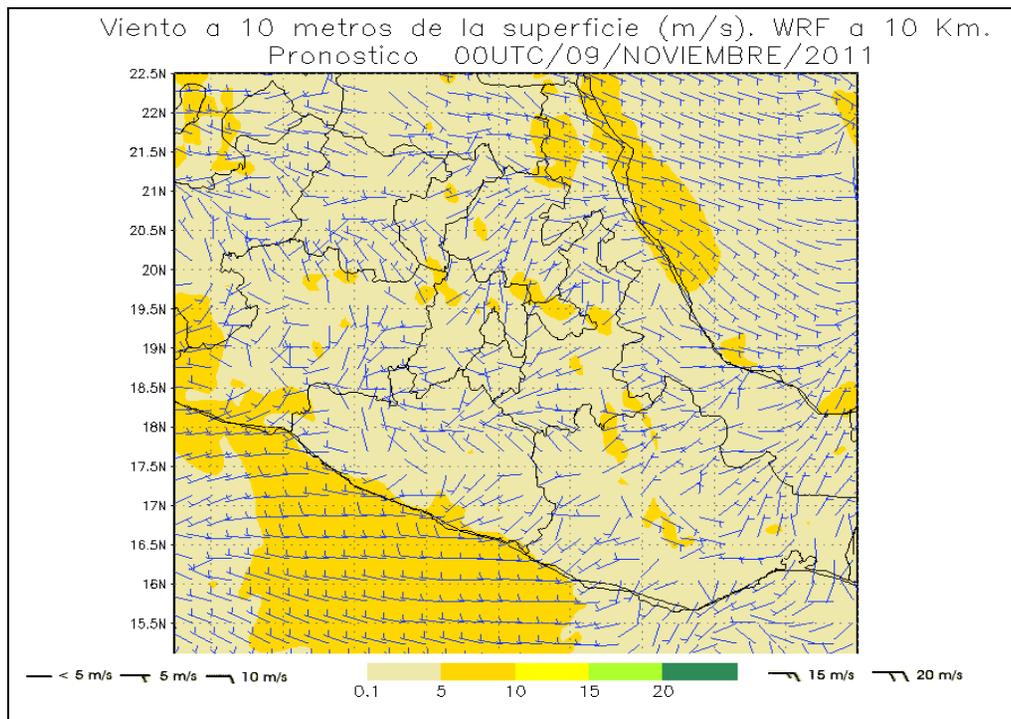


Figura 2.15. Imagen de viento a 10 metros para el dominio de 10 KM de resolución con microfísica de Thompson con barbas y sombreado.

2.4.4. Generación de imágenes de máximos y mínimos con el modelo WRF

Los script (incluidos en el anexo G) para obtener los valores máximos y mínimos de las variables meteorológicas precipitación, viento, temperatura máxima y temperatura mínima se ejecutan en el clúster GAIIA en un horario diario alrededor de las 8 :00 am hora local, la disponibilidad depende del tiempo que dure la descarga de datos así como la ejecución del modelo WRF, el procedimiento es obtener las imágenes es obtener los valores de la variable para un lapso de tiempo (24, 48 y 72 horas de pronóstico) de ahí se obtiene los valores para cada punto de la malla de todas las opciones de parametrización, al obtener esa información se gráfica.

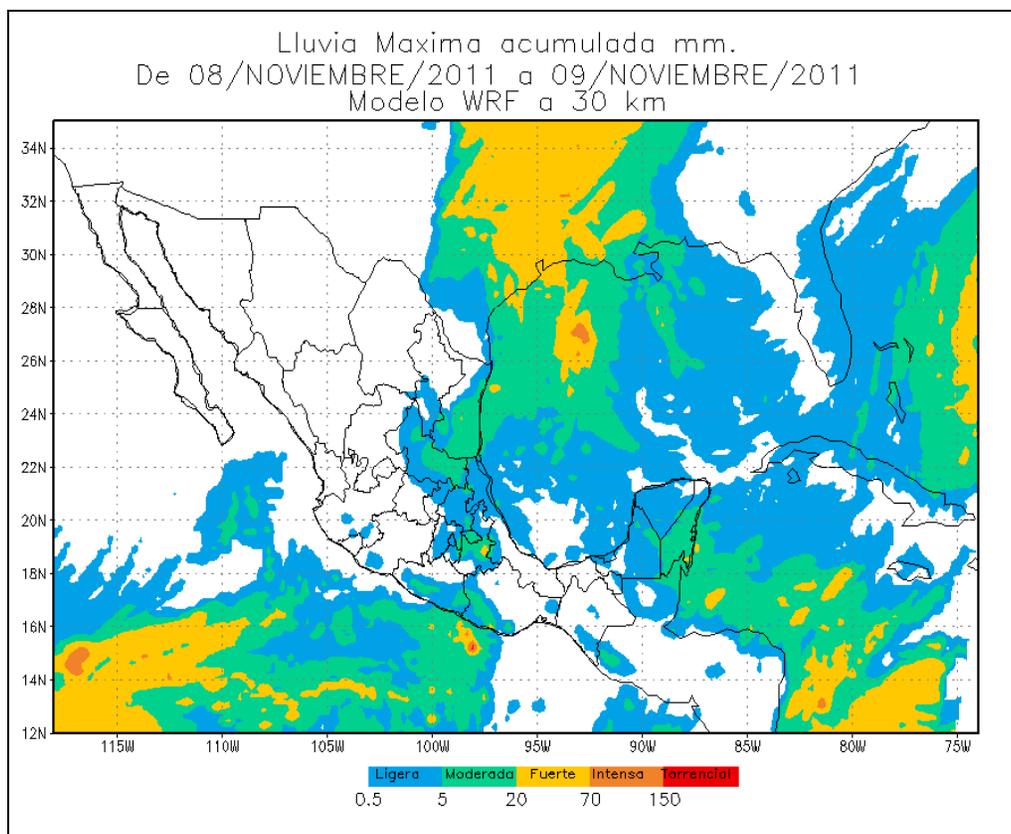


Figura 2.16. Lluvia máxima acumulada en un lapso de 24 horas, con información de las diferentes opciones de esquemas de cumulus del modelo WRF.

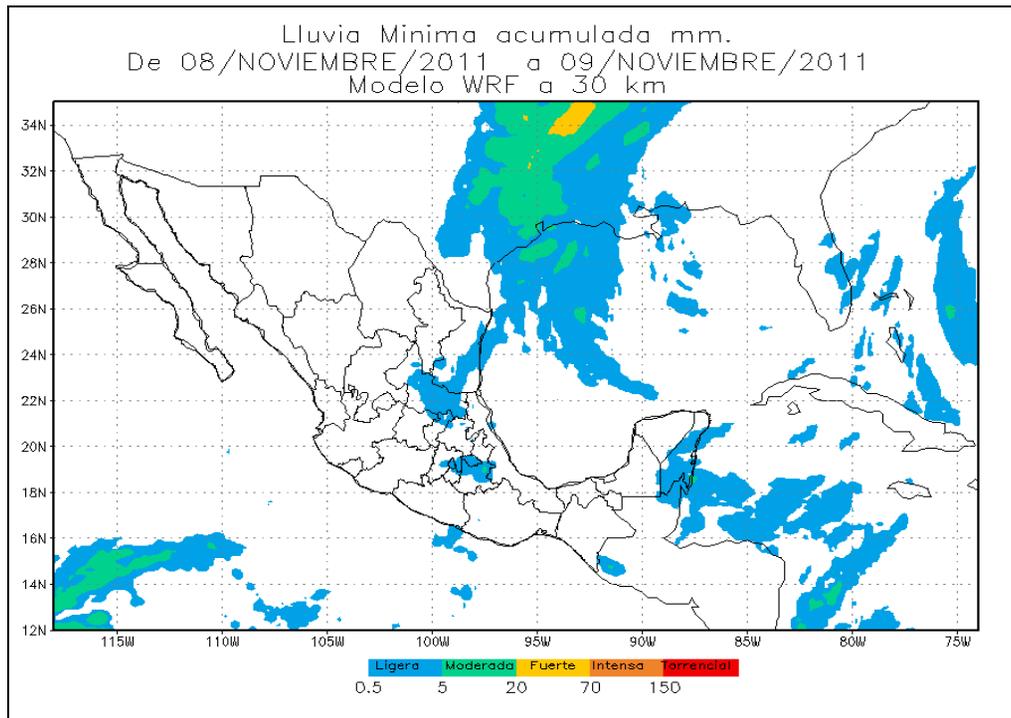


Figura 2.17. Lluvia mínima acumulada en un lapso de 24 horas, con información de las diferentes opciones de esquemas de cumulus del modelo WRF.

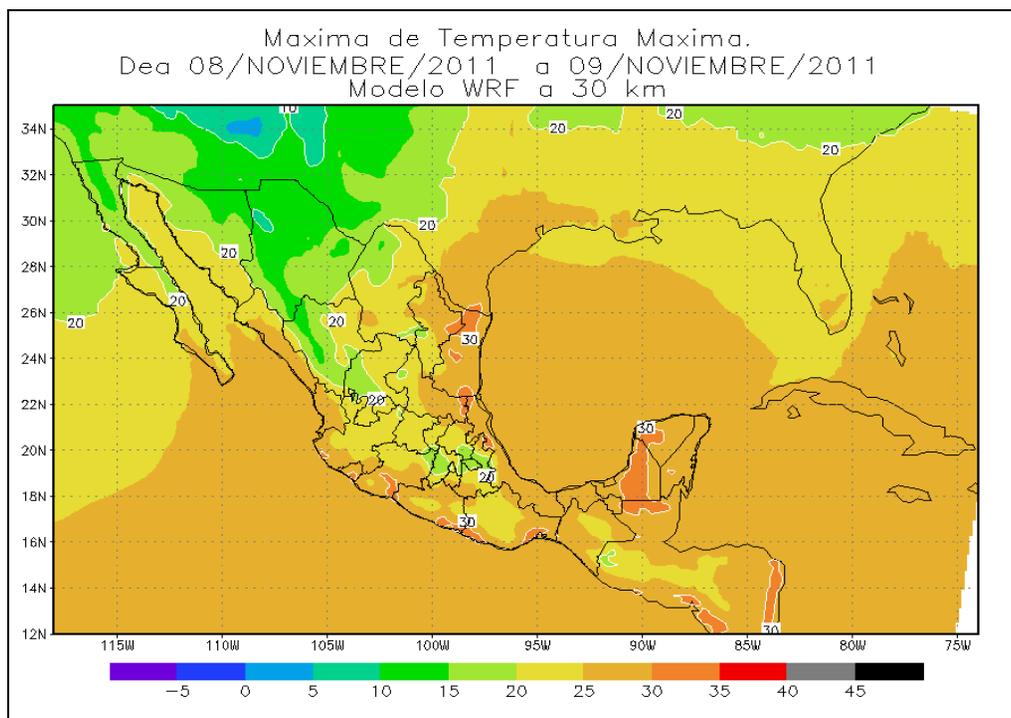


Figura 2.18. Valores máximos de temperatura máxima en un lapso de 24 horas considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.

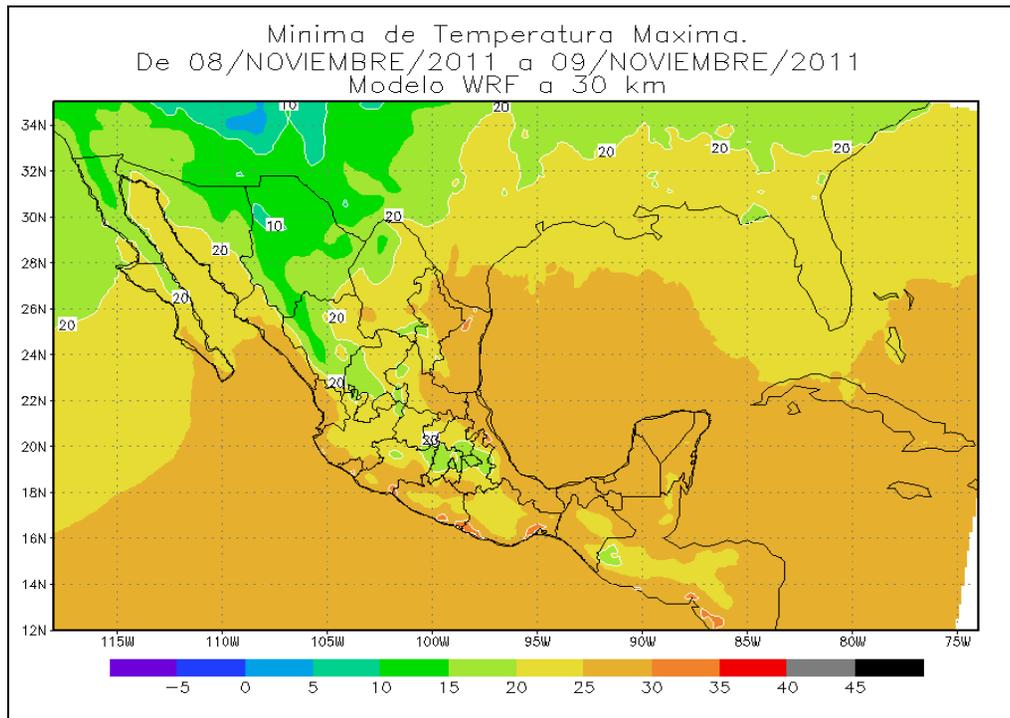


Figura 2.19. Valores mínimos de temperatura máxima en un lapso de 24 horas, considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.

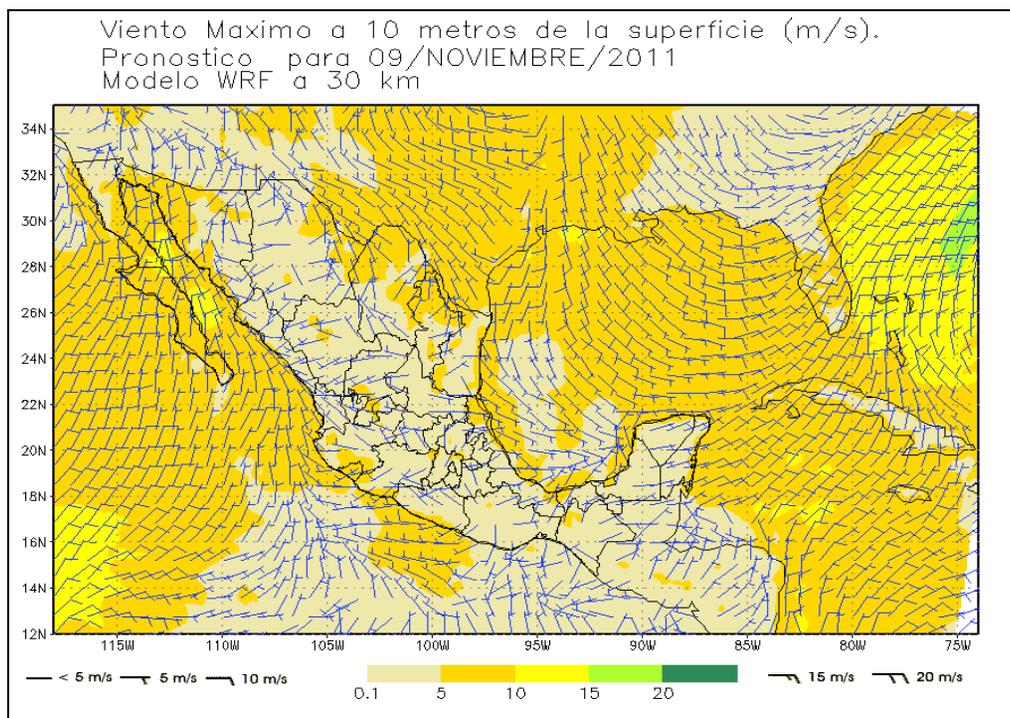


Figura 2.20. Valores máximos de viento a 10 metros de la superficie en un lapso de 24 horas, considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.

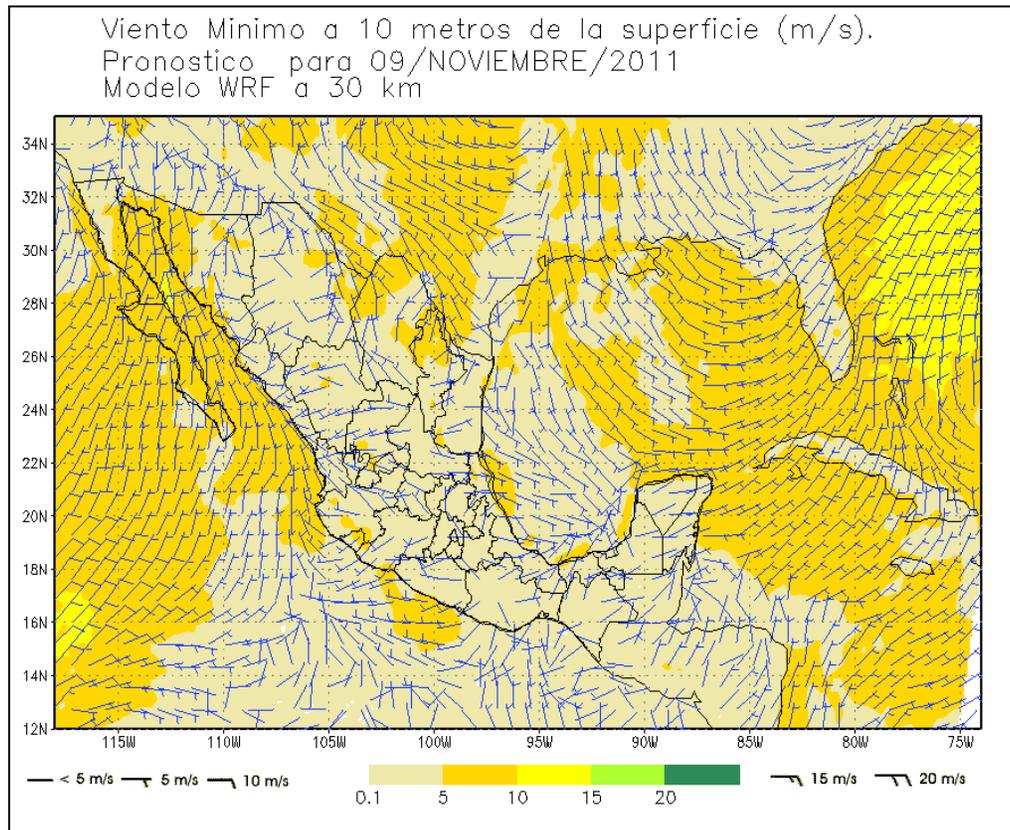


Figura 2.21. Valores mínimos de viento a 10 metros de la superficie en un lapso de 24 horas, considerando los diferentes esquemas de cumulus del modelo WRF.

2.4.4. Generación de imágenes a 7 días con el modelo WRF

Los scripts (anexo G) para imágenes de la simulación del WRF a 7 días de pronóstico de diferentes variables se ejecuta en el clúster GAIAA, alrededor de las 8:00 am hora local diariamente, para esta simulación la parametrización de cumulus es Grell-Devenyi, la información que se grafica es de precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima, vientos a 10 metros, anomalía de presión a nivel medio del mar y de la vorticidad absoluta, la disponibilidad depende del tiempo que se dure la descarga de datos así como la ejecución del modelo WRF.

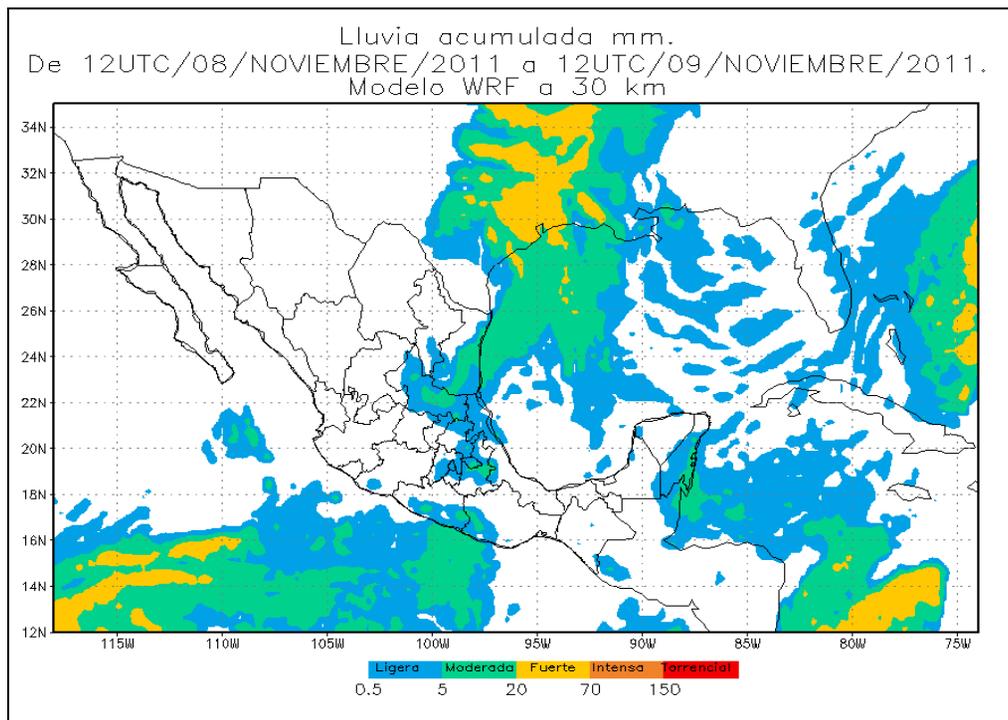


Figura 2.22. Lluvia acumulada para el primer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

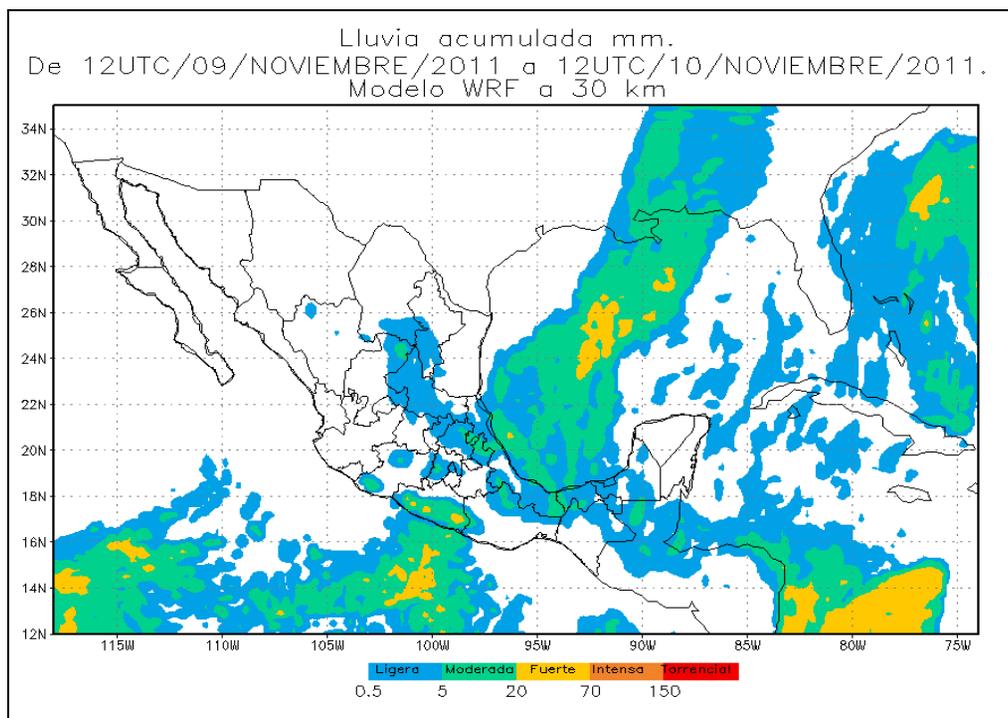


Figura 2.23. Lluvia acumulada para el segundo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

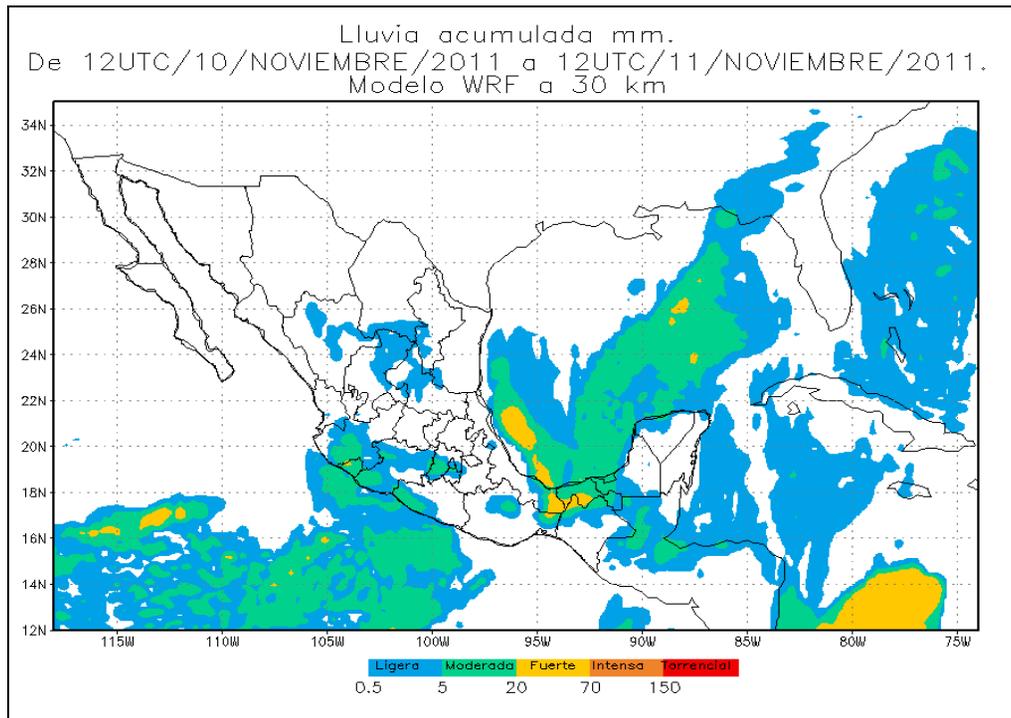


Figura 2.24. Lluvia acumulada para el tercer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

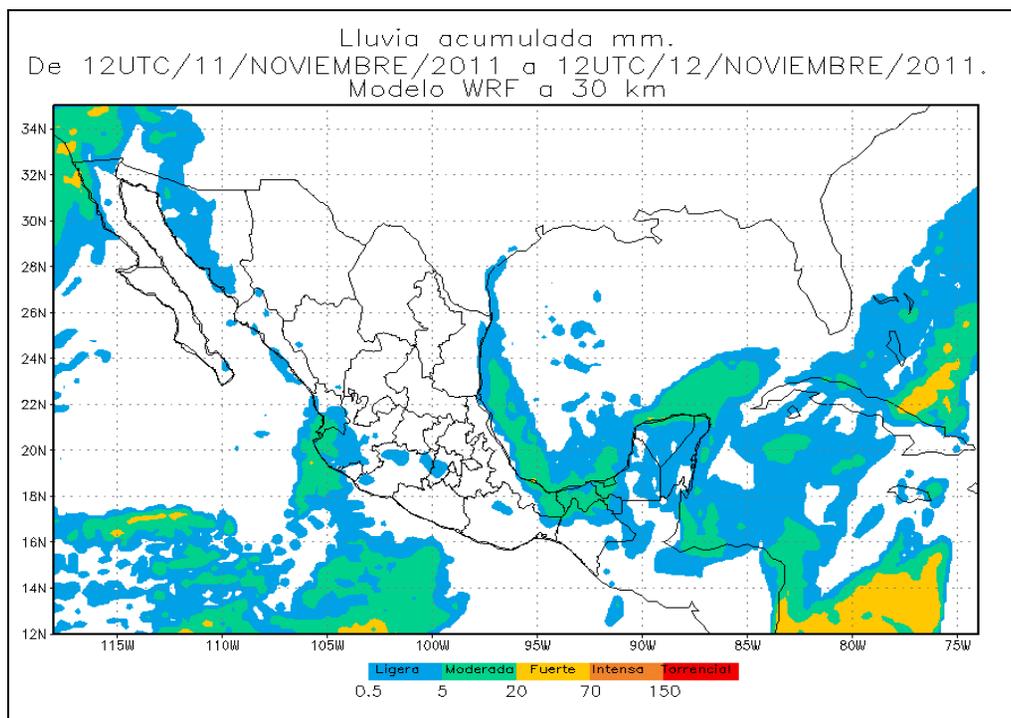


Figura 2.25. Lluvia acumulada para el cuarto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

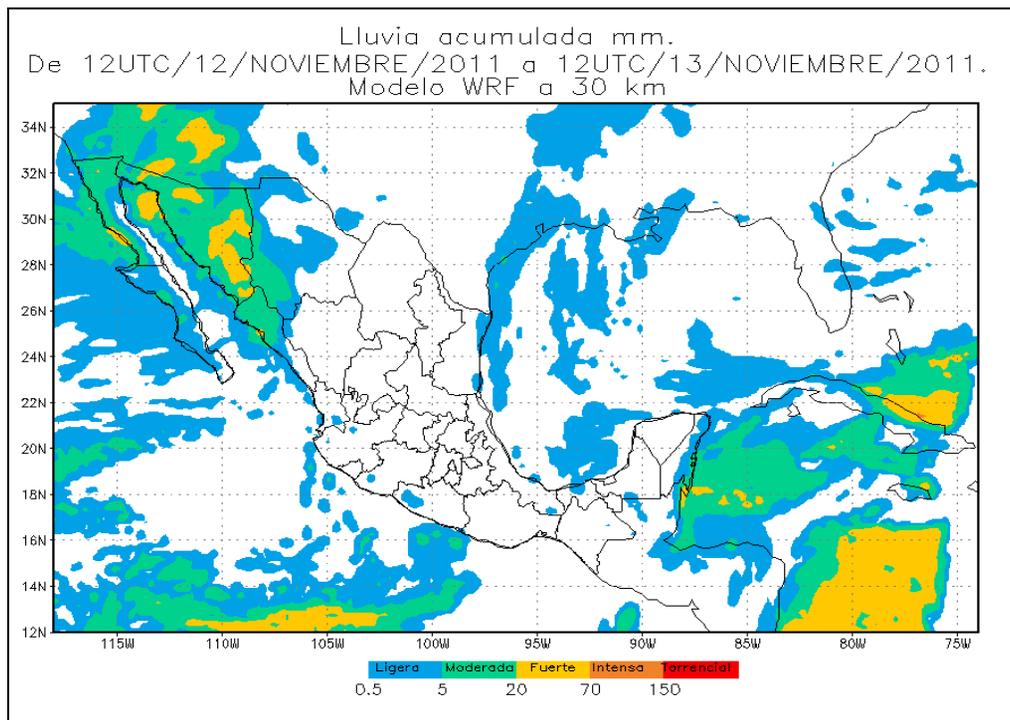


Figura 2.26. Lluvia acumulada para el quinto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

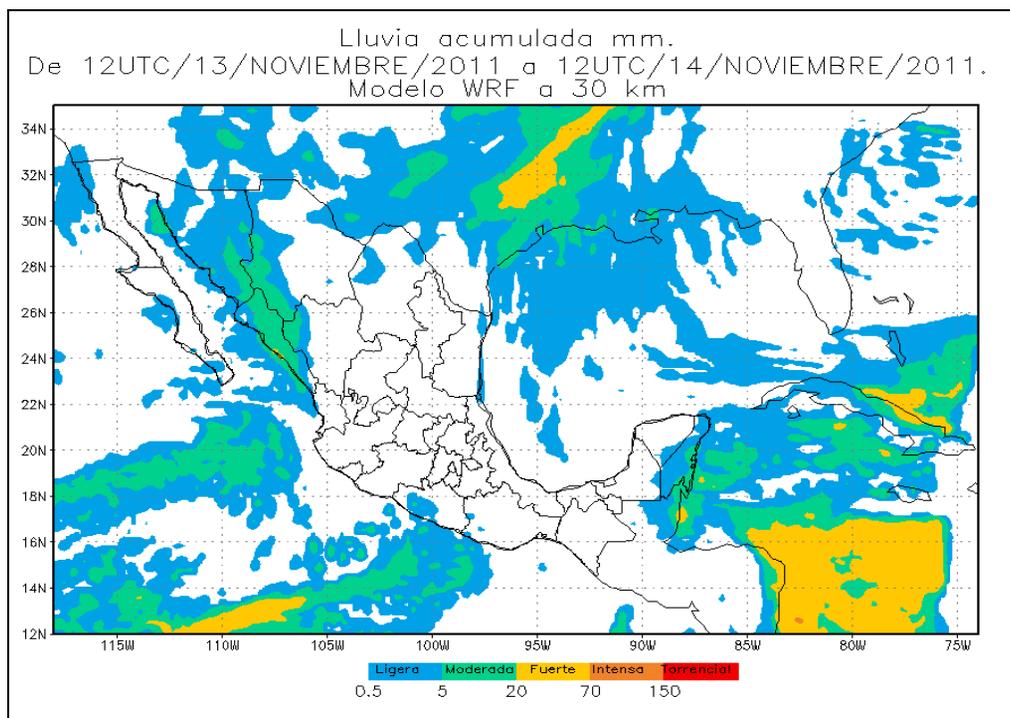


Figura 2.27. Lluvia acumulada para el sexto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

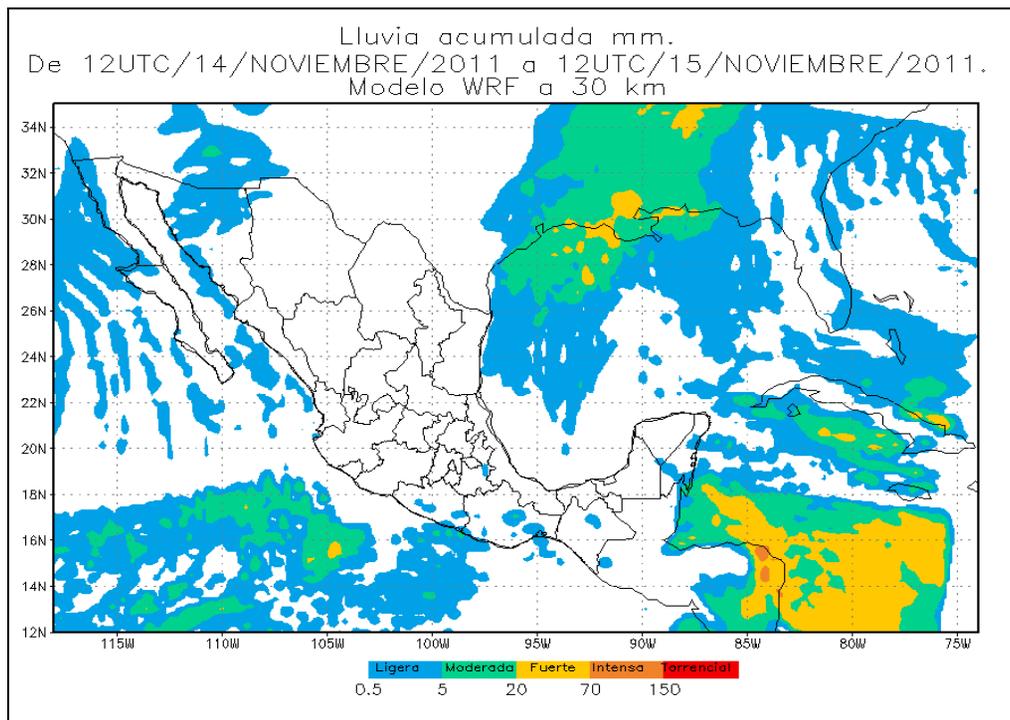


Figura 2.28. Lluvia acumulada para el séptimo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

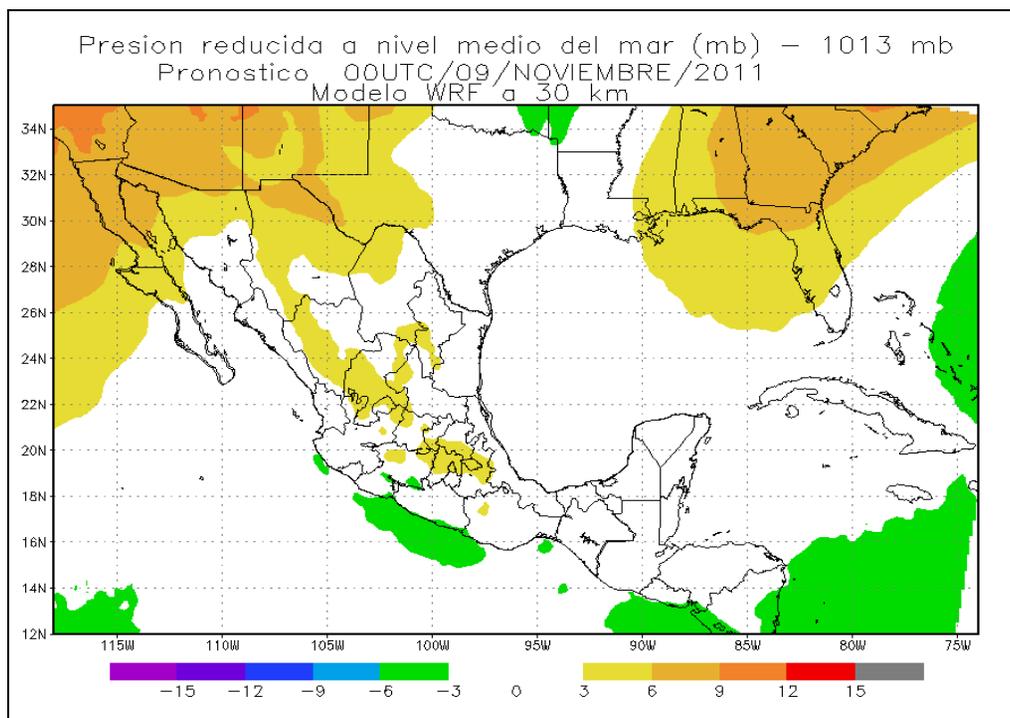


Figura 2.29. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el primer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

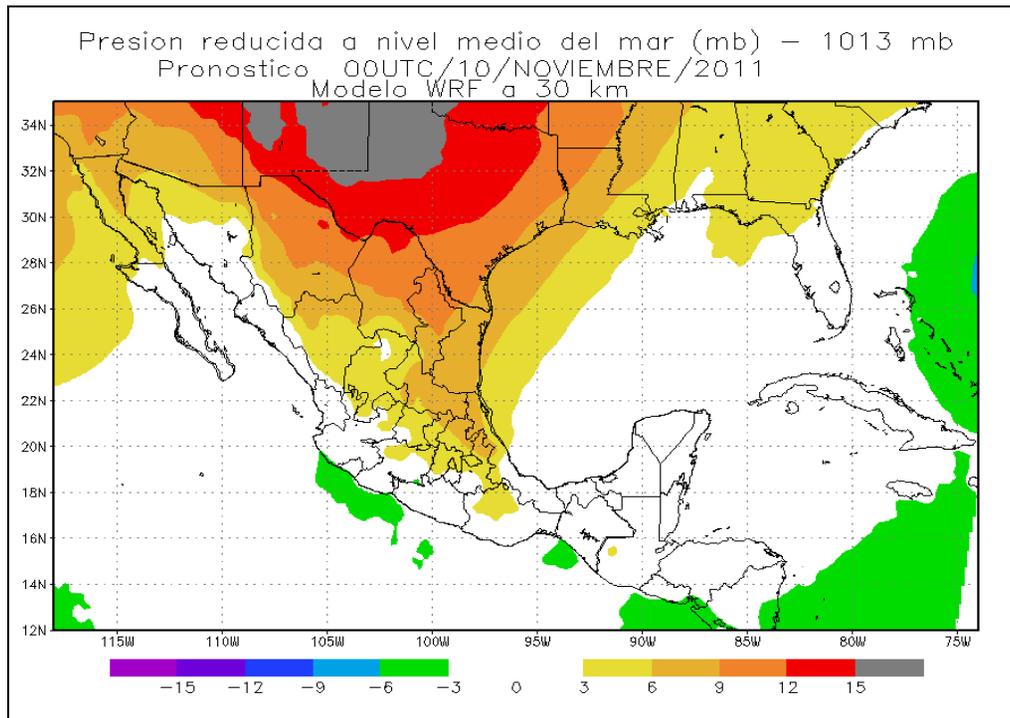


Figura 2.30. Anomalia de presión a nivel medio del mar para el segundo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

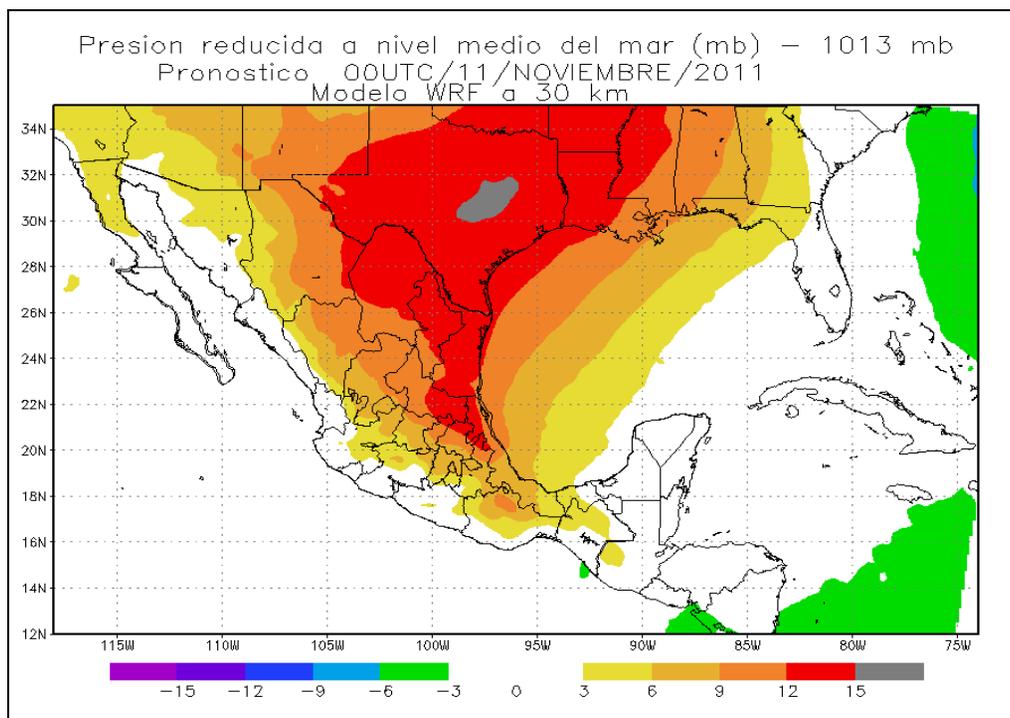


Figura 2.31. Anomalia de presión a nivel medio del mar para el tercer día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

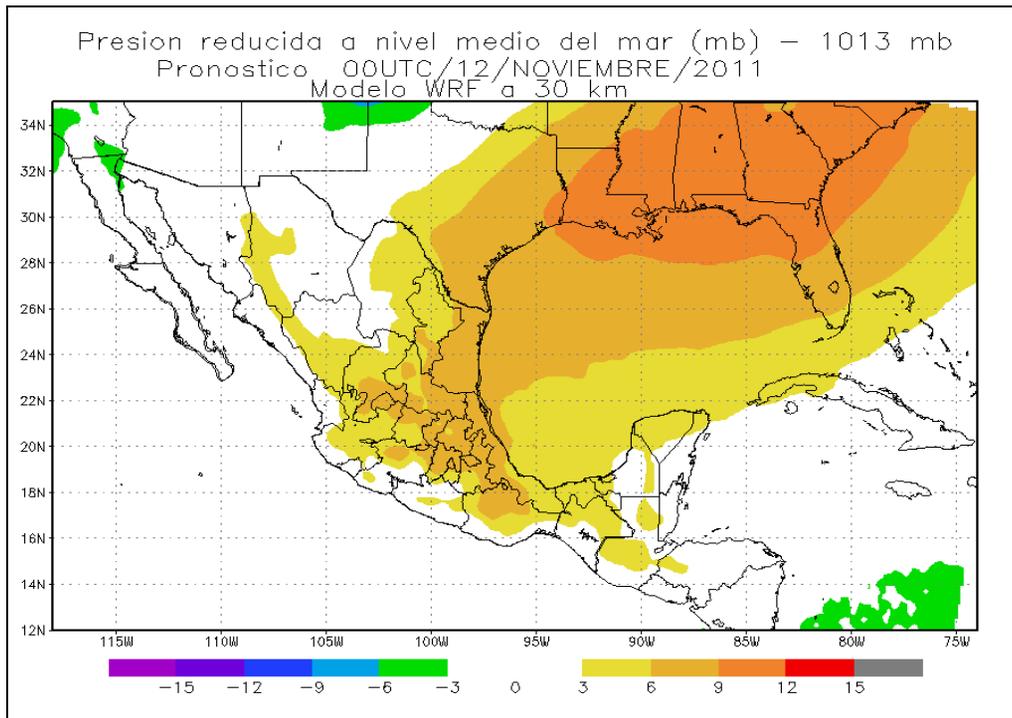


Figura 2.32. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el cuarto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

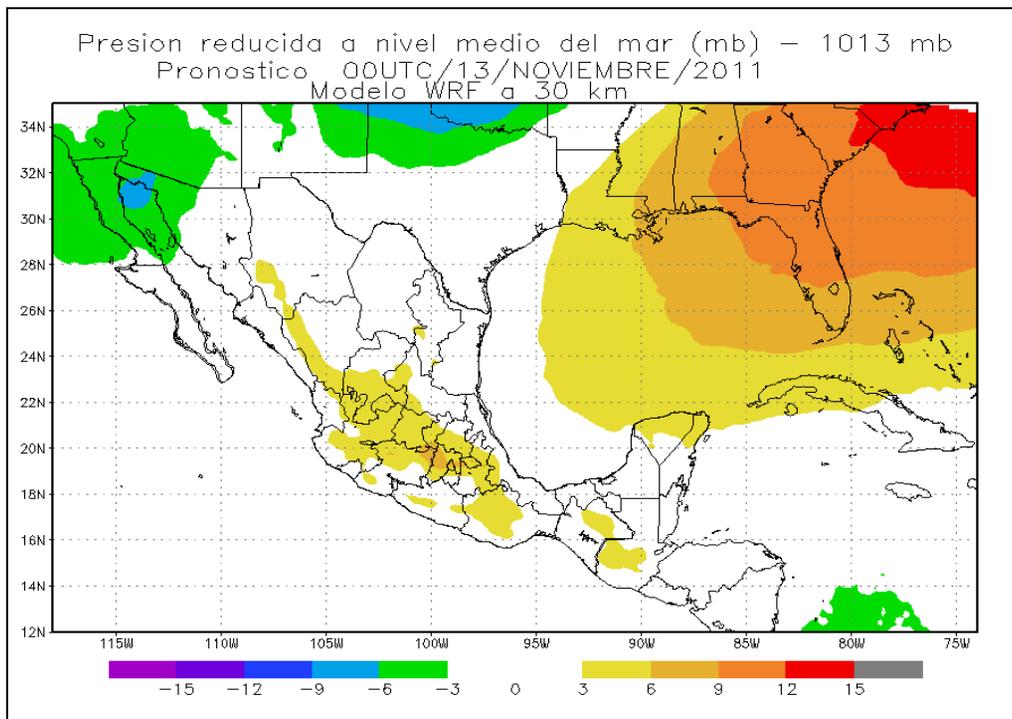


Figura 2.33. Anomalía de presión a nivel medio del mar para el quinto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

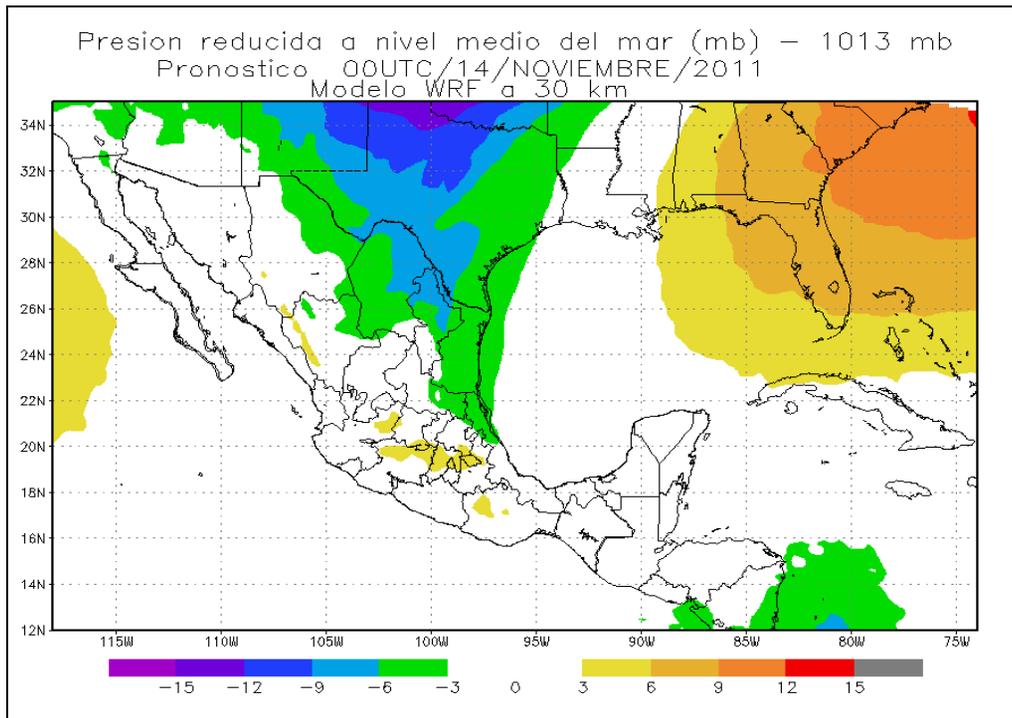


Figura 2.34. Anomalia de presión a nivel medio del mar para el sexto día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

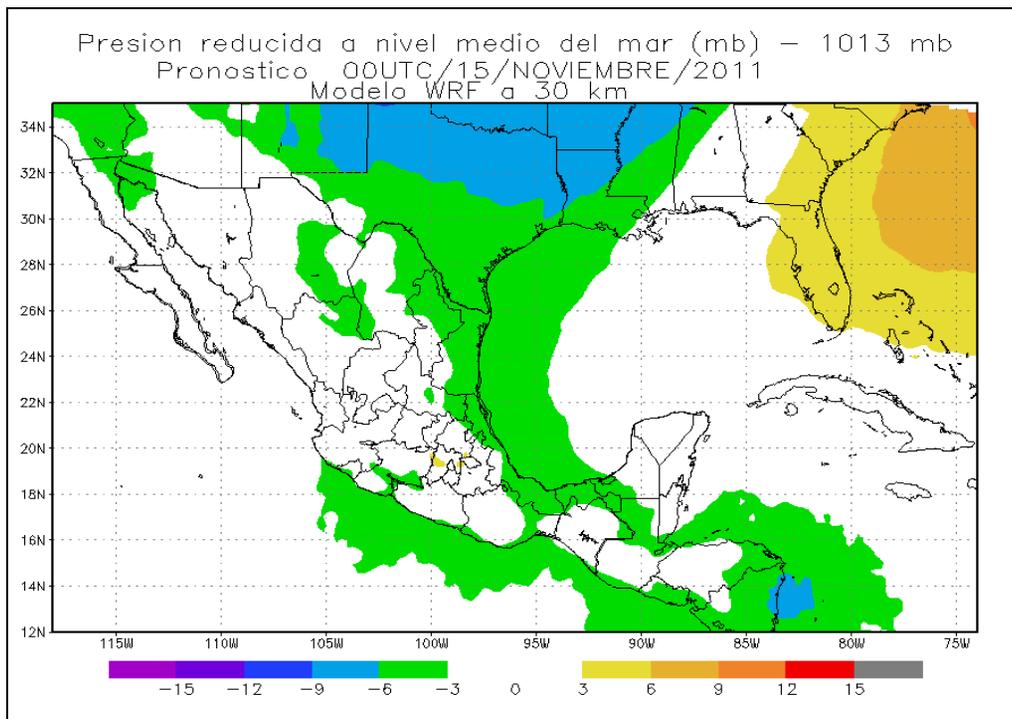


Figura 2.35. Anomalia de presión a nivel medio del mar para el séptimo día correspondiente a la simulación del 8 de noviembre de 2011.

2.5. Generación de productos gráficos de precipitación en las cuencas seleccionadas

Previo a la generación de los productos gráficos de precipitación se hizo una extracción de las cuencas hidrológicas de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) en formato shapefile, esto a través de la página Web <http://www.conabio.gob.mx/>. Se realizó un programa para convertir los datos de las cuencas de formato shapefile a un formato tratable por programas en PHP y bases de datos en MySQL. Por último se realizó la extracción de la climatología para cada cuenca con los datos del programa ERIC III¹.

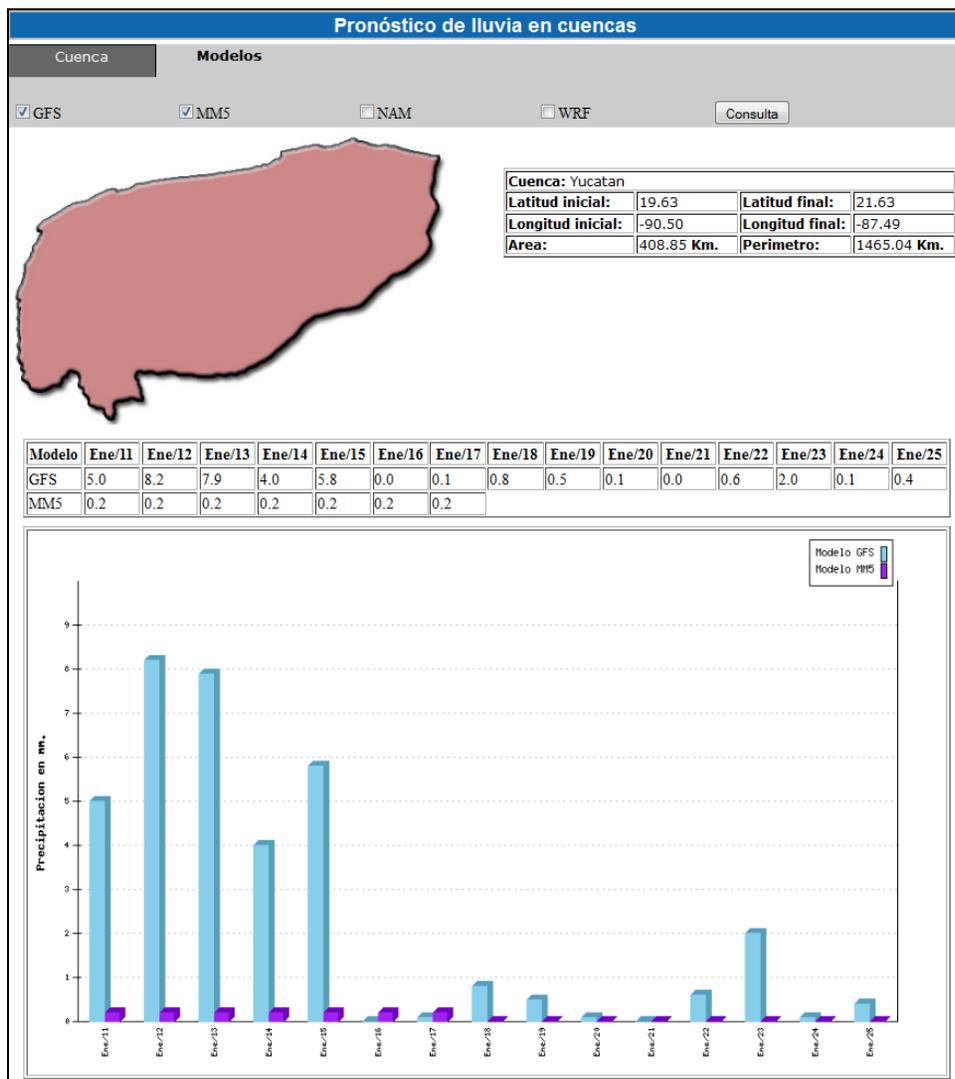


Figura 2.36. Ejemplo de gráfica de pronóstico de precipitación para la cuenca Yucatán con los modelos GFS y MM5.

¹ ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica versión 3) es un programa desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua que facilita y agiliza la consulta y extracción de los datos de la base de datos CLICOM (Clima Computarizado) que mantiene y administra el Servicio Meteorológico Nacional. México, 2011

3. Interfaz dinámica de consulta de resultados a través de un Portal Web

3.1. Generación de un Portal Web de despliegue de resultados de manera dinámica

Durante el diseño de la plantilla del portal Web de Galileo, se realizó un análisis de los banners y pies de página de las siguientes instituciones y dependencias del Gobierno Federal: Comisión Nacional del Agua (CNA); Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); Secretaria de Gobernación (SEGOB); Secretaria de medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); y Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

3.1.1. Análisis de dimensiones de los banner de página de sitios relacionados

Tabla 3.1. Dimensiones de los banners de páginas de sitios relacionados.

Dependencia	URL ²	Dimensiones (ancho por alto)
CNA	http://www.cna.gob.mx	976 x 82
IMTA	http://www.imta.gob.mx	978 x 82
SEGOB	http://www.segob.gob.mx	978 x 128
SEMARNAT	http://www.semarnat.gob.mx	978 x 80
SMN	http://smn.cna.gob.mx/	978 x 82



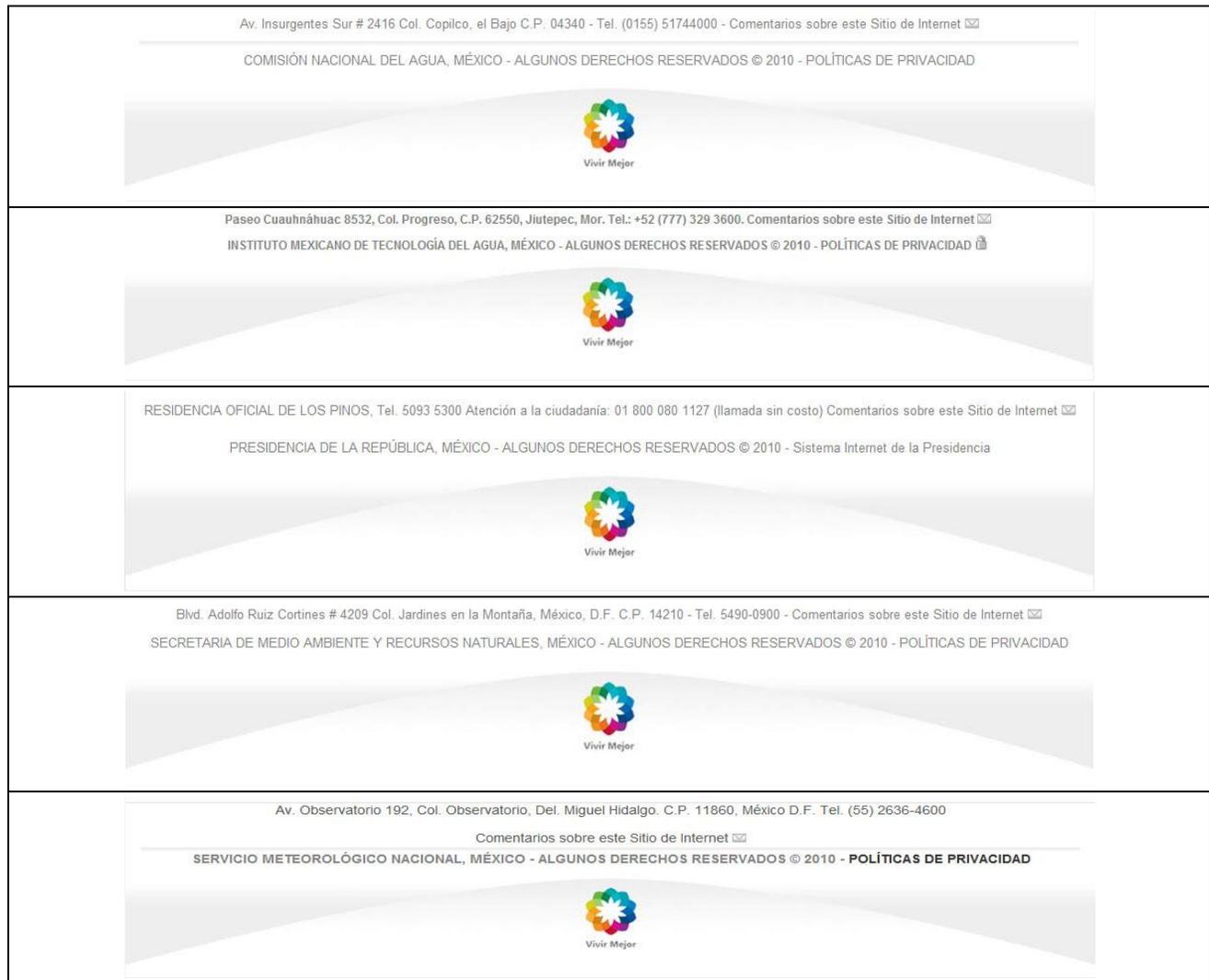
Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5. Banner de las páginas de: CNA, IMTA, SEGOB, SEMARNAT y SMN.

² URL son las siglas de Localizador de Recurso Uniforme (en inglés Uniform Resource Locator), la dirección global de documentos y de otros recursos en la World Wide Web.

3.1.2. Análisis de Dimensiones de los pies de página de sitios relacionados

Tabla 3.2. Dimensiones de los banners de páginas de sitios relacionados.

Dependencia	URL ²	Dimensiones (ancho por alto)
CNA	http://www.cna.gob.mx	976 x 193
IMTA	http://www.imta.gob.mx	978 x 170
SEGOB	http://www.segob.gob.mx	978 x 199
SEMARNAT	http://www.semarnat.gob.mx	978 x 188
SMN	http://smn.cna.gob.mx/	978 x 209



Figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10. Pies de página de las páginas: CNA, IMTA, SEGOB, SEMARNAT y SMN.

3.1.2. Organización general de las páginas web

Como ejemplo se toma la página del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

The image shows a screenshot of the IMTA website with numbered annotations on the left side pointing to specific features:

- 1) Accesos rápidos**: Points to the top navigation links (Inicio, Directorio, Mapa del sitio, Contacto, English).
- 3) Banner**: Points to the main header banner area.
- 2) Menú principal**: Points to the main navigation menu (¿Quiénes somos?, Infraestructura, Productos, Servicios, Quejas y denuncias, Transparencia, Enlaces).
- 4) Secciones importantes**: Points to the main content area, including the 'ATLAS DE VULNERABILIDAD HÍDRICA EN MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO' and various news items.
- 5) Noticias recientes**: Points to the 'NOTICIAS RECIENTES' section.
- 6) Enlaces y consultas**: Points to the 'ENLACES' and 'CONSULTA OTROS TEMAS' sections.
- 7) Notas importantes**: Points to the 'NOTAS IMPORTANTES' section.
- 8) Información, temas, síntesis y gaceta institucional**: Points to the bottom section containing institutional information, topics, synthesis, and the institutional gazette.
- 9) Pie de página**: Points to the footer area with contact information and the IMTA logo.

Figura 3.11. Organización del sitio web del IMTA.

3.1.3. Logo para la Subcoordinación de Hidrometeorología

Se realizaron tres propuestas de logo para el portal de galileo, se realizó la votación entre los especialistas de la Subcoordinación de Hidrometeorología y el logo ganador es el que se muestra en la figura 3.12.



Figura 3.12. Logo del portal web de GALILEO.

3.1.4. Organización de la plantilla principal para Galileo

A continuación se muestra el diseño, dimensiones y organización del portal web de GALILEO resultante del análisis de los sitios web relacionados (Ver figura 3.13).



Figura 3.13. Página de inicio de GALILEO.

1. **Accesos rápidos (Inicio, quienes somos, mapa de sitio, contáctanos y versión en inglés).**



Figura 3.14. Accesos rápidos.

2. **Banner (logo de la Subcoordinación de Hidrometeorología, logo del IMTA y SEMARNAT).**



Figura 3.15. Banner.

3. **Menu principal (Boletines, imágenes de satélite, monitoreo de lluvia, pronóstico numérico, atmósfera y proyectos).**



Figura 3.16. Menú principal.

4. **Secciones importantes (Boletín meteorológico, pronóstico estacional, imágenes de satélite, monitoreo de lluvia y pronóstico meteorológico con el modelo MM5).**

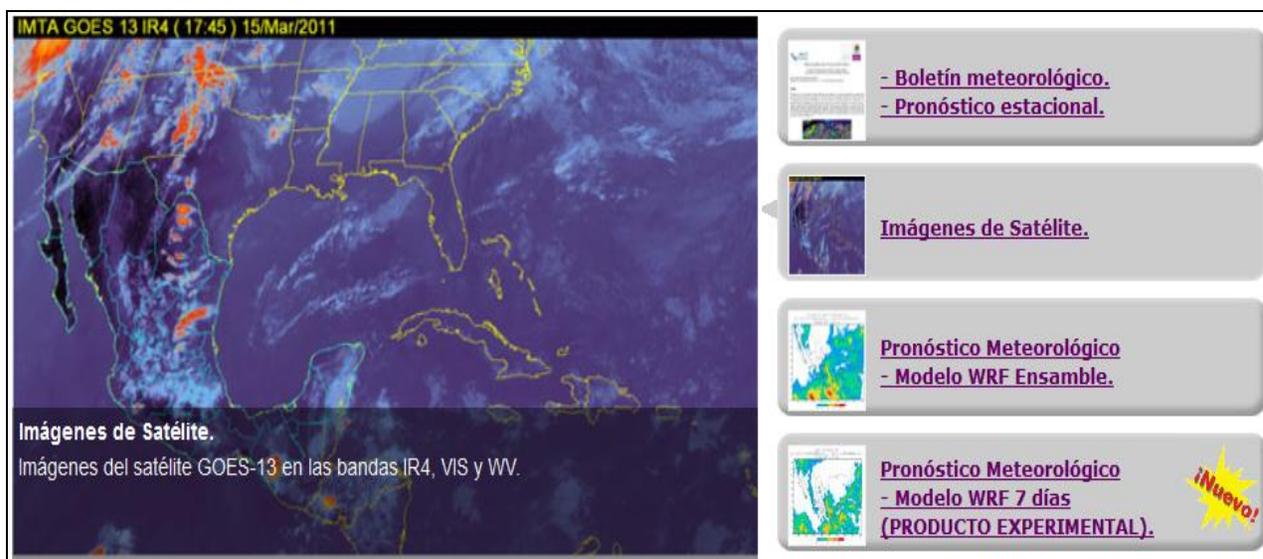


Figura 3.17. Secciones importantes.

5. Noticias de interes (Diplomado en hidrometeorología para Haiti, reunion de trabajo THORPEX – NAEFS y encuesta para el SMN).

NOTICIAS INTERÉS



Inauguración de aula de enlace en la Subcoordinación de Hidrometeorología.
se inauguró un aula de monitoreo virtual como nuevo espacio destinado a la difusión oportuna de pronósticos hidrometeorológicos y climáticos, así como para la atención de emergencias.

[Aula de enlace en la Subcoordinación de Hidrometeorología.](#)
17 de Agosto de 2011

[Diplomado en Hidrometeorología para Haití.](#)
15 de Marzo de 2011

[Reunión de trabajo THORPEX-NAEFS.](#)
del 17 al 20 de Mayo de 2010

Figura 3.18. Noticias de interés.

6. Proyectos realizados, aplicaciones web, ligas de interes y boletin meteorologico.

Proyectos	Aplicaciones Web	Ligas de interés
 <p>Red de estaciones agrometeorológicas del estado de Morelos</p>	<p>SEDEPECC</p>	 <p>Servicio Meteorológico Nacional</p>
 <p>El clima en el estado de Guerrero</p>	<p>Servicios Internos (Acceso restringido)</p>	 <p>National Hurricane Center</p>
 <p>Atmósfera</p>	<p>Entrar</p>	 <p>The Weather Channel</p>
 <p>Pronóstico de fenómenos meteorológicos intensos para el estado de Chiapas</p>		 <p>Centro de Ciencias de la Atmósfera</p>

Figura 3.19. Secciones de interés.

7. Congresos, talleres y encuestas externos de la Subcoordinación de Hidrometeorología.

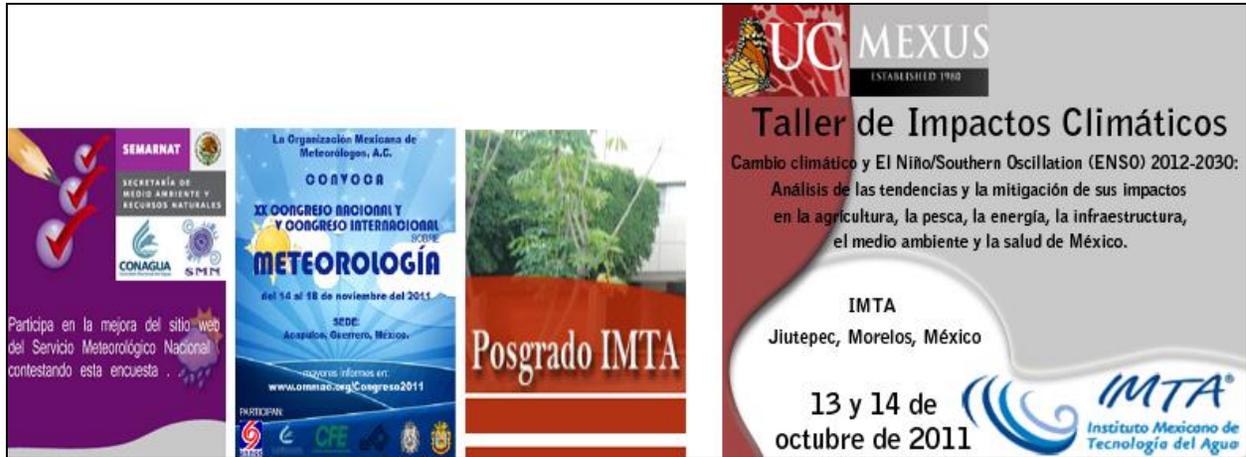


Figura 3.20 Congresos, talleres encuestas.

8. Pie de página.



Figura 3.21 Pie de página.

3.2. Alimentación de la página WEB de despliegue de resultados de manera gráfica

En GALILEO se descargan las salidas del GFS correspondientes a la corrida de las 00z, el código fuente del script que baja los datos se muestra en el anexo B. (Ver figura 3.22).

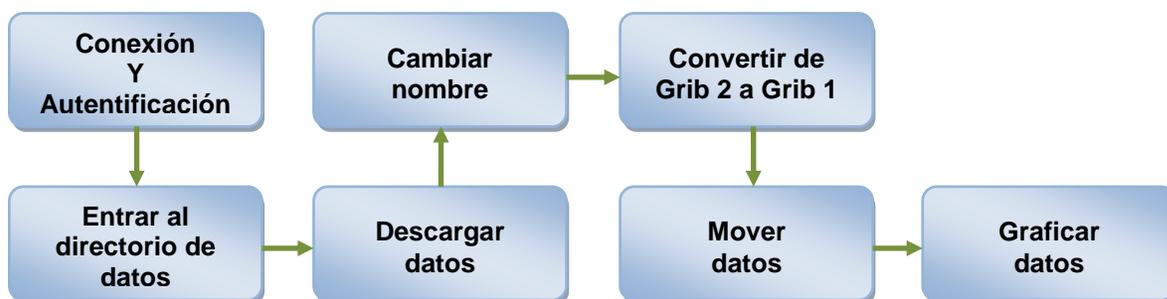


Figura 3.22. Proceso con el modelo GFS.

Entre las opciones que se pueden consultar en el pronóstico meteorológico con el modelo GFS de la página de Galileo (<http://galileo.imta.mx/>) se encuentran las siguientes opciones: Región (Nacional), Variable (Precipitación acumulada cada 3 horas, Precipitación acumulada cada 24 horas y Temperatura), Nivel (Superficie) y Fecha (Ver figura 3.23).

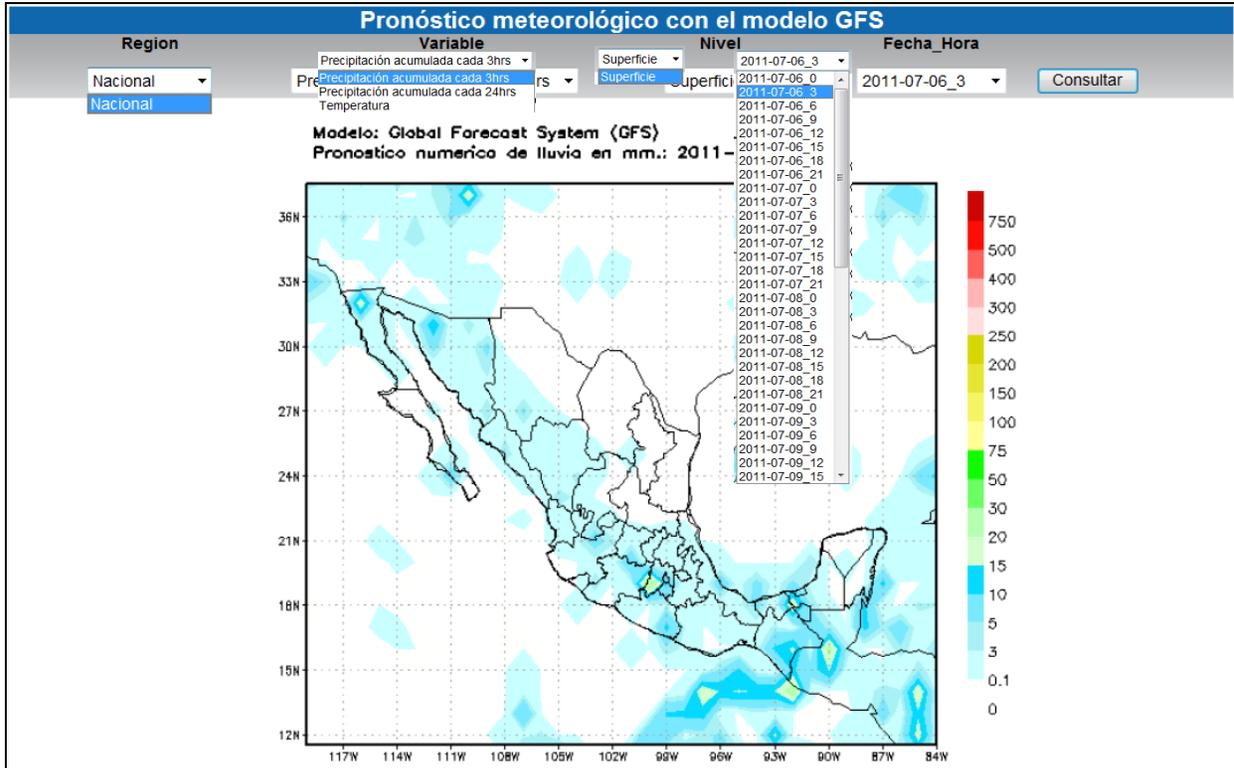


Figura 3.23. Pronóstico meteorológico con el modelo GFS.

También en el servidor de GALILEO corre el modelo MM5, en el anexo F se incluye el script para generar las gráficas.

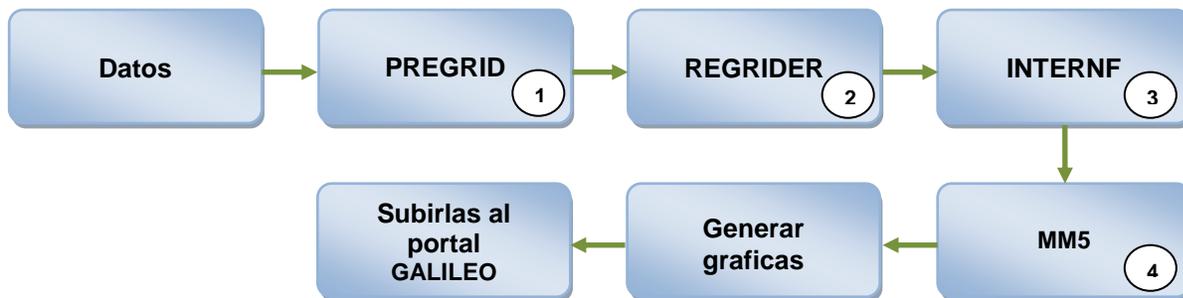


Figura 3.24. Proceso con el modelo MM5.

Podemos numerar cuatro pasos principales:

1. Extrae los campos meteorológicos para los dominios en el periodo específico que es de 3 días o 72 horas.
2. Integra los campos meteorológicos con los campos del terreno (elevación, cobertura vegetal, etc.) interpolando de forma horizontal.
3. Convierte los campos meteorológicos de presión a sigma.
4. Se encarga de realizar el pronóstico numérico.

Entre las opciones que se pueden consultar en el pronóstico meteorológico con el modelo MM5 de la página de Galileo (<http://galileo.imta.mx/>) se encuentran las siguientes: Región (Nacional, Noroeste, Noreste, Centro, Sureste, Estado de México, D.F., Morelos, Chiapas y Guerrero), Variable (Precipitación acumulada cada 3 horas, Precipitación acumulada cada 12 horas, Precipitación acumulada cada 24 horas, Temperatura, Humedad relativa, Temperatura de punto de rocío y Vientos), Nivel (Superficie) y Fecha (figura 3.25).

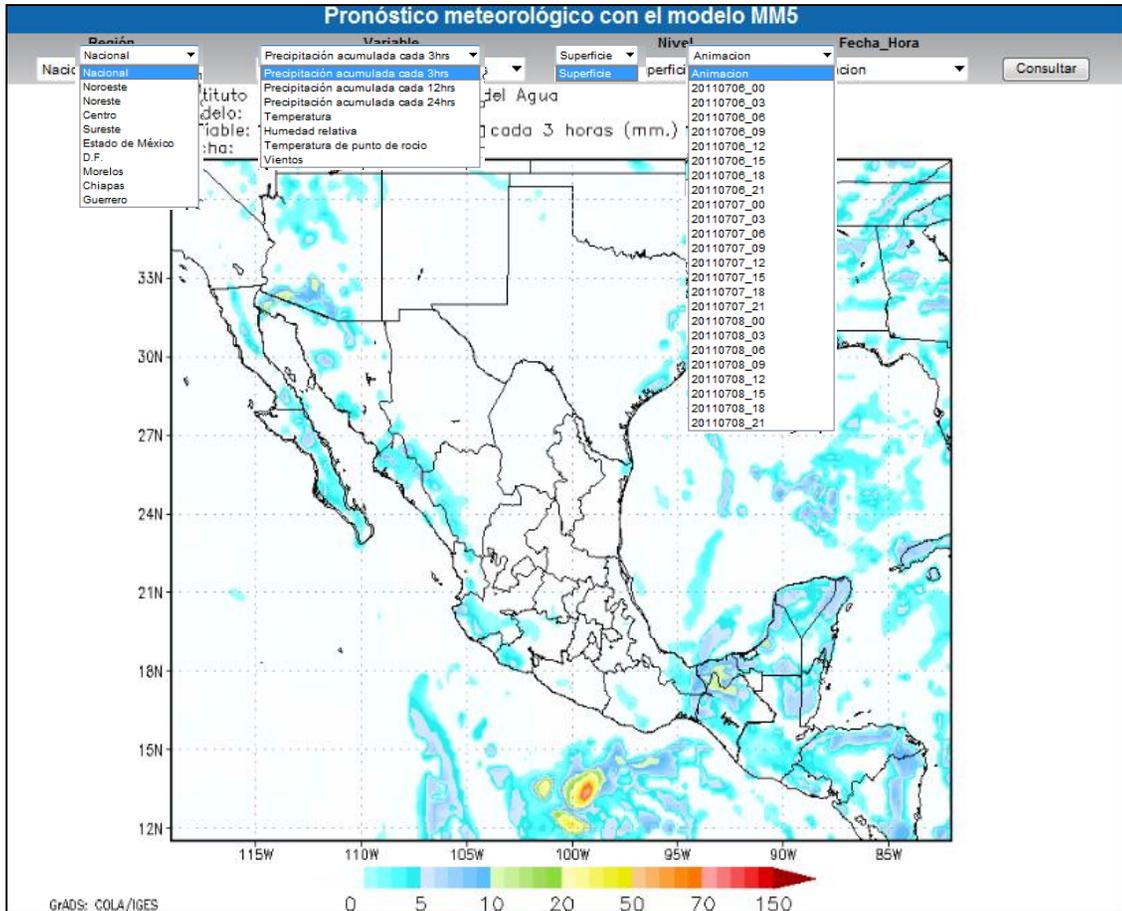


Figura 3.25 Pronóstico meteorológico con el modelo MM5.

En GALILEO se descargan las salidas del modelo NAM y únicamente se automatizó el proceso de generación de las gráficas. En la figura 3.26 se esquematiza el proceso para generar las gráficas con el modelo NAM.



Figura 3.26 Proceso para generar las gráficas con el modelo NAM.

Entre las opciones que se pueden consultar en el pronóstico meteorológico con el modelo NAM de la página de Galileo (<http://galileo.imta.mx/>) se encuentran las siguientes opciones: Región (Nacional, Noroeste, Noreste, Centro, Sureste, Estado de México, D.F., Morelos y Chiapas), Variable (Precipitación acumulada cada 6 horas, Precipitación acumulada cada 12 horas, Temperatura, Altura geopotencial y Humedad relativa), Nivel (Superficie) y Hora (figura 3.27).

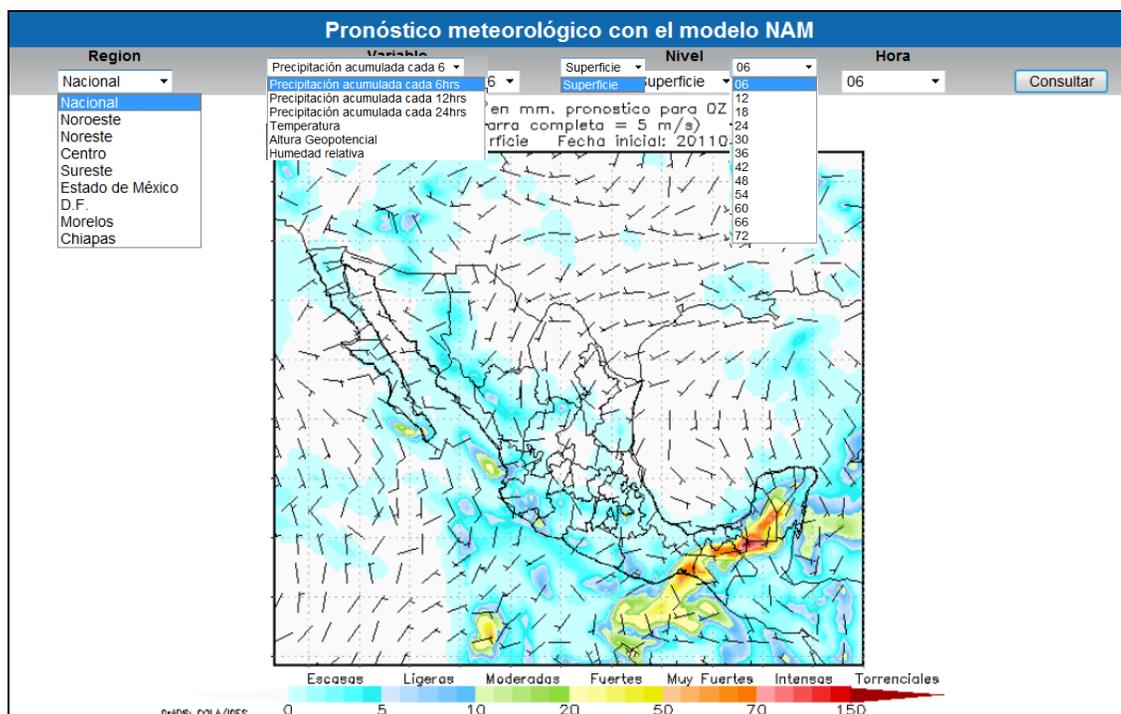


Figura 3.27. Pronóstico meteorológico con el modelo NAM.

En el servidor GALIA se corre y generan las gráficas del modelo WRF. Pero desde galileo se realiza la transferencia de las gráficas al portal Web. En el anexo F se incluye el código de automatización. En la figura 3.28 se describe el proceso para generar las gráficas del modelo WRF.

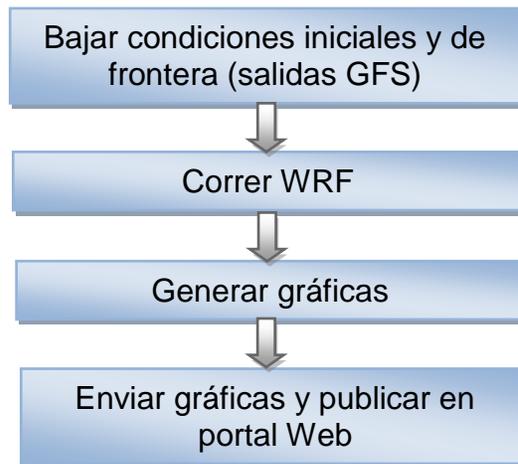


Figura 3.28. Proceso de generación de gráficas con el modelo WRF.

Entre las opciones que se pueden consultar en el pronóstico meteorológico con el modelo WRF de la página de Galileo (<http://galileo.imta.mx/>) se encuentran las siguientes opciones: Región (Nacional, Noroeste, Noreste, Centro, Sureste, Chiapas), Variable (Precipitación acumulada cada 6 horas, Precipitación acumulada cada 12 horas, Precipitación acumulada cada 24 horas, Precipitación acumulada, Temperatura, Altura geopotencial, Humedad relativa y Vorticidad), Nivel (Superficie) y Hora (figura 3.29).

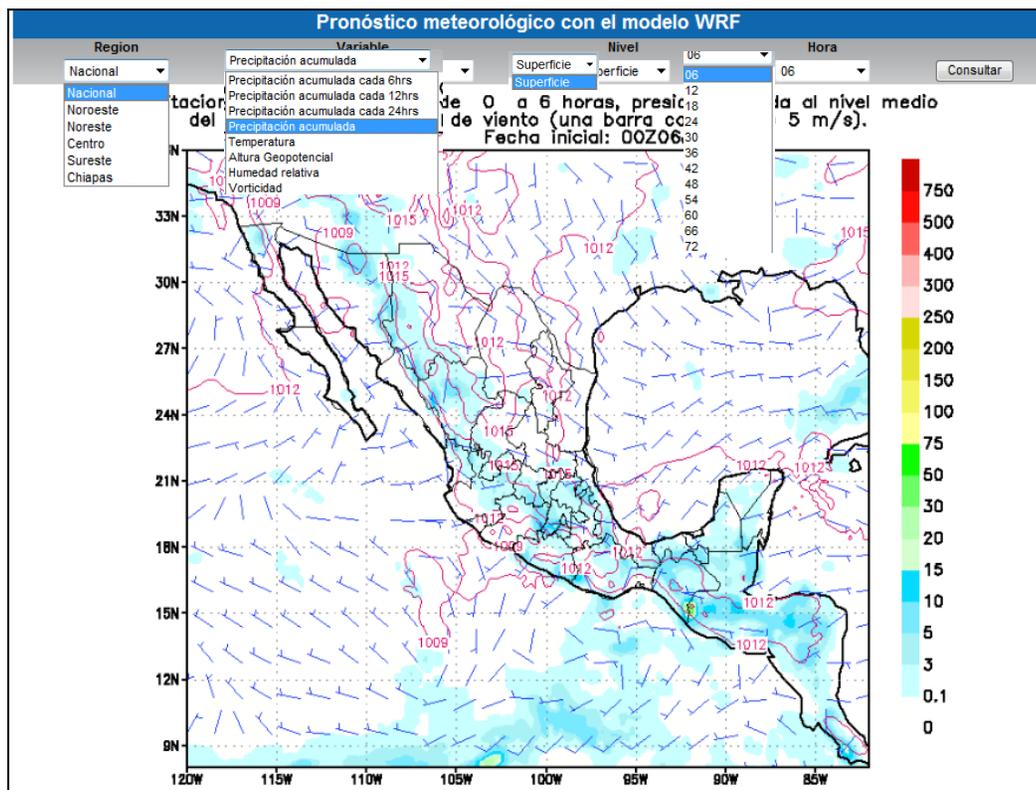


Figura 3.29. Pronóstico meteorológico con el modelo WRF.

En el servidor GAIIA también se realizan corridas del WRF en su modalidad ensamble, utilizando como parametrizaciones de esquemas de nubes cúmulus las siguientes: Kain-Fritsch, Betts-Miller-Janic, Grell-Devenyi, Grell 3d, Arakawa y Old Kain-Fritsch. Se realizan tres opciones de parametrización a la vez, y al terminar se ejecutan las siguientes tres. El tiempo de procesamiento es de alrededor de 25 minutos.

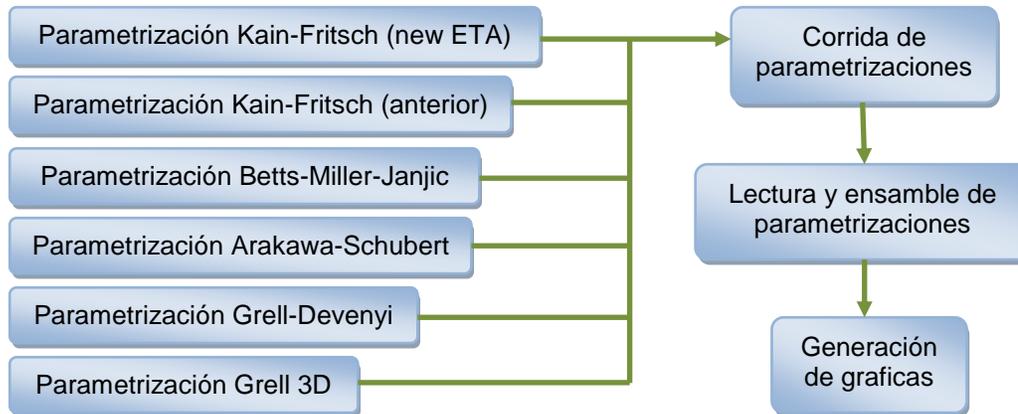


Figura 3.30. Proceso con el modelo WRF Ensamble.

Las opciones que se pueden consultar desde el portal de internet con el modelo WRF Ensamble son: Año, Mes, Día, Variable, y Pronóstico (a 24 hrs., a 48 hrs. Y a 72 hrs.).

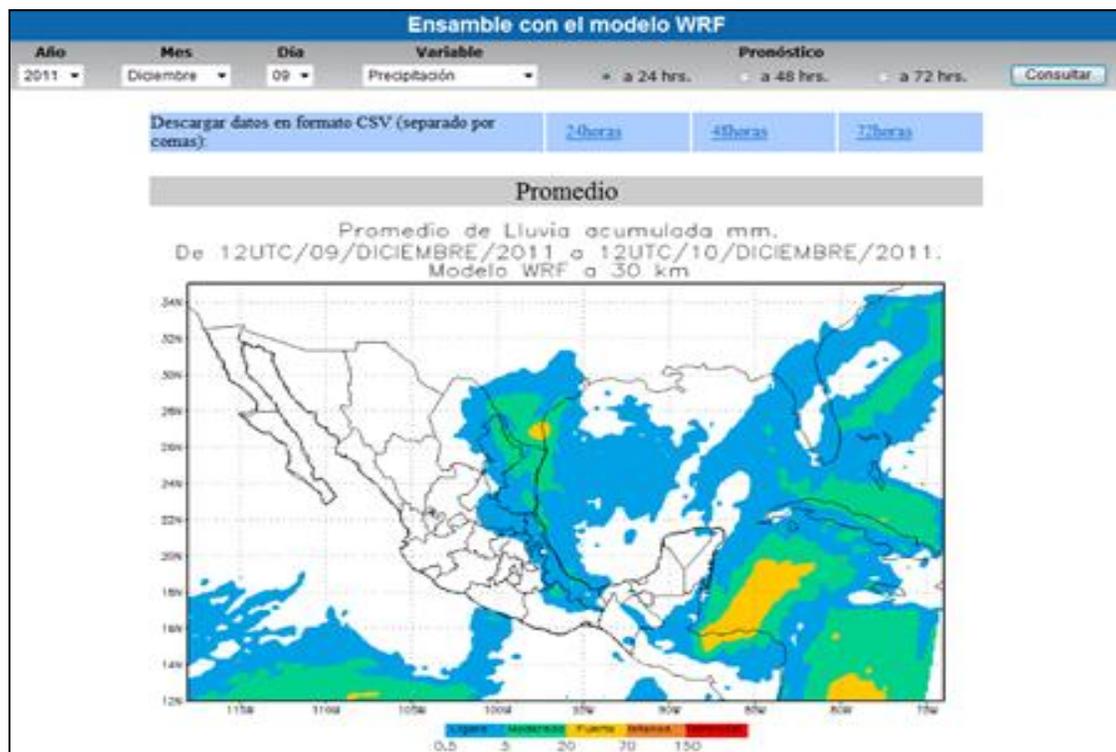


Figura 3.31. Pronóstico meteorológico con el modelo WRF Ensamble.

De manera experimental se está corriendo en GAIAA el modelo WRF a siete días. Debemos considerar que la habilidad de los modelos meteorológicos para pronosticar las condiciones atmosféricas decae conforme aumenta el tiempo de pronóstico. Estos gráficos tienen el propósito de generar información para ir evaluando pronósticos meteorológicos extendidos. El modelo GFS proporciona las condiciones de frontera y de superficie al modelo WRF.

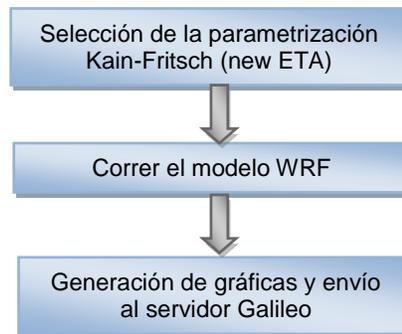


Figura 3.32. Proceso con el modelo WRF a 7 días.

Entre las opciones que se pueden consultar en el pronóstico meteorológico con el modelo WRF a 7 días de la página de Galileo (<http://galileo.imta.mx/>) se encuentran las siguientes opciones: Año, Mes, Día, Variable, y Pronóstico a 7 días (figura 3.33).

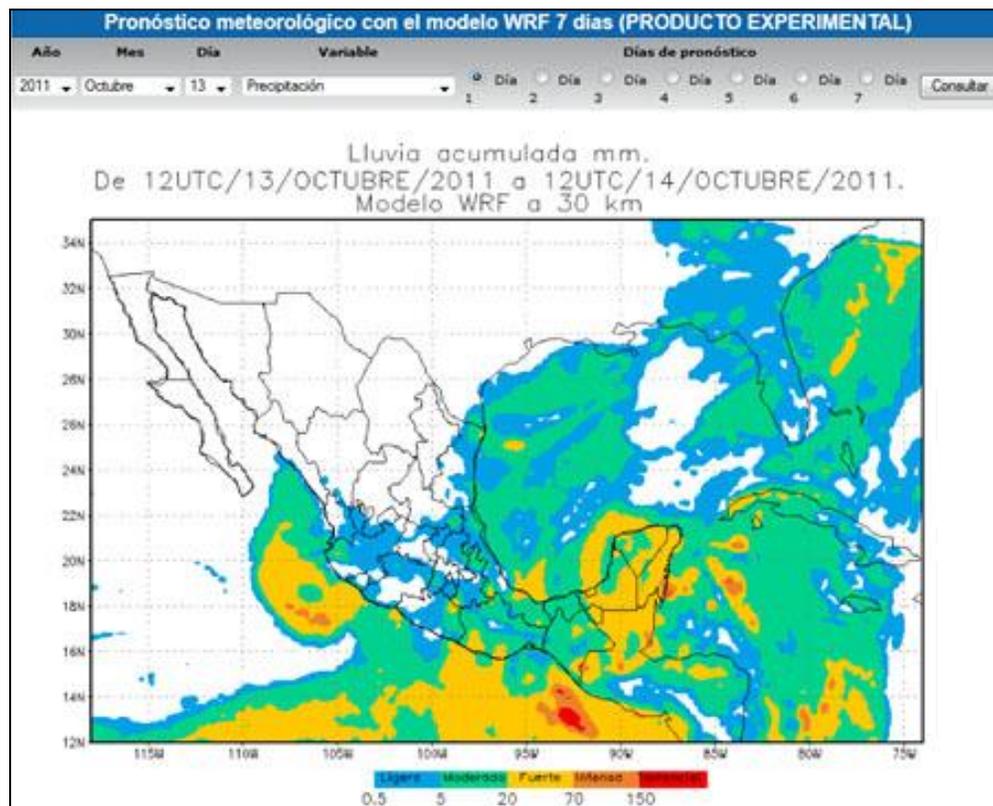


Figura 3.33 Pronóstico meteorológico con el modelo WRF a 7 días.

3.3. Incorporación de resultados al boletín meteorológico

El boletín Meteorológico desarrollado en la Subcoordinación de Hidrometeorología surge como un producto de apoyo ante la necesidad de múltiples usuarios relacionados con el IMTA y externos, de conocer las condiciones meteorológicas actuales y futuras a corto plazo que se presentan en la República Mexicana, principalmente ante eventos de particular interés que puedan tener impactos directos o indirectos en la sociedad, en los recursos hídricos del país y en los proyectos relacionados con el Instituto. También es destacable su importancia durante eventos extremos que pueden presentar afectaciones en territorio mexicano debido a fenómenos meteorológicos como ciclones tropicales, frentes fríos y tormentas.

El boletín meteorológico se realiza de manera operativa, regularmente de lunes a viernes, con horario de emisión a las 10:00 am, mientras que durante eventos de riesgo hidrometeorológicos, el boletín puede elaborarse más de una vez al día e incluso los fines de semana con información actualizada y especial enfoque a los sectores y regiones de mayor interés. El boletín es generado en formato PDF y se sube en primera instancia al portal de Galileo (<http://galileo.imta.mx>) y además se envía a través de email una lista de destinatarios.

3.3.1. Proceso de elaboración y publicación del boletín meteorológico

Para la redacción de un boletín que contenga la información más relevante en cuanto a los principales eventos meteorológicos presentes y esperados en las próximas 72 horas y sus posibles efectos, el texto debe presentarse de manera clara y enfocada al sector al cual será dirigido. De preferencia no manejar valores cuantitativos debido a la incertidumbre que manejan los modelos numéricos.

3.3.1.1. Fuentes de información para el análisis de condiciones actuales

Se debe realizar un análisis de la información de superficie, el análisis de altura, identificación de los fenómenos atmosféricos relevantes, análisis de las imágenes de satélite y análisis de los datos de la superficie del mar. A continuación se describen algunas fuentes de información de gran utilidad para realizar los análisis correspondientes.

3.3.1.1.1. Cartas de superficie

El análisis de condiciones actuales del estado del tiempo consiste en la interpretación de distintos productos que reflejan las condiciones atmosféricas presentes en la región de interés para la elaboración del boletín. Se puede recurrir a datos reportados por estaciones en superficie, como observatorios, boyas, estaciones automáticas, información reportada por barcos, y otros, los cuales son desplegados en cartas de superficie por medio de México, 2011

simbología que describen el tipo de situación información presentada para cada variable como se muestra en la figura 3.34.

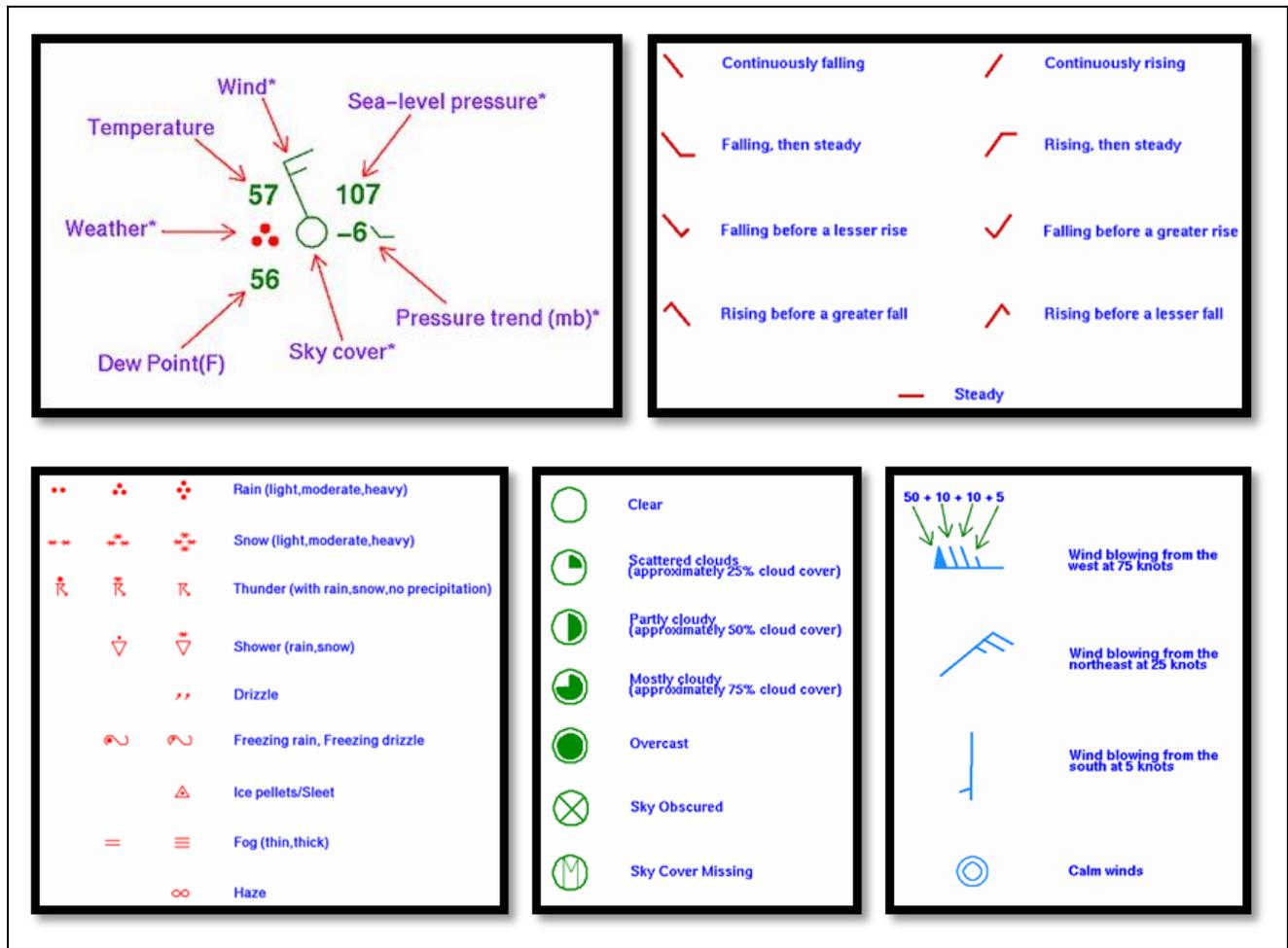


Figura 3.34. Simbología utilizada en el análisis de cartas de superficie³.

3.3.1.1.2. Radiosondeos

Los radiosondeos son programados una o más veces al día a horas específicas. Una de las primeras cosas que necesitamos observar es la estabilidad. Analizando los radiosondeos podemos identificar el potencial de tiempo severo en las próximas horas del día.

³ Fuente: <http://www.hpc.ncep.noaa.gov/html/stationplot.shtml>.



Figura 3.35. Radiosondeos y productos para análisis.

Para facilitar la localización de áreas con potencial de tiempo severo, se designan valores a variables que representan el potencial de inestabilidad registrado por el radiosondeo, estos números se les conoce como índices de estabilidad.

Índice de Showalter. Una medida del potencial de inestabilidad de la atmósfera en las capas de 850 a 500 mb. Su ecuación es: $S = T_{500} - T_p$, donde T_{500} es la temperatura del aire en 500 mb y T_p es la temperatura de la parcela que asciende por la adiabática húmeda desde los 850 mb. El índice de showalter requiere una capa lo suficientemente profunda de humedad para alcanzar los 850 mb (tabla 3.3).

Tabla 3.3. Índice Showalter

Valores de S	Posible evento
Precipitaciones	3 a 1
1 a -2	Tormenta eléctrica
-3 a -6	Tormentas severas
Tornados	<-6

Índice K: Se define como: $K = T_{850} + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700}) - T_{500}$ (tabla 3.3).

Tabla 3.4. Índice K.

Valores de K	Posible evento
< 15	Convección Nula
> 20	Tormentas eléctricas dispersas
> 35	Tormentas eléctricas generalizadas

Índice Total de Totales: Se define como: $TT = T_{850} + T_{d850} - 2(T_{500})$ Donde T_{850} y T_{500} son la temperatura de la atmósfera a esos niveles respectivos y T_{d850} es la temperatura de punto de rocío a 850 mb (tabla 3.5).

Tabla 3.5. Índice Total de Totales

Valores de TT	Posible evento
> 44	Tormentas eléctricas
> 48	Tormentas severas
> 50	Tornados

Convective Available Potential Energy (CAPE): Se define como una medida del tamaño de área positiva entre el nivel de convección libre (LFC) y el nivel de equilibrio (EL).

Tabla 3.6. CAPE.

Valores de CAPE	Condición
0	Estable
0-1000	Marginalmente inestable
1000-2500	Moderadamente inestable (convección profunda)
2500-3500	Muy inestable
> 3500	Extremadamente inestable

3.3.1.1.3. Imágenes de satélite

Otra de las herramientas útiles para la elaboración del boletín es el análisis de imágenes de satélite, las cuales son básicamente mediciones indirectas que son realizadas por radiómetros, donde se registran diferentes partes del espectro electromagnético absorbido, emitido o dispersado por los gases y partículas en la atmósfera así como por las superficies. El espectro electromagnético es simplemente el rango completo de frecuencias de onda que caracterizan a la radiación solar, sin embargo solo una pequeña parte del espectro electromagnético puede ser detectado por el ojo humano.

Los radiómetros pueden observar en un amplio rango de intervalos del espectro electromagnético. Estos intervalos son llamados ventanas, canales o bandas espectrales, donde son tres los canales más comunes: el de luz visible (0.6 μm), infrarrojo (10 a 12 μm) y un canal especial que se encuentra muy cercana a una de las bandas de absorción del infrarrojo, el canal de vapor de agua (figura 3.36).

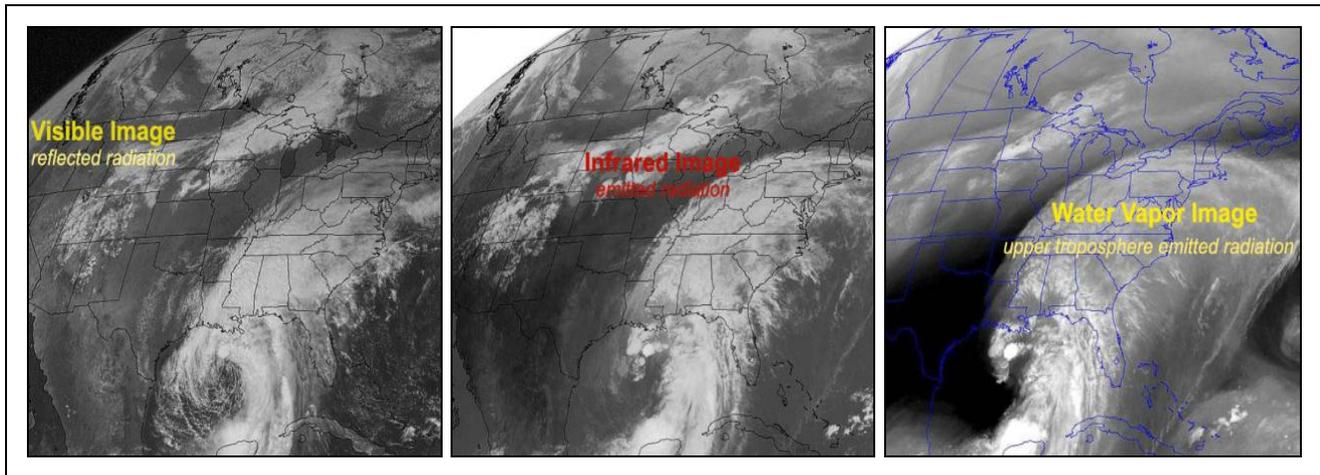


Figura 3.36. Imágenes de satélite en los canales visible, infrarrojo y vapor de agua.

Una imagen visible representa la luz del sol que es dispersada por objetos suspendidos en la atmósfera o por la superficie terrestre, por lo cual solo está disponible durante el día. Una imagen infrarroja proporciona información de la temperatura del terreno, cuerpos de agua y nubes, por medio de la medición de la radiación infrarroja emitida por las superficies. Por último, una imagen de vapor de agua representa patrones de flujo en la troposfera superior, detectando concentraciones en la capa atmosférica de entre 600 y 300 mb (4 y 9 km aprox.) debido a que el vapor de agua es un eficiente emisor y absorbente de la radiación con longitudes de onda entre 6.5 y 6.9 μm .

3.3.1.1.3. Estimación de vientos por satélite

Tanto los sensores de microondas activos (radares) como los pasivos (radiómetros) han sido capaces de proporcionar la velocidad y dirección del viento sobre la superficie del océano (figura 3.37). Sin embargo, la presencia significativa de agua en estado líquido en las nubes presenta retos importantes para esta técnica, limitando su utilidad como apoyo al pronóstico operativo del tiempo y alertamientos en zonas oceánicas.

El desarrollo y el mejoramiento de la instrumentación y los algoritmos para la medición del viento sobre la superficie del océano es un proceso que se está realizando en las áreas de teledetección, tanto en el activo como en el pasivo como en el caso del proyecto ASCAT (Advanced Scatterometer).

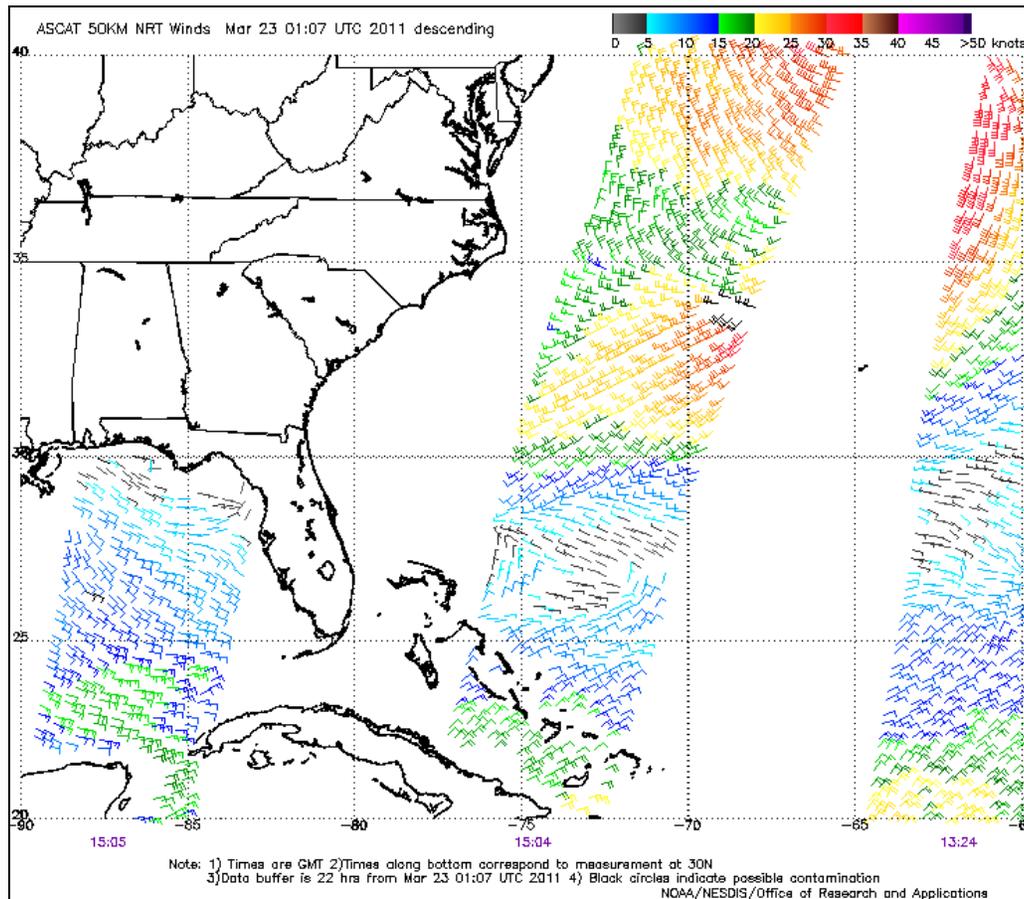


Figura 3.37. Barbas de viento estimados por el ASCAT (Atlántico NW).

3.3.1.1.4. Radares

El principio de funcionamiento de un Radar es la transmisión de una determinada señal de Radiofrecuencia que incide en un objeto llamado "blanco", el cual refleja la señal en varias direcciones, una porción de esta señal "eco" es captada por un receptor, que puede ser la misma antena de transmisión, que se encarga de filtrar la señal de un cierto ruido "clutter", amplificarla y procesarla para obtener información del "blanco", como posición, velocidad y tipo de blanco.

El Radar Meteorológico se emplea para la medición y seguimiento de fenómenos atmosféricos constituidos por agua, en forma de lluvia, granizo y nieve principalmente. El radar tiene además la posibilidad de realizar estudios de volumen de la nube, a diferentes cortes o secciones, así como de dar seguimiento y estudio de fenómenos severos como huracanes. El Radar meteorológico es sin duda una valiosa herramienta con tecnología de punta con que cuentan los Meteorólogos para realizar los pronósticos del tiempo.

La Red Nacional de Radars Meteorológicos está formada por 13 radares; todos están provistos con el sistema Doppler, lo que permite conocer la velocidad y la dirección del blanco. La red proporciona una cobertura aproximada del 70% del Territorio Nacional.



Figura 3.38. Red de radares pertenecientes al SMN de México y ejemplo de información.

3.3.2. Pronostico a 24, 48 y 72 horas

Análisis de resultados de modelos meteorológicos más recientes, principalmente de las variables: Precipitación, viento, temperatura y presión en superficie, así como la consideración de modelos estadísticos.

3.3.2.1. Modelación numérica de la atmosfera

Una predicción es determinística cuando se realiza un pronóstico, como ejemplo, si lloverá o la cantidad en un momento determinado, suponiendo que la atmósfera evolucionará de forma univoca en un escenario único perfectamente determinado, sin ningún género de dudas, de incertidumbre o probabilidad.

La física clásica, basada en leyes deterministas, nos permite analizar el desplazamiento de un móvil si conocemos sus condiciones iniciales y las fuerzas a las que está sometido. De la misma forma, dadas unas condiciones iniciales de la atmósfera y si alimentamos un modelo numérico donde se tengan en cuenta las leyes de la dinámica atmosférica obtendremos predicciones. Entonces, la manera más fácil de hacer una predicción determinista es usar las salidas de un solo modelo numérico que prevea un solo escenario de evolución, que podrá ajustarse o no a la atmósfera real. Podemos hablar de un modelo numérico determinista como aquel que nos permite obtener una única evolución de la atmósfera y de sus variables asociadas. Muchas de las salidas de modelos disponibles en

Internet son deterministas siempre y cuando nos den sólo un escenario de evolución a varias horas o días vistas.

Los modelos dinámicos realizan pronósticos determinísticos solucionando las ecuaciones físicas que gobiernan la atmósfera, usando una variedad de métodos numéricos y basados en condiciones iniciales de las observaciones disponibles. Los modelos numéricos se dividen en modelos de circulación global los cuales cubren todo el planeta omitiendo condiciones de frontera para su análisis, y los modelos de área limitada, también llamados de mesoescala ya que tienen la capacidad de simular o pronosticar sistemas de mesoescala de manera eficiente.

El pronosticador puede tomar los resultados directos del modelo para emitir dicha información o introducir ciertos grados de incertidumbres de forma subjetiva u objetiva, esto es, si se sabe que determinado modelo presenta tendencias a sobreestimar o subestimar a las variables meteorológicas, se realiza la consulta de modelos diferentes que dan otros valores previstos.

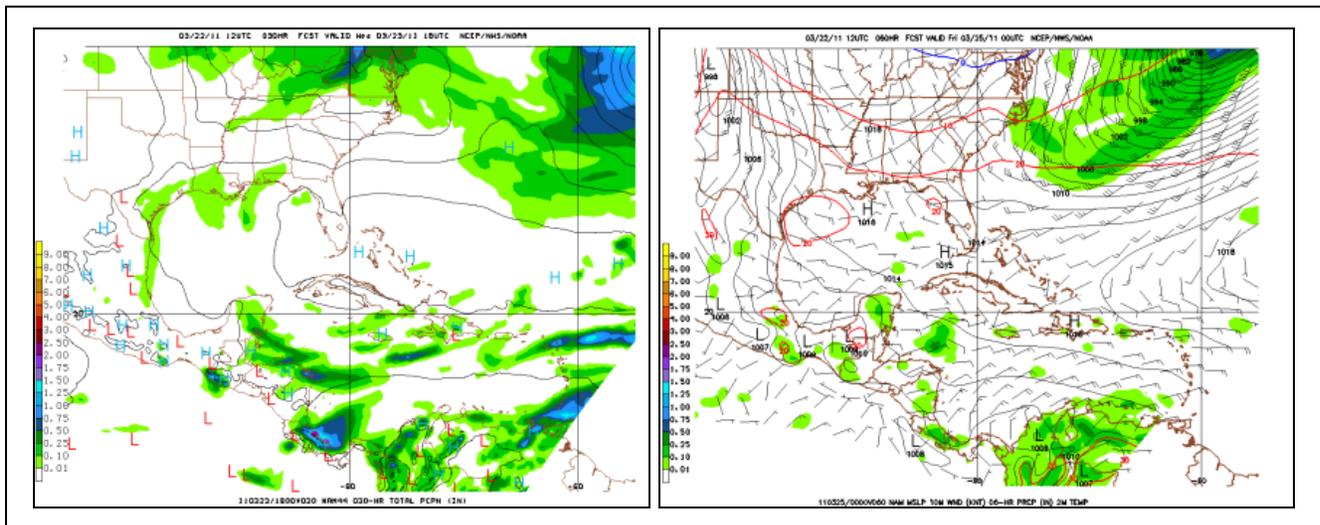


Figura 3.39. Resultados del modelo NAM para precipitación y viento a 24 horas.

3.3.2.2. Sistemas de predicción por ensambles (EPSGRAMAS)

La atmósfera es un sistema caótico por lo cual su evolución temporal es extremadamente sensible a las condiciones iniciales. Lorenz (1962) demostró que las condiciones iniciales de ciertos sistemas, como la atmósfera, condicionan extraordinariamente su evolución posterior. Considerando que no es posible determinar con exactitud las condiciones iniciales de la atmósfera para inicializar un modelo, que las ecuaciones a ser resueltas del modelo no son perfectas tendiendo a idealizar, y que las técnicas numéricas para resolver las ecuaciones no lineales de la atmósfera son aproximaciones limitadas, tendemos que la

evolución de la atmósfera de un modelo es una aproximación de lo que sucedería en realidad, perdiendo confiabilidad a medida que avanza el tiempo.

Si se dispone de un modelo determinista es posible generar entonces, a partir de él, predicciones probabilísticas aplicando técnicas y filtros estadísticos, o técnicas objetivas y subjetivas que introduzcan cierto grado de probabilidad en el pronóstico. Si se modifican convenientemente las condiciones iniciales básicas y obteniendo otros tantos estados iniciales de la atmósfera, digamos N, algunos de los estados iniciales perturbados se encontrarían próximos al estado real de la atmósfera. El ejecutar un modelo con N estados iniciales diferentes para obtener N escenarios de evolución de la atmósfera supondría que dentro de ellos estaría contenida la evolución de la atmósfera real.

A partir de N escenarios de evolución se podrá analizar si la situación atmosférica posee un grado de dispersión significativo o que tan afín es la evolución de los distintos escenarios, por lo cual, gracias a las salidas del EPS se podrá cuantificar la incertidumbre y probabilidades de la predicción en distintos momentos.

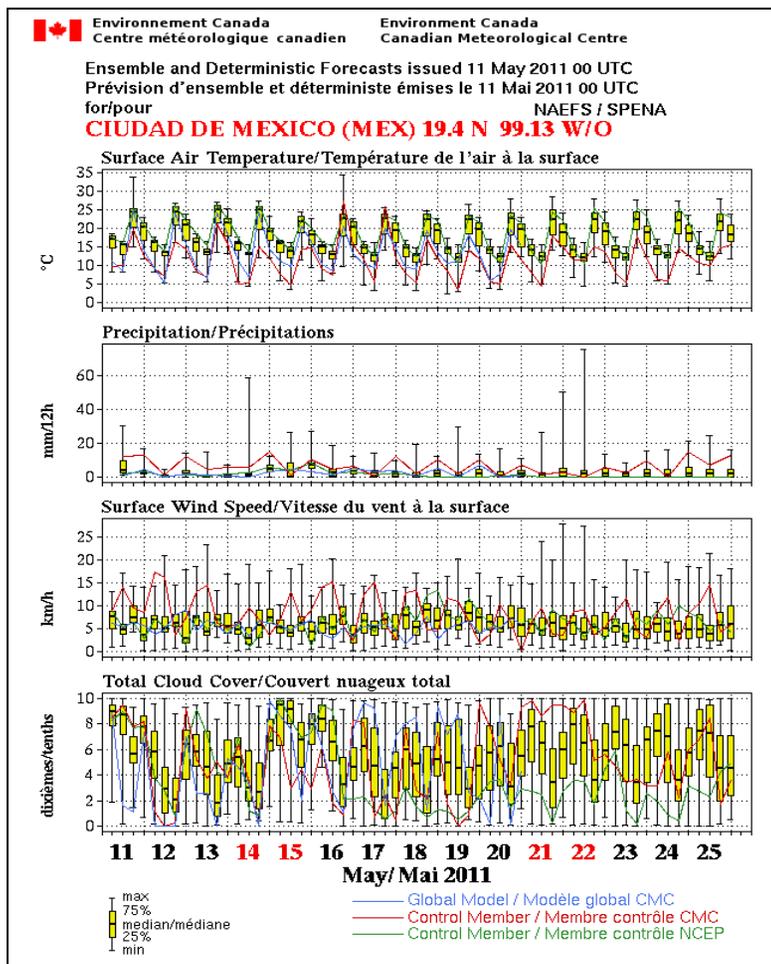


Figura 3.40. EPSgrama de NAEFS basado en pronósticos de ensambles.

3.3.3. Pronósticos de vientos y trayectorias de huracanes

El Centro Nacional de Huracanes de Miami (NHC) es una división del Centro de Predicción Tropical del Servicio Nacional del Tiempo de EU (NWS) encargada de monitorear y predecir el comportamiento de depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes, así como a la elaboración y emisión de información concerniente a su potencial de desarrollo, evolución y afectaciones.

Aunque este centro es una agencia de los EU, la Organización Meteorológica Mundial lo ha designado como Centro Meteorológico Especializado Regional para el Atlántico norte y el este del Pacífico. Como tal, es el punto de confluencia de información de huracanes y tormentas tropicales que ocurran en esta área, aún si estas no tienen efecto en los EU. Por medio de distintos medios de información ofrecen alertamientos oportunos vientos y trayectorias de estos fenómenos (figura 3.41), entre otros productos, los cuales pueden ser de mucha utilidad al momento de elaborar pronósticos meteorológicos para una determinada región afectada por alerta de ciclones tropicales.

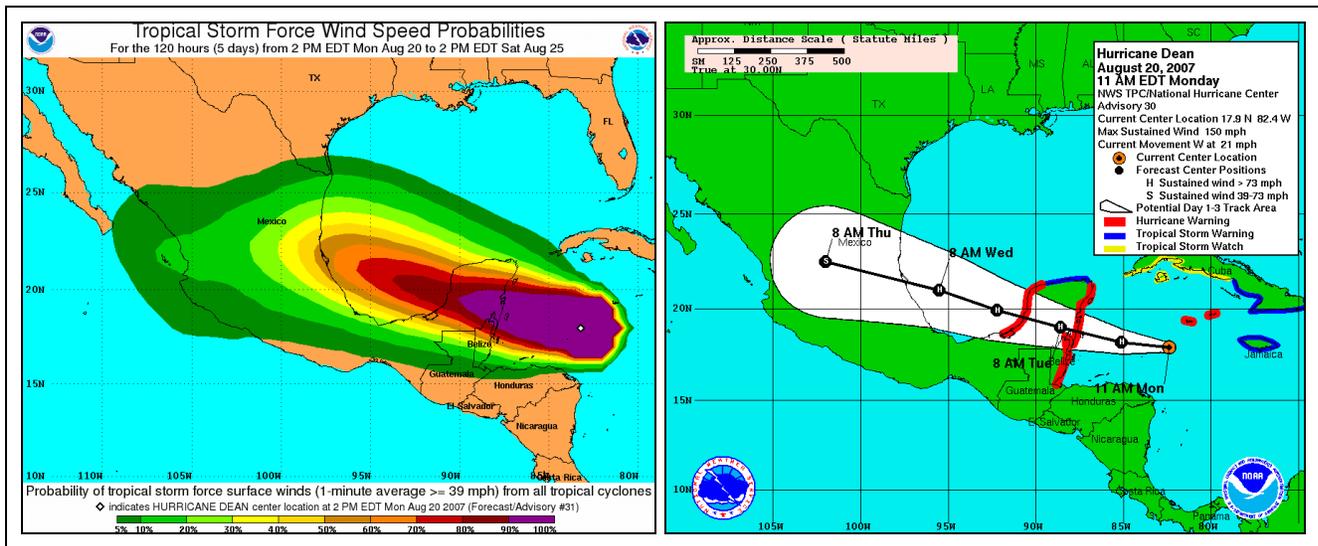


Figura 3.41. Pronósticos de probabilidad de trayectoria y vientos emitidos para el Huracán Dean en agosto de 2007, por el Centro Nacional de Huracanes de Miami.

3.3.4. Sistema de alerta temprana por ciclones tropicales

En México como en muchos otros países se requiere disminuir la vulnerabilidad de los sectores afectables y mitigar los efectos de los ciclones tropicales, mediante la formulación de mecanismos coordinados de acción social e interinstitucional que permitan actuar de manera sistemática antes, durante y después de la presencia de una amenaza de esta naturaleza. El Sistema de Alerta Temprana por Ciclones Tropicales (SIAT-CT) ofrece la posibilidad de consensuar, sistematizar y aplicar coordinadamente las acciones

emergentes que permitan responder de forma inmediata a las necesidades urgentes de la población para la protección de la vida y la salud, ante la inminencia de un desastre natural.

El SIAT-CT está estructurado de tal forma que el alertamiento oportuno y formal, detona actividades sistematizadas para cada uno de los integrantes del sistema, en función de la intensidad, trayectoria y distancia a la que se encuentre el ciclón tropical.

El SIAT-CT se basa en dos tablas de alertamiento que consideran los siguientes parámetros:

- Intensidad del ciclón tropical de acuerdo a la escala Saffir Simpson.
- Intensidad del ciclón tropical según la escala de circulación.
- Velocidad de traslación del ciclón tropical.
- Distancia del ciclón con respecto a la costa nacional o área afectable.
- Tiempo estimado de llegada del ciclón a la costa nacional o área afectable.

Las tablas de alertamiento son las siguientes:

- Tabla de acercamiento: parte delantera del ciclón o activación de las etapas de alertamiento, señalando la etapa que corresponda, de acuerdo a los rangos de promedio de escalas contra tiempo de aproximación o impacto de ciclón tropical a un área afectable.
- Tabla de alejamiento: parte trasera del ciclón o desactivación de las etapas de alertamiento, indicando la etapa que corresponda cuando el ciclón tropical se aleje del país o se disipe.

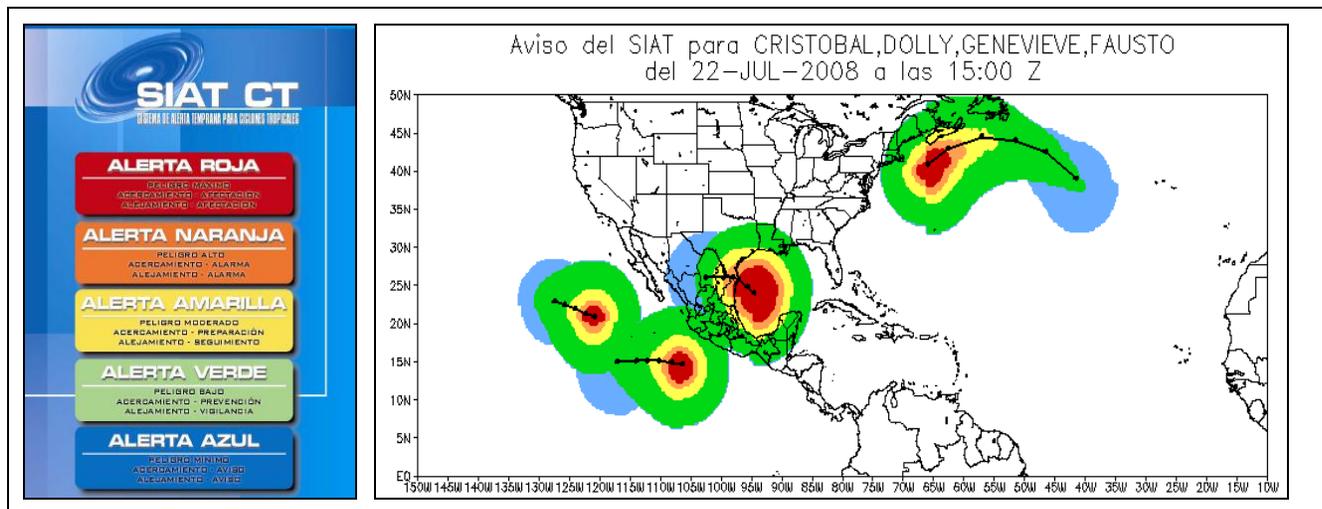


Figura 3.42. Niveles de alerta en tabla de colores y mapa con áreas de alertamiento del SIAT-CT para el caso de la presencia de varios ciclones tropicales en julio del 2008.

3.3.5. Publicación del boletín

El boletín en su versión final debe ser analizado y revisado por el especialista a cargo, para complementar y realizar correcciones si fuese necesario. Una vez finalizada la revisión se debe convertir el boletín en formato PDF. Para subir el boletín entramos a la página principal del portal de Galileo (<http://galileo.imta.mx>) seleccionamos “Entrar” en la sección de Servicios Internos (figura 3.43); seleccionamos la opción “Boletín (pdf)” (figura 3.44), proporcionamos como usuario “boletin” y como contraseña “bolzxc3” (figura 3.45).

Figura 3.43. Sección servicios internos

The screenshot shows the Galileo website interface. At the top, there is a navigation menu with items: Boletines, Imágenes de Satélite, Monitoreo de Lluvia, Pronóstico numérico, THORPEX México, and Proyectos. Below the menu, the page title is 'Servicios Internos.' and it includes the text 'Sección solo para uso del personal del IMTA.' and 'FTP Web'. There are three main options listed: 'Archivos' (Sección para el intercambio de archivos.), 'Boletín Meteorológico a 72 hrs.', and 'Boletín (pdf)' (Sección para subir el boletín meteorológico en formato PDF.). The 'Boletín (pdf)' option is circled in red. Below it is 'Boletín (audio y video)' (Sección para subir el boletín meteorológico en audio y video.).

Figura 3.44. Opción Boletín (pdf).

The screenshot shows the login page for the 'Boletín Meteorológico (PDF)' section. The page title is 'Boletín Meteorológico (PDF).' and it includes a link 'Regresar a menú de servicios internos'. On the left, there is a photograph of a white building with a satellite dish. On the right, there is a login form with the following fields: 'Usuario:' (User), 'Contraseña:' (Password), and an 'Entrar' (Enter) button.

Figura 3.45. Solicitud de usuario y contraseña.

3.3.6. Grabación y publicación del video boletín

La grabación del video boletín se lleva a cabo mediante el software Windows Movie Maker. Los pasos son los siguientes:

1. Se ejecuta el programa.
2. Clic en opción Herramientas.
3. Seleccionar la opción “Narrar Escala de Tiempo”.
4. Seleccionar “Iniciar Narración”.
5. Una vez grabada una pista, seleccionar la opción “Detener Narración”.
6. Posteriormente se guarda la narración en la carpeta de preferencia.
7. De la misma manera se graban las pistas deseadas.
8. Teniendo todas las pistas en formato de audio, se unen y se realiza el audio boletín.
9. El video boletín se lleva a cabo en el mismo software y ya teniendo el audio boletín solo se añade a la secuencia de audio las imágenes del boletín actual.
10. Las imágenes añadidas en la secuencia se ajustan al audio de acuerdo a las necesidades de edición que tenga la persona encargada, solo arrastrando el segmento de imagen hasta alcanzar su correspondencia con el segmento de audio.

El video boletín es publicado en la misma dirección de Galileo, en la cual se publica el boletín en formato PDF y prácticamente de la misma forma, lo único en que difiere es que se tienen que subir por separado audio y video.



The screenshot shows the Galileo website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Inicio', 'Quiénes somos', 'Mapa de sitio', and 'Contáctanos'. Below this is the main header with the 'Galileo' logo and the text 'Coordinación de Hidrología Subcoordinación de Hidrometeorología'. There are also logos for 'SEMARNAT' and 'IMTA'. A secondary navigation bar contains links for 'Boletín', 'Imágenes de Satélite', 'Monitoreo de Lluvia', 'Pronóstico numérico', 'Publicaciones', and 'Proyectos'. The main content area is titled 'Boletín meteorológico.' and contains a section for uploading files: 'Sección para subir el audio y video del boletín diario.' This section includes two file upload fields labeled 'Audio:' and 'Video:', each with an 'Examinar...' button, and a 'Subir archivos' button at the bottom. The footer contains the address: 'INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Mor. Tel.: +52 (777) 329 3600.' and a colorful logo.

Figura 3.46. Sección de Galileo para publicar el video boletín meteorológico.

3.3.6. Fuentes de información meteorológica adicionales

Para la elaboración del boletín meteorológico debemos aprovechar el mayor número de productos y herramientas tanto para el análisis de las condiciones actuales como para la estimación de las condiciones futuras. A continuación se incluyen páginas web adicionales al portal de Galileo, donde encontraremos útiles productos que contribuyen a la elaboración del boletín meteorológico que emite la Subcoordinación de Hidrometeorología.

◆ <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/GOES/>

Página del Earth Science Office que ofrece imágenes de satélite en canales infrarrojo, visible (figura 3.47) y vapor de agua correspondientes al espectro electromagnético, provenientes de los satélites geoestacionarios GOES 10 – GOES 13, sobre distintas áreas de observación que contemplan el continente Americano, Océano Pacífico y Océano Atlántico, con múltiples resoluciones de hasta 4 km.

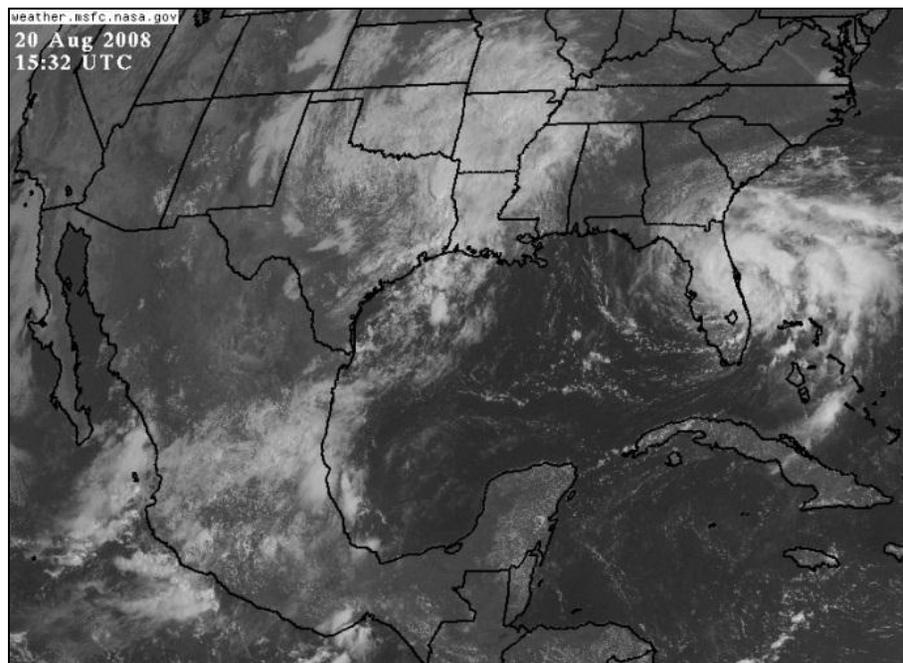


Figura 3.47. Imagen visible satelital obtenida de la página del Earth Science Office.

◆ <http://smn.cna.gob.mx/>

Página del Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN) diseñada para mostrar y difundir observaciones, registros e interpretaciones de las condiciones meteorológicas actuales y del clima, para interés público y estratégico del país (figura 3.48).



Figura 3.48. Página del Servicio Meteorológico Nacional (México).

◆ <http://172.16.19.100/WGrADSUSMN/SALIDAS/principaln.html>

Página que muestra resultados del modelo NAM (North American Mesoscale Model) para distintas variables y pasos de tiempo de la simulación con un máximo de 72 horas a partir de la fecha inicial de la corrida, las cuales están disponibles en 12 y 00 UTC (figura 3.49).

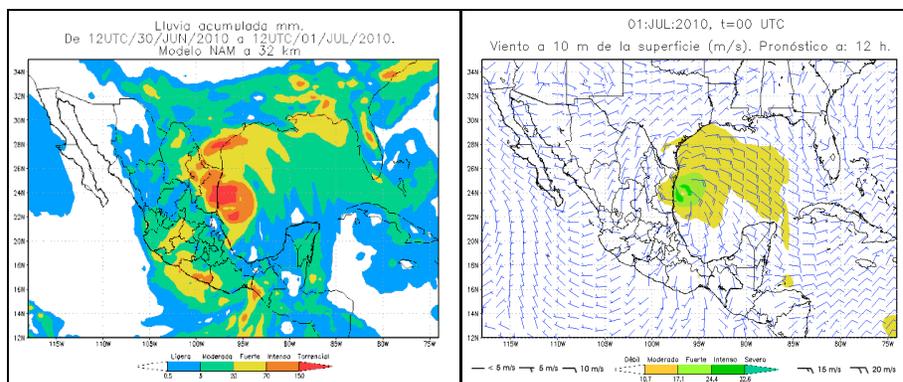


Figura 3.49. Resultados del modelo NAM publicados en la página de Galileo.

◆ <http://www.hpc.ncep.noaa.gov/>

Sitio web de Hydrometeorological Prediction Center donde se pueden consultar en línea una amplia variedad de productos para el análisis meteorológico como cartas de superficie, pronóstico a corto y largo plazo de sistemas de latitudes altas, medias y tropicales, así como estimación de lluvias excesivas y condiciones invernales entre otras (figura 3.50).

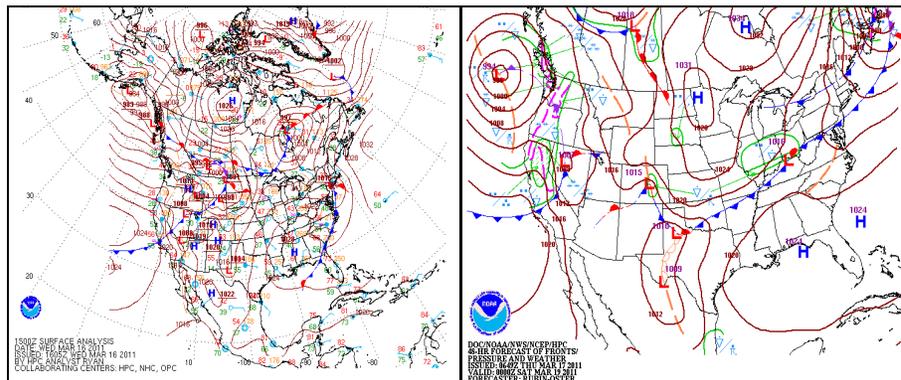


Figura 3.50. Página del Hydrometeorological Prediction Center de EU.

◆ <http://meteorologia.semar.gob.mx/modelomm5.htm>

Portal de la Secretaría de Marina de México, mediante la cual difunde información meteorológica y climatológica, así como avisos de tiempo severo para el éxito de las operaciones de la Secretaría de Marina y de las actividades del Sector Marítimo Nacional, así como brinda apoyo a la población civil que habita en zonas costeras, manteniendo una coordinación con Instituciones Nacionales y Extranjeras (figura 3.51).

Figura 3.51. Página de la Secretaría de Marina de México.

◆ <http://aviationweather.gov/adds/winds/>

En esta página se pueden consultar información emitida por Aviation Weather Center (AWC) en su módulo de Servicios de datos digitales para Aviación (ADDS), donde se muestran cartas de vientos, presión y temperatura en distintos niveles atmosféricos, así como resultados de simulaciones de hasta 78 horas (figura 3.52).

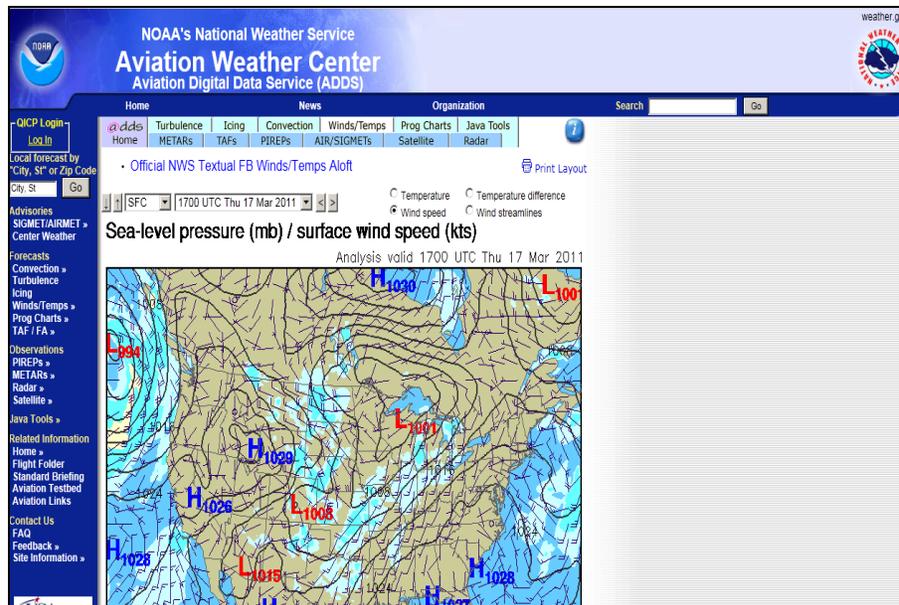


Figura 3.52. Página del Aviation Weather Center de EU.

◆ <http://www.nhc.noaa.gov/>

Página del Centro Nacional de Huracanes de Miami (NHC) donde se pueden consultar una gran cantidad de información referente a fenómenos tropicales como huracanes, por medio de distintas herramientas de análisis para diagnóstico y pronóstico de las condiciones del tiempo. El NHC es conformado por un equipo científico dedicado a emitir información para generar advertencias, alertamientos, análisis y pronósticos referentes a estado del tiempo peligroso en regiones tropicales que pueden tener afectaciones en distintos sectores a nivel internacional (figura 3.53).

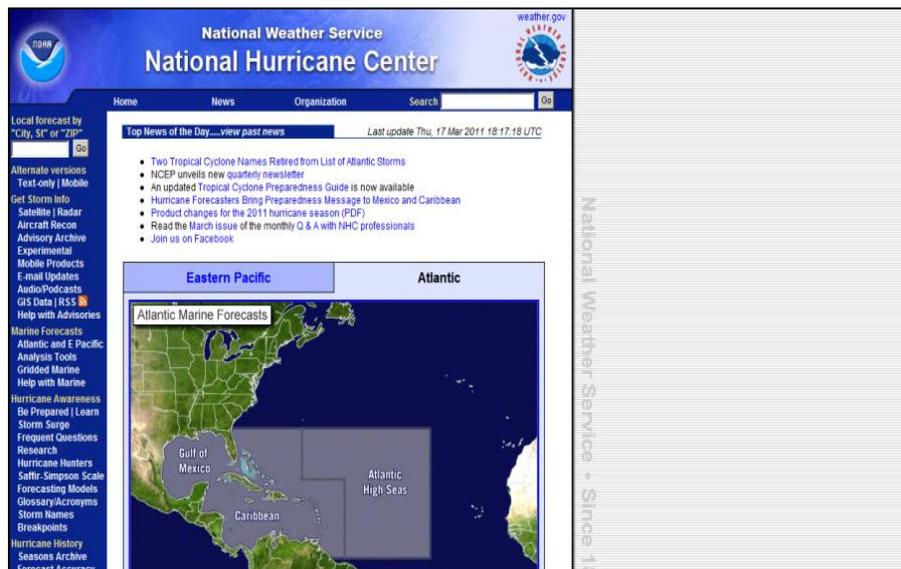


Figura 3.53. Página del National Hurricane Center de EU.

◆ http://www.weatheroffice.gc.ca/ensemble/naefs/EPsgrams_e.html

Vínculo de la Oficina del Tiempo de Canadá (CWS) donde se muestran los resultados de Ensamblajes para distintas variables como temperatura, precipitación, humedad, viento, para distintos puntos geográficos que corresponden a algunas ciudades de México, con información de hasta 15 días posteriores a partir de la fecha de inicialización de los ensambles (figura 3.54).

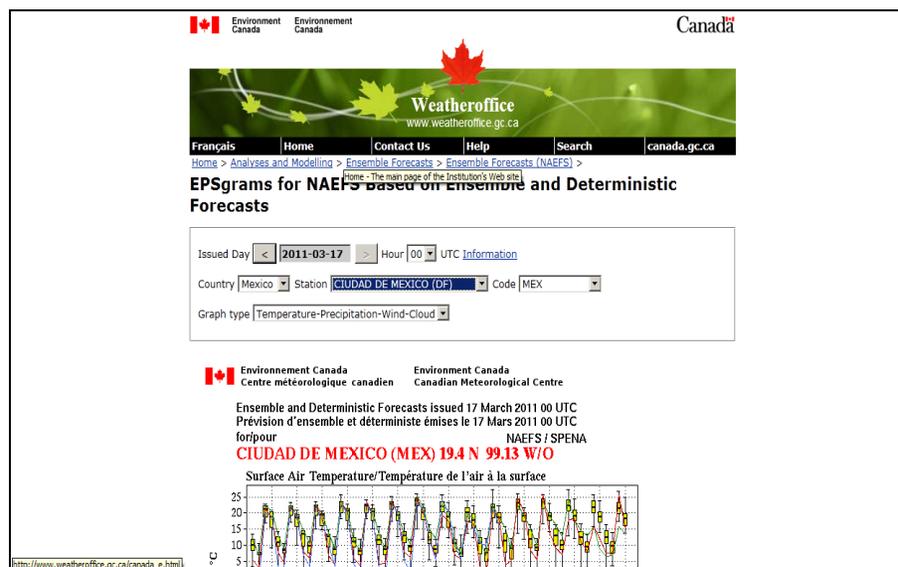


Figura 3.54. Página del Weather Office de Canadá

◆ <http://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php>

Página de Air Resources Laboratory (ARL) que ofrece información sobre condiciones actuales y pronóstico numérico del tiempo.



Figura 3.55. Página NOAA/ARL.

◆ <http://www.ssd.noaa.gov/goes/>

Imágenes provenientes de satélites geoestacionarios.

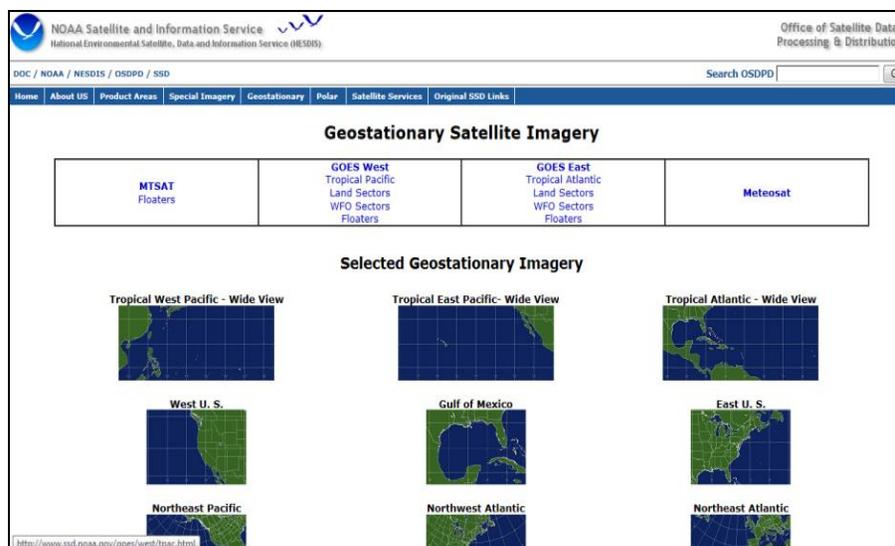


Figura 3.56. Página con imágenes de los satélites GOES.

◆ <http://www.rap.ucar.edu/weather/upper/>

Información de radiosondeos.

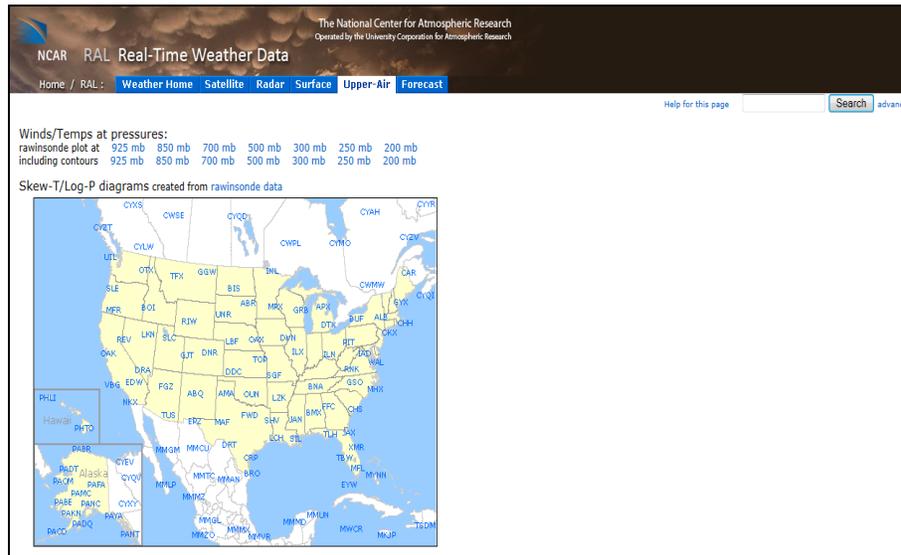


Figura 3.57. Página con radiosondeos.

◆ <http://cimss.ssec.wisc.edu/tropic2/>

Observación y análisis de ciclones tropicales.

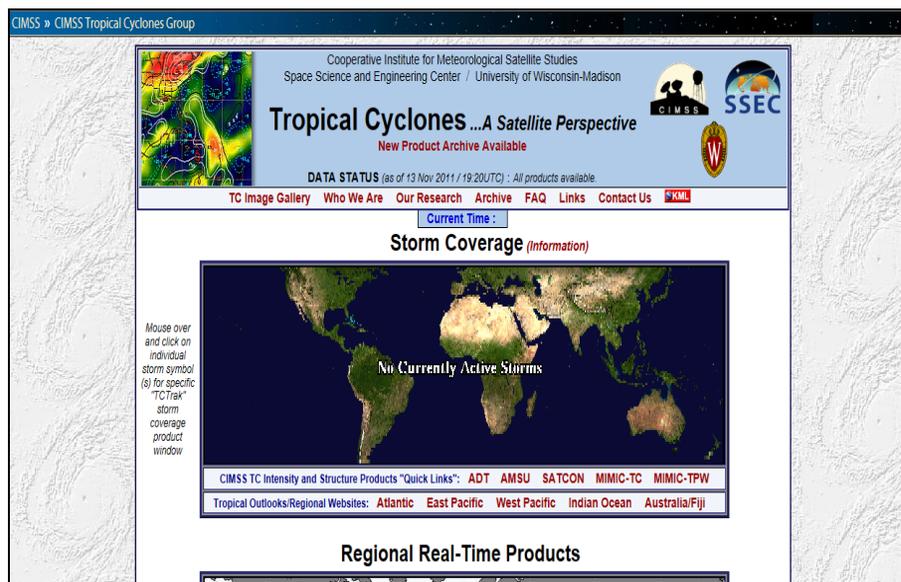


Figura 3.58. Página de ciclones tropicales.

◆ <http://wxmaps.org/pix/hemi.fcst.html>

Pronóstico del modelo GFS para el hemisferio norte.

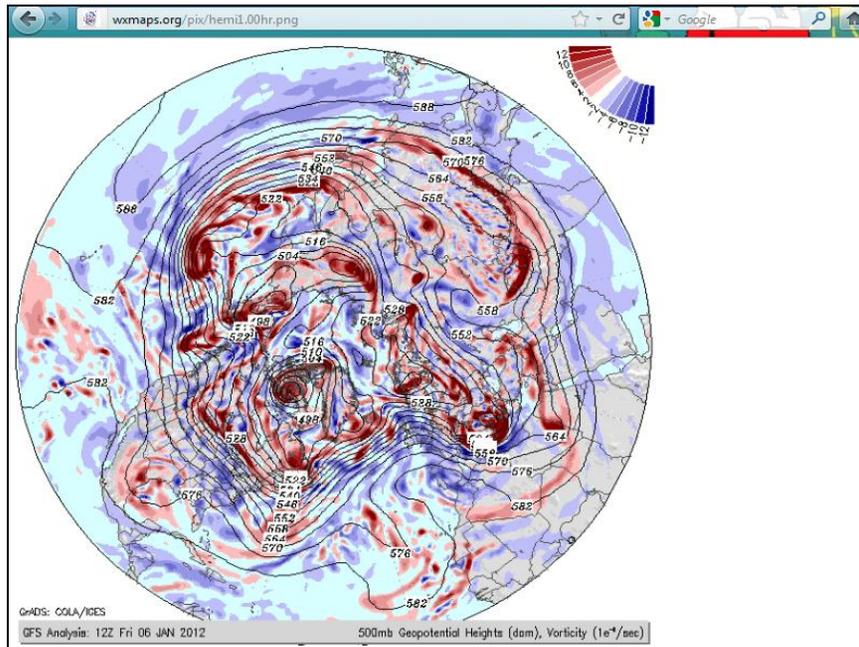


Figura 3.59. Pronóstico con el modelo GFS para el hemisferio norte.

◆ <http://weather.unisys.com/>

Página del servicio Nacional del Tiempo de EU, donde se pueden consultar una gran variedad de productos de análisis meteorológico para Norteamérica.

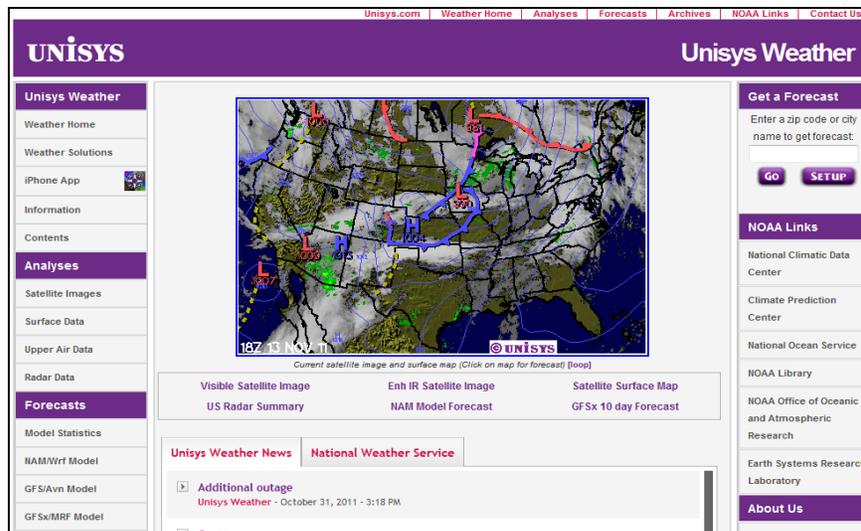


Figura 3.60. Pronóstico con el modelo GFS para el hemisferio norte.

◆ <http://www.hpc.ncep.noaa.gov/mike/>

Resultados de modelos numéricos (NAM, GFS) para precipitación, viento, presión y otras variables, con validez de hasta 84 horas o más.

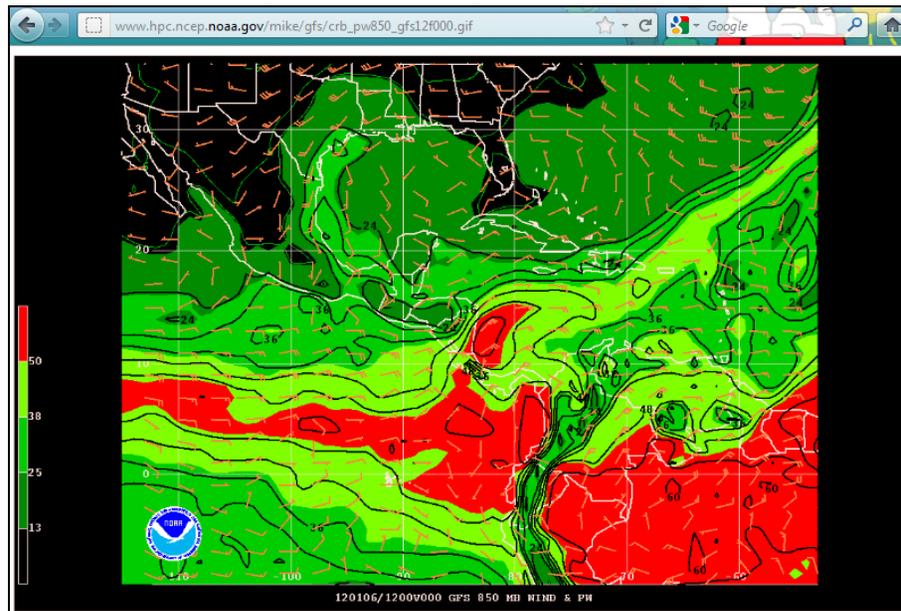


Figura 3.61. Pronostico modelo GFS.

◆ <http://www.wunderground.com/tropical/>

Otra página dedicada a análisis de sistemas tropicales como huracanes con múltiples herramientas, cartas y resultados de modelos numéricos.

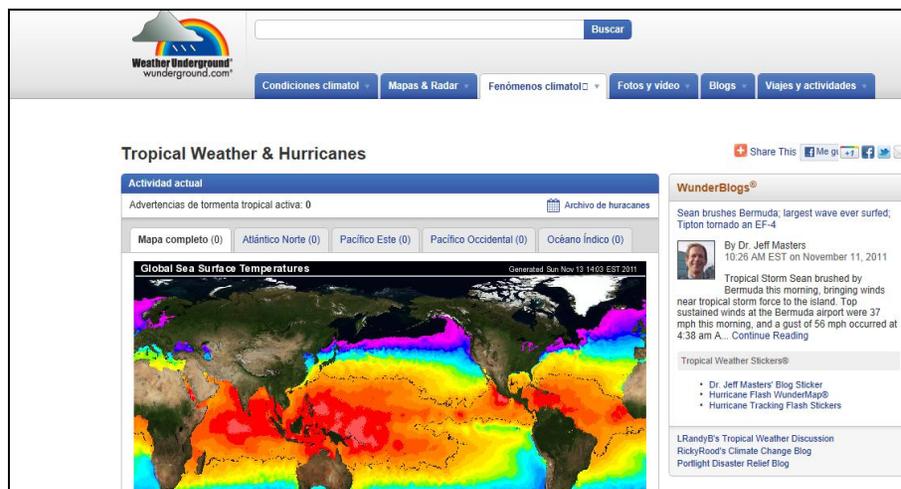


Figura 3.62. Página de análisis de sistemas tropicales.

◆ <http://atmosfera.imta.mx/oleaje/>

Resultados de modelos de oleaje para regiones costeras de México.

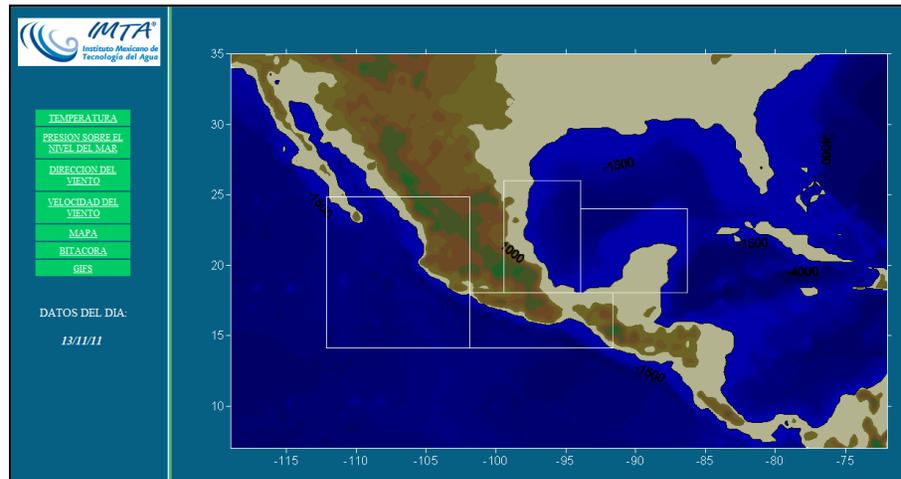


Figura 3.63. Página de oleaje para regiones costeras de México.

◆ http://app.cfe.gov.mx/Aplicaciones/QCFE/Meteorologico/WebForms/Bol_Matutino.aspx

Consulta del boletín meteorológico operativo emitido por la Comisión Federal de Electricidad.

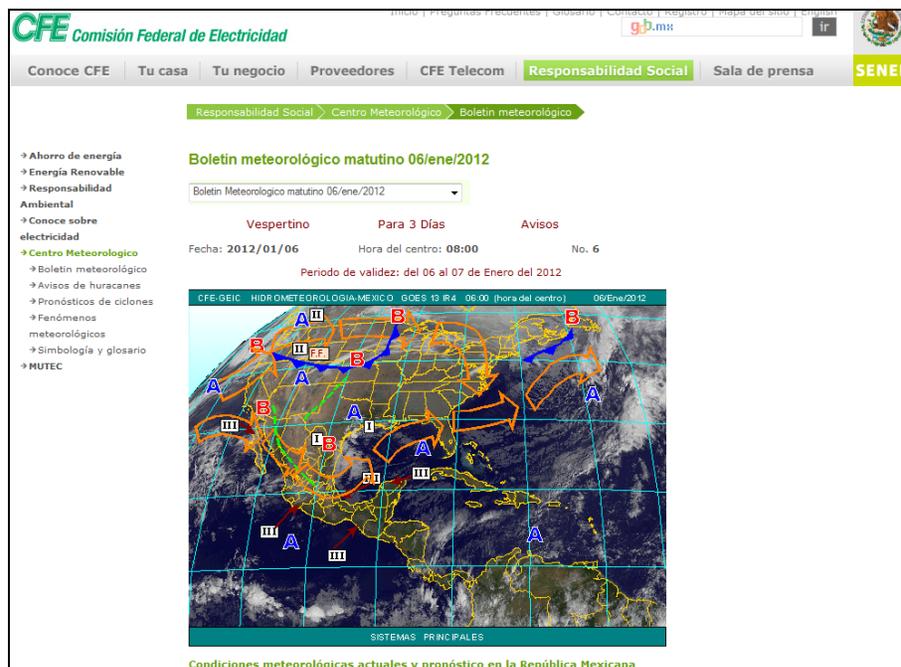


Figura 3.64. Boletín meteorológico de la CFE.

4. Conclusiones

Los modelos WAM y SWAN acoplados en forma de anidamiento reproducen adecuadamente los principales patrones espaciales como la corriente en chorro del Caribe en verano-otoño, las tormentas del invierno de Sudamérica y los frentes fríos en invierno del hemisferio norte. Con esta herramienta se generó una base de datos con simulaciones de oleaje que brinda información respecto a la distribución espacial y temporal. Se debe considerar que las simulaciones de oleaje realizadas son de gran escala y solo se percibe el oleaje distante (swell), por lo que se propone como trabajos futuros realizar anidamientos para considerar el oleaje local.

Con el portal Web Galileo se ha contribuido al desarrollo y difusión de productos meteorológicos de vanguardia que contribuyen a la eficiente labor diaria de previsores, investigadores, tomadores de decisiones y público en general. Resalta su interfaz dinámica que facilita la consulta y navegación entre las diferentes secciones del portal entre las que destacan: pronóstico de precipitación por cuenca hidrológica; imágenes de satélite; boletín meteorológico a 72 horas; boletín de pronóstico estacional a 3 meses; resultados de los modelos numéricos GFS, MM5, NAM y WRF (en modo ensamble y a 7 días); monitoreo de lluvia; entre otros productos. El pronóstico de lluvia por cuenca hidrológica es una fuente de información a considerar por los organismos operadores el manejo de las presas.

Con los productos publicados en el portal de Galileo y con la referencia a otras fuentes de información se hace posible mejorar la elaboración del boletín de pronóstico meteorológico.

Adicionalmente al informe final, se elaboraron los manuales de usuario y de administrador del portal Web de Galileo, de los cuales el manual de usuario se incluye en un CD que acompaña el presente informe (ver lista de contenido en el anexo G).

5. Bibliografía

Libros

- Doty B., (1995). The Grid Analysis and Display System (GrADS), V1.5.1.12 (10 September, 1995), 148 paginas.
- Robbins A., (2005). UNIX in a nutshell. O'Reilly Media, Inc. 885 (ISBN: 0-596-10029-9).
- Cobo A., Gómez P, Pérez D., Rocha R., (2005). PHP y MySQL Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones Web. Ediciones Diaz de Santos (ISBN: 84-7978-706-6).
- Sommerville, Ian. (2005). Ingeniería del Software. Madrid. Pearson educación, S.A. Séptima edición, 712 paginas (ISBN 84-7829-074-5).
- Josep Schuller. (2001). Aprendiendo UML en 24 hrs. Prentice Hall. 423 paginas (ISBN 968444463X).
- Roger S. Pressman. (2002). Ingeniería del software: un enfoque práctico. Quinta edición. Aravaca, Madrid. McGRAW HILL (ISBN 9701054733). 958 paginas.

Tesis

- Afrodita-Ramirez D., (2008). Climatología y eventos extremos del oleaje en la costa Tamaulipeca. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil. Universidad Autonoma de Tamaulipas, Facultad de Ingenieria "Arturo Narro Siller".

Reportes

- Report No. 4 The WAM Model cycle 4, Heinz Günther, ECMWF1/GKSS2 Susanne Hasselmann, MPI3 P.A.E.M. Janssen, KNMI4 Edited by: Modellberatungsgruppe Hamburg, October 1992.

Paginas Web

- Ola. Wikipedia la enciclopedia libre. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Ola> el 24 de noviembre de 2011.
- Mosquera-Vásquez K., (2006). El formato NetCDF. Publicado el 8 de mayo de 2006. Obtenido de <http://www.met.igp.gob.pe/users/kobi/NETCDF/index.html> el 29 de abril de 2011.

Memorias de congreso

- Mendoza-Uribe I., Prieto-González R., Pineda-Flores N. A., Solís-Aguirre J. L., (Noviembre 2011). Galileo: un portal Web para el monitoreo y pronóstico meteorológico en México. XX congreso nacional y V congreso internacional sobre meteorología. Organización Mexicana de Meteorología A.C.

ANEXO A. Descripción del formato NetCDF

El formato NetCDF (Formato de datos común de la red) es una forma de almacenamiento de información masiva de forma binaria de reconocimiento internacional por la comunidad científica y operativa. Los archivos tienen la extensión “.nc”. Este formato es independiente de la máquina, self-describing, se almacena en binario para intercambiar datos científicos. Fue generado por el programa de Unidata en University Corporation para la investigación atmosférica (UCAR). Este proyecto ha liberado la versión 3, y con planes en curso para una nueva versión.

Descripción del formato

El formato de datos es auto descriptivo, es decir, los archivos de datos contienen toda la información necesaria en cuanto al área geográfica que cubre, los tiempos, las variables y niveles verticales. El almacenamiento de los datos netCDF es de la siguiente forma:

Los datos de un archivo netCDF se almacenan en conjuntos. Por ejemplo: el viento que varía con el tiempo en una ubicación se almacena como un conjunto unidimensional. El viento de un área durante un tiempo determinado se almacena como un conjunto bidimensional.

Los datos tridimensionales (3D), como p.ej., la temperatura de un área que varía con el tiempo, o los datos tetradimensionales (4D), como p.ej., la temperatura de una zona que varía con el tiempo y la altitud, se almacenan como series de conjuntos bidimensionales.

Componentes básicos de un archivo netCDF

Un archivo netCDF contiene dimensiones, variables y atributos. Estos componentes se utilizan conjuntamente para captar el significado de los datos y las relaciones entre los campos de datos en un dataset orientado a los conjuntos. La figura A.1 muestra la estructura de un archivo netCDF mediante la anotación CDL (Idioma del formulario de datos comunes en red). CDL es el formato ASCII que se utiliza para describir el contenido de un archivo netCDF.

Los nombres de dimensiones, variables y atributos se componen de secuencias arbitrarias de caracteres alfanuméricos entre las que se incluyen el guión bajo y el guión, además de poder comenzar con una letra o un guión bajo. Sin embargo, los nombres que comienzan con un guión bajo están reservados para el uso del sistema. La distinción entre mayúsculas y minúsculas es importante en el caso de los nombres netCDF.

```
[diana@atmosfera ~/Atl_Pac]$ ncdump -h U10wnd_4t_60-10CA.nc
netcdf U10wnd_4t_60-10CA {
dimensions:
    lon = 52 ;
    lat = 15 ;
    time = UNLIMITED ; // (74512 currently)
variables:
    float lat(lat) ;
        lat:units = "degrees_north" ;
        lat:actual_range = 39.3328f, 6.66657f ;
        lat:long_name = "Latitude" ;
        lat:standard_name = "latitude" ;
        lat:axis = "Y" ;
    float lon(lon) ;
        lon:units = "degrees_east" ;
        lon:long_name = "Longitude" ;
        lon:actual_range = 262.5f, 358.125f ;
        lon:standard_name = "longitude" ;
        lon:axis = "X" ;
    double time(time) ;
        time:units = "hours since 1-1-1 00:00:0.0" ;
        time:long_name = "Time" ;
        time:actual_range = 17172264., 17619330. ;
        time:delta_t = "0000-00-00 06:00:00" ;
        time:standard_name = "time" ;
        time:axis = "T" ;
    short uwnd(time, lat, lon) ;
        uwnd:long_name = "4xDaily u-wind at 10 m" ;
        uwnd:unpacked_valid_range = -102.2f, 102.2f ;
        uwnd:actual_range = -21.9f, 24.4f ;
        uwnd:units = "m/s" ;
        uwnd:add_offset = 225.45f ;
        uwnd:scale_factor = 0.01f ;
        uwnd:missing_value = 32766s ;
        uwnd:precision = 2s ;
        uwnd:least_significant_digit = 1s ;
        uwnd:GRIB_id = 33s ;
        uwnd:GRIB_name = "U GRD" ;
        uwnd:var_desc = "u-wind" ;
        uwnd:dataset = "NMC Reanalysis" ;
        uwnd:level_desc = "10 m" ;
        uwnd:statistic = "Individual Obs" ;
        uwnd:parent_stat = "Other" ;
        uwnd:valid_range = -32766s, -12325s ;

// global attributes:
    :Conventions = "COARDS" ;
    :title = "4x daily NMC reanalysis (1960)" ;
    :history = "Thu Mar  3 11:08:11 2011: ncrnat -O -d lat,5.000000,35.000000
-d lon,262.000000,360.000000 -d time,0,74511 -n 51,4,1 /Datasets/ncep.reanalysis/surface_g
auss/uwnd.10m.gauss.1960.nc /Public/www/X148.244.102.1.61.11.8.10.nc\n",
        "created 97/10/04 by Hoop (netCDF2.3)" ;
    :description = "Data is from NMC initialized reanalysis\n",
        "(4x/day). It consists of 162 variables interpolated to\n",
        "pressure surfaces from model (sigma) surfaces." ;
    :platform = "Model" ;
    :references = "http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanaly
sis.html" ;
    :nco_opensmp_thread_number = 1 ;
}
[diana@atmosfera ~/Atl_Pac]$
```

Figura A.1. Descripción de los archivos NETCDF con el programa NCDUMP

Dimensiones

La dimensión netCDF consta de nombre y tamaño. El tamaño de la dimensión es un número entero positivo de valor arbitrario. Sólo una de las dimensiones que aparece en un archivo netCDF puede tener el tamaño SIN LÍMITE. Tal dimensión es la dimensión sin límite o dimensión de registro. Una variable con una dimensión sin límite puede incrementarse hasta alcanzar cualquier longitud en dicha dimensión.

La dimensión se puede utilizar para representar una dimensión física real; por ejemplo, tiempo, latitud, longitud o altura. La dimensión también se puede utilizar como índice de otras cantidades, por ejemplo, número para ejecutar estación o modelo. Es posible utilizar la misma dimensión más de una vez para especificar una forma variable.

Variables

Una variable representa un conjunto de valores del mismo tipo. Las variables se utilizan para almacenar el volumen de los datos en un archivo netCDF. Cada variable tiene nombre, tipo de datos y forma descrita mediante la lista de sus dimensiones especificadas en el momento de crear la variable. El número de dimensiones es la clasificación (también denominado "dimensionalidad"). Una variable escalar tiene una clasificación de 0, un vector tiene una clasificación de 1 y una matriz tiene una clasificación de 2. Una variable también puede tener atributos asociados que se pueden agregar, eliminar o cambiar después de crear la variable.

Variables de coordenadas

Una variable unidimensional que tenga el mismo nombre que una dimensión es una variable de coordenadas. Se asocia a una dimensión constituida por una o más variables de datos y, normalmente, define la coordenada física que corresponde a esa dimensión.

Las variables de coordenadas no tienen ningún significado especial para la biblioteca netCDF. Sin embargo, el software que utilice esta biblioteca deberá manejar las variables de coordenadas de manera especializada.

Atributos

Los atributos netCDF se utilizan para almacenar datos secundarios o metadatos. La mayoría de los atributos proporcionan información sobre una variable determinada. Estos atributos se identifican por el nombre de la variable junto con el nombre del atributo. Los atributos que proporcionan información sobre todo el archivo netCDF se denominan atributos globales. Estos atributos se identifican por el nombre del atributo junto con un nombre de variable en blanco (en CDL) o con una Id. nula de variable especial.

ANEXO B. Descripción del ambiente de programación de MATLAB

MATLAB (MATrix LABoratory) es un lenguaje de alto desarrollo para el cálculo técnico. Integra cálculo, visualización y programación en un ambiente amigable. Se usa típicamente en:

- ✓ Matemáticas y cálculo
- ✓ Desarrollo de algoritmos
- ✓ Adquisición de datos
- ✓ Modelación, simulación y desarrollo de prototipos
- ✓ Análisis de datos, exploración y visualización
- ✓ Gráficos científicos y técnicos
- ✓ Desarrollo de aplicaciones, incluye la construcción de interfaces gráficas. [Para bases de datos por ejemplo]

MATLAB ha evolucionado (desarrollo de nuevas subrutinas) a través de los años con la aportación de muchos usuarios. MATLAB es usado en universidades, en cursos introductorios y avanzados de matemáticas, ingeniería y ciencia. En la industria, MATLAB es una herramienta para la investigación, desarrollo y análisis de alta productividad.

MATLAB posee toda una familia de soluciones para aplicaciones específicas, llamadas “cajas de herramienta” (toolboxes) las cuales pueden ser incrementadas por el usuario.

MATLAB es fundamentalmente un programa para cálculo matricial. Para los objetivos de este proyecto fue fundamental el uso de esta poderosa herramienta de cálculo. Además que cuenta con una excelente gama de comandos para el graficado de matrices, lo que resultará con imágenes de excelente calidad al verificar los campos de viento, las mallas de batimetría o los resultados de las modelaciones numéricas de WAM.

Algunos de los comandos de graficado de MATLAB que más se utilizan para la visualización de los campos de viento, batimetría u oleaje son los que a continuación se describen:

Quiver. Para dibujar la magnitud y dirección del viento o del oleaje se utiliza la instrucción **quiver**. Un ejemplo es el siguiente script, la imagen resultante se muestra en la figura B.1:

```
x = -2:.2:2;  
y = -1:.2:1;  
[xx,yy] = meshgrid(x,y);  
zz = xx.*exp(-xx.^2-yy.^2);  
[px,py] = gradient(zz,.2,.2);  
quiver(x,y,px,py,2);
```

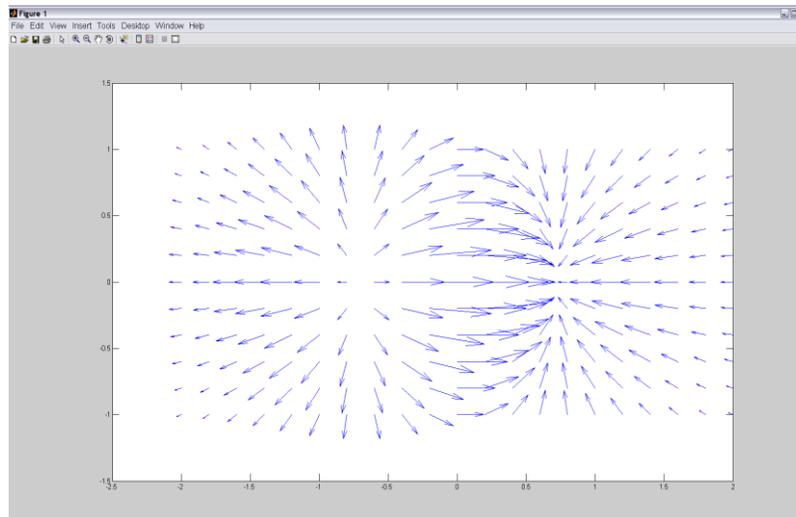


Figura B.1. Graficando con la función quiver.

Pcolor. Al representar los campos de viento, la batimetría o los campos de oleaje, considerando también las matrices de latitud y longitud, la instrucción ***pcolor*** es indispensable, pues nos permite visualizar cada uno de los campos requeridos. A continuación se anota el ejemplo de un script y en la figura B.2 es resultado al evaluarlo.

```
n = 6;
r = (0:n)'/n;
theta = pi*(-n:n)/n;
X = r*cos(theta);
Y = r*sin(theta);
C = r*cos(2*theta);
pcolor(X,Y,C)
axis equal tight
```

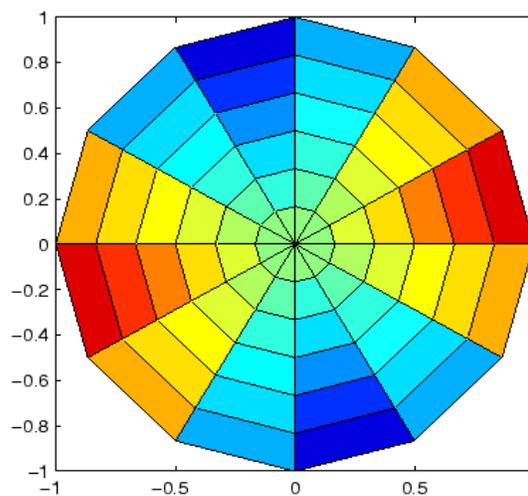


Figura B.2. Graficando con la función pcolor.

ANEXO C. Base de datos ETOPO 2

La batimetría del lecho oceánico es uno de los parámetros más importantes para poder construir un modelo oceánico realista, ya que muchos de los procesos en aguas poco profundas (corrientes, olas) se ven afectadas por los cambios en la batimetría del fondo oceánico, tales como la refracción en el caso de olas y la formación de remolinos en caso de corrientes.

Para los 50 años de corridas con el modelo WAM se utilizó la base de datos ETOPO 2 (Global Digital Elevation Model) representa en mallas (de 2 minutos por 2 minutos) la elevación y batimetría para el mundo. Estos datos se obtuvieron a partir del National Geophysical Data Center (NGDC) ETOPO 2⁴ Global 2' datos de elevación del set de Septiembre de 2001.

El propósito de ETOPO 2 es proporcionar una base de mapas que muestren la información de la elevación global para el análisis geográfico en las escalas mundial, regional y nacional (figura C.1).

La mayor escala que se muestra en los datos es 1:14'000,000. El dominio espacial de esta base de datos queda limitado por:

Coordenada más al Oeste: -180.00
Coordenada más al Este: 180.00
Coordenada más al Norte: 90.00
Coordenada más al Sur: -90.00

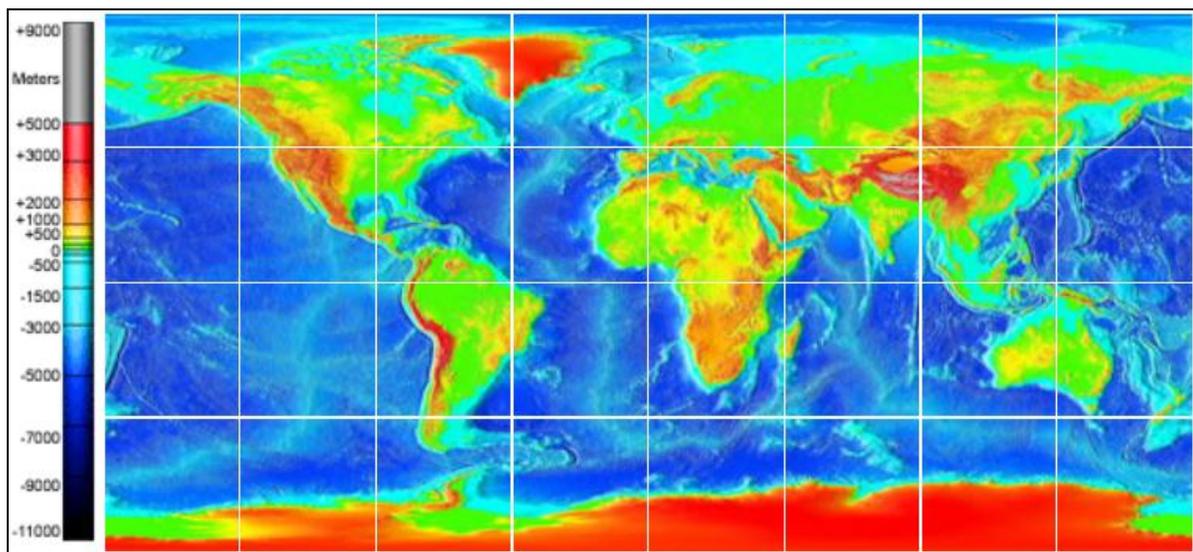


Figura C.1. Superficie de la Tierra (ETOPO2v2) 2 minutos a imágenes en relieve a color

⁴ Fuente: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/01mgg04.html>
México, 2011

ANEXO D. Descripción del modelo WAM

El modelo WAM (Wave Modelling), fue desarrollado en 1985 por el grupo WAMDI (1985) pero ha sido modificado a través del tiempo. Su resolución espectral y espacial es flexible, y el modelo puede correr de manera global o regional con fronteras abiertas o cerradas. Las fronteras abiertas son de utilidad, en el caso de que uno quiera usar los resultados de una primer malla (malla gruesa) como condiciones de frontera en una malla de alta resolución (malla anidada o fina). Además, pueden ser escogidas opciones para aguas someras y refracción debido a la topografía.

El modelo fue desarrollado con una importante aplicación en mente, la de predecir operacionalmente las olas sobre todo el globo, esto con una resolución de 3° y 25 frecuencias con 12 direcciones.

La estructura del modelo WAM Ciclo 4, consiste de tres grupos de programas:

1. Programas de pre–procesado
2. Programas de procesado
3. Programas de post–procesado

Programas de Pre–procesado

Los programas de pre–procesado, generan la malla donde se correrá el modelo, la batimetría, la relación de dispersión, etc. Existen dos programas de pre-procesado en el modelo WAM:

- **PREPROC:** Módulo de pre-procesamiento. Procesa todos los parámetros y campos que no varían en el tiempo como: batimetría, física a utilizar, las coordenadas geográficas del área a modelar, el tipo de formato para entrada (si tomaría datos iniciales de una malla anterior) y salida (si generaría datos para una malla más fina). También se definen puntos específicos para la salida de datos; éstos pueden ser usados, por ejemplo, para comparar con valores tomados de boyas o algún otro aparato de medición de oleaje.
- **PRESET:** Prepara el primer campo de oleaje (condiciones iniciales), para que el modelo pueda comenzar. Este campo se genera ya sea con las condiciones de frontera, con la información del modelo, con un espectro tipo JONSWAP o con campos de viento locales. Para esta investigación se utilizaron vientos locales.

Programas de Procesado

Sólo existe un programa dentro del procesado: CHIEF. Este es el programa central del modelo, el cual llama a la subrutina WAVEMDL, este a su vez genera variables independientes en todos los tiempos y los parámetros definidos por el usuario, también los

campos de viento son transformados a una malla de oleaje y la ecuación de transporte es integrada para un período escogido. El programa utiliza los archivos de salida del PREPROC como plataforma y los archivos generados por PRESET como valores iniciales.

Un número de opciones del modelo y parámetros fueron escogidos para el uso del modelo WAM. Las opciones que aparecen en la Tabla D.1 fueron implementadas en el modelo WAM.

Tabla D.1. Opciones utilizadas en el modelo WAM.

Opciones del WAM	Opciones usadas
Propagación esférica o cartesiana	Esférica
Agua profunda o somera	Somera
Con o sin refracción	Sin refracción
Mallas anidadas	Con anidamiento
Salidas del modelo a intervalos regulares, como una lista	Si
Imprimir y/o generar archivos de salida de los parámetros elegidos	Generar archivos de salida

Los datos de salida son guardados en cuatro archivos, los cuales contienen:

- Campos de datos de altura de ola, dirección media, frecuencia media, velocidad de fricción, dirección de las olas, frecuencia pico, entre otros. De los cuales se guardarán los campos de olas, dirección, periodo y vientos.
- Campos de datos de parámetros de swell como la altura de ola, dirección del swell, dirección media del viento y el oleaje y frecuencia media del swell.
- Espectros en puntos seleccionados de la malla.
- Espectro del swell en puntos seleccionados.

A continuación se describen las principales subrutinas que son llamadas por el programa CHIEF:

- INITMDL: Esta subrutina es llamada sólo una vez, y lee la información generada por PREPROC y PRESET y produce la información necesaria para que el modelo corra.
- PREWID: Trata con la lectura y recopilación de los datos de viento dados por el usuario y la transformación de éstos a la malla computacional.
- WAMODEL: Esta subrutina integra la ecuación de balance de acción y es la subrutina principal de CHIEF.

Programas de Post–procesado

El paquete estándar de programas de post–procesado que utilizan las salidas del CHIEF son los siguientes:

- PGRID: El cual guarda parámetros estadísticos del oleaje, en una malla espacial definida, a partir de los archivos de salida de CHIEF denominados MAP. Estos archivos son los que se manipularon para la obtención de resultados de la climatología del oleaje en la costa de Tamaulipas.
- PSWGRID: Guarda parámetros de swell a partir de los archivos de salida denominados
- SWE.
- PSPEC: Guarda datos de salida de los espectros bidimensionales del oleaje a partir
- de los archivos de salida denominados SPE.
- PSWSPEC: Guarda archivos de salida del espectro del swell a partir de los archivos
- de salida del modelo nombrados SWS.

Las condiciones de frontera, para ser usadas en una malla más fina, son guardadas en archivos denominados CBO.

ANEXO E. Programas utilizados para la simulación numérica de oleaje en costas mexicanas

Programa *nc2wam_fechas.gs*

Función: Extraer los las fechas de los campos de viento.

Lenguaje: GrADS.

```
'sdfopen U10wnd_4t_60-10CA.nc'
'set gxout print'
'set prnopts %7.3f'
maxt=domt()
* Lectura de los datos y almacenamiento en el arreglo win
t=1
while(t<=maxt)
  fechas.t = tactual(t)
  if(t=15000 | t=30000 | t=45000 | t=60000 | t=74000)
    say fechas.t
  endif
  'set t 't
  win.t = sublin(result,2)
  t = t + 1
endwhile
'close 1'
***** Escritura del archivo *****
archivo = 'time_WAM.dat'
t=1
while(t<=maxt)
  res = write(archivo,fechas.t)
  t = t + 1
endwhile
***** Funciones *****
function domt()
  'q file'
  linea = sublin(result,5)
  t = subwrd(linea,12)
return t
function tactual(t)
  'set t 't
  'q dims'
  lin = sublin(result,5)
  fec = subwrd(lin,6)
  anio = substr(fec,9,4)
  mes = substr(fec,6,3)
  dia = substr(fec,4,2)
  hora = substr(fec,1,2)
  min = '00'
  seg = '00'
  mesc.1='JAN'
```

```
mesc.2='FEB'  
mesc.3='MAR'  
mesc.4='APR'  
mesc.5='MAY'  
mesc.6='JUN'  
mesc.7='JUL'  
mesc.8='AUG'  
mesc.9='SEP'  
mesc.10='OCT'  
mesc.11='NOV'  
mesc.12='DEC'  
mesn.1='01'  
mesn.2='02'  
mesn.3='03'  
mesn.4='04'  
mesn.5='05'  
mesn.6='06'  
mesn.7='07'  
mesn.8='08'  
mesn.9='09'  
mesn.10='10'  
mesn.11='11'  
mesn.12='12'  
i = 1  
while(i<=12)  
    if(mes=mesc.i)  
        mes2 = mesn.i  
    endif  
    i = i + 1  
endwhile  
tmp = anio%mes2%dia% 'hora%min%seg  
return tmp
```

Programa *lee_netcdf.gs*

Función: Extraer los campos de viento de los archivos extensión .nc y escribirlos en otro archivo con en formato binario.

Lenguaje: GrADS.

```
'sdfopen V10wnd_4t_00-10CP.nc'  
'set fwrite V10wnd_00-10CP.dat'  
'set gxout fwrite'  
'set x 1 65'  
'set y 1 48'  
tt=0  
while (tt<16072)  
    tt=tt+1  
    'set t 'tt  
    'd vwnd'
```

```
endwhile  
'disable fwrite'  
'quit'
```

Programa *bin2wam.f*

Función: Cambiar el formato de escritura de los campos de viento en binario a uno entendible por el modelo WAM. Además, se obtiene la resultante de los vientos en sus componentes en *U* y en *V*.

Lenguaje: FORTRAN.

```
C Programa para leer campos de viento U & V a 10 m y escribirlos  
c de un formato binario a ascii, para WAM.  
C Las dimensiones de x, y e t son el número de días a leer  
C para CA lon=52, lat=15, t=74512, cini=0, cfin=0  
C para CP lon=65, lat=48  
C para CP 60-69 y 80-89 t=14612, cini=0, cfin=0 y cini=1,  
C cfin=29220  
C para CP 70-79 y 90-99 t=14608, cini=1, cfin=14612 y cini=1,  
C cfin=43832  
C para CP 00-10 t=16072, cini=1, cfin=58440  
C cini y cfin se agregaron para posicionar la lectura de las fechas  
C para acomodarlas en los campos de viento para los archivos de CP  
dimension u(52,15),v(52,15),xmagni(52,15)  
dimension au(74512,52,15),av(74512,52,15)  
dimension x(74512),y(74512),t(74512)  
integer iagno(74512),ihora(74512)  
ilon=52  
ilat=15  
nt=74512  
cini=0  
cfin=0  
open(7,file='U10wnd_60-10CA.dat',  
& access='direct',recl=ilon*ilat*4,form='unformatted')  
open(8,file='V10wnd_60-10CA.dat',  
& access='direct',recl=ilon*ilat*4,form='unformatted')  
open(9,file='time_WAM.dat',  
& status='unknown')  
open(10,file='WIND10_60-10CA.WND',  
& form='formatted')  
C Si es acceso directo (arriba), entonces leer como  
C read(7,rec=n)u  
C Si no es directo (ya leído y guardado anteriormente),  
C entonces leer como read(7)u  
c 153 es: 153 x 1 datos al dia=153... jjaso  
c 214 es: 214 x 1 datos al dia=214... mjjason  
ndat=nt  
c do 19 nn=cini,cfin  
c read(9,22)
```

```

c 19  continue
      do 10 n=1,ndat
      read(9,22) iagno(n),ihora(n)
      read(7,rec=n) u
      read(8,rec=n) v
      do 20 j=1,ilat
      do 20 i=1,ilon
      if(u(i,j).gt.1.e8) u(i,j)=0.
      if(v(i,j).gt.1.e8) v(i,j)=0.
      au(n,i,j)=u(i,j)
      av(n,i,j)=v(i,j)
20  continue
10  continue
      do 30 j=1,ilat
      do 30 i=1,ilon
      do 35 k=1,ndat
      x(k)=au(k,i,j)
      y(k)=av(k,i,j)
35  continue
      do 40 l=1,ndat
      au(l,i,j)=x(l)
      av(l,i,j)=y(l)
40  continue
30  continue
      do 50 m=1,ndat
      do 55 j=1,ilat
      do 55 i=1,ilon
      u(i,j)=au(m,i,j)
      v(i,j)=av(m,i,j)
      xmagni(i,j)=sqrt(u(i,j)**2+v(i,j)**2)
55  continue
C    Escribir la magnitud de u & v
      if (ihora(m) .eq. 60000) then
        write(10,28) iagno(m),'0',ihora(m)
      elseif (ihora(m) .eq. 000000) then
        write(10,29) iagno(m),'00000',ihora(m)
      else
        write(10,22) iagno(m),ihora(m)
      endif
      write(10,26) xmagni
26  format(10f8.3)
22  format(I8,2x,I6)
28  format(I8,2x,A1,I5)
29  format(I8,2x,A5,I1)
50  continue
      stop
      end
C*****
C                                SUBROUTINE BNDPS

```

```

C*****
C
      SUBROUTINE BNDPAS (X,N,P0,P1)
C***** THIS SUBROUTINE IS USED FOR OPERATING BAND-PASS FILTER ON DATA
C      YOU HAVE TO SPECIFY PERID0, PERID1 AND LMAX. MURAKAMI (1979)
C*****
      DIMENSION X(N),Y(2000),YR(2000),AUX(2000)
      DIMENSION FREQ(130),PERIOD(130),WAMP(130),DELX(2000)
      LOGICAL FIRST/.TRUE./
C***** SOME CONSTANTS
      DELT=1.
C**** P0 CORRESPONDS TO THE CENTRAL PERIOD *****
C**** P1 IS THE PERIOD WHICH GIVES A 50% RESPONSE ***
C**** P0 > P1 . P2 IS DETERMINED ONCE P1 AND P2 ARE GIVEN
      PERID0 = P0
      PERID1 = P1
      PI=4.*ATAN(1.)
      FR0=2.*PI/PERID0
      FR1=2.*PI/PERID1
      FR2=FR0**2/FR1
      LMAX=92
      LMAX1=LMAX+1
C      IF(ITIME.GE.2) GO TO 100
C
C***** COMPUTE FREQUENCY AND PERIOD
C
      DO 5 K=1,LMAX1
      K1=K-1
      FREQ(K)=FLOAT(K1)/(FLOAT(2*LMAX)*DELT)
      IF(K.GE.2) PERIOD(K)=1./FREQ(K)
5      CONTINUE
      PERIOD(1)=0.
C
C***** COMPUTE THE COEFFICIENTS OF X AND Y
C
      A1=1.+COS(FR1*DELT)
      A2=1.+COS(FR2*DELT)
      DOMIGA=2.*ABS(SIN(FR1*DELT)/A1-SIN(FR2*DELT)/A2)
      OMIGA2=4.*SIN(FR1*DELT)*SIN(FR2*DELT)/(A1*A2)
      AA=4.+2.*DOMIGA+OMIGA2
      A=2.*DOMIGA/AA
      B1=2.*(OMIGA2-4.)/AA
      B2=(4.-2.*DOMIGA+OMIGA2)/AA
C
C***** RESPONSE FUNCTION
C
      DO 10 K=1,LMAX1
      ARG=2.*PI*FREQ(K)*DELT
      W1=A*(1.-COS(2.*ARG))

```

```

W2=-1.*A*SIN(2.*ARG)
W3=1.+B1*COS(ARG)+B2*COS(2.*ARG)
W4=B1*SIN(ARG)+B2*SIN(2.*ARG)
WAMP(K)=(W1**2+W2**2)/(W3**2+W4**2)
C   IF(WAMP(K) .LT. .001) WAMP(I) = 0.0
10  CONTINUE
C
C***** FILTERING
C
100  DO 20 K=1,N
      K1=K-1
      K2=K-2
      IF(K1.GT.0.AND.K2.GT.0) GO TO 21
      IF(K1.LE.0.AND.K2.LE.0) Y(K)=A*X(K)
      IF(K1.GT.0.AND.K2.LE.0) Y(K)=A*X(K)-B1*Y(K1)
      GO TO 20
21   Y(K)=A*(X(K)-X(K2))-B1*Y(K1)-B2*Y(K2)
20   CONTINUE
C
C..... REVERSE THE TENTATIVE OUTPUT
C
      DO 30 K=1,N
      KR=N+1-K
30   YR(K)=Y(KR)
      DO 35 K=1,N
35   X(K)=YR(K)
C
C..... MULTIPLY THE SYSTEM FREQUENCY FUNCTION
C
      DO 40 K=1,N
      K1=K-1
      K2=K-2
      IF(K1.GT.0.AND.K2.GT.0.) GO TO 41
      IF(K1.LE.0.AND.K2.LE.0.) Y(K)=A*X(K)
      IF(K1.GT.0.AND.K2.LE.0.) Y(K)=A*X(K)-B1*Y(K1)
      GO TO 40
41   Y(K)=A*(X(K)-X(K2))-B1*Y(K1)-B2*Y(K2)
40   CONTINUE
C
C..... REVERSE THE OUTPUT AGAIN
C
      DO 50 K=1,N
      KR=N-K+1
50   YR(K)=Y(KR)
      DO 55 K=1,N
55   X(K)=YR(K)
C .... RESULTS.....
      RETURN
      END

```

Programa *verifica_wind.m*

Función: Verificar los campos de vientos que se utilizarán para forzar al modelo WAM.

Lenguaje: MATLAB.

```
%-----
% Programa para verificar los vientos a 10 m de altura obtenidos
% mediante la base de datos de Reanálisis del NCEP. Se señalan 2
% regiones oceánicas: una en el Pacífico y otra en el Atlántico.
% A cada una de ellas corresponden los archivos WIND10_00-10CP.WND
% y WIND10_00-10CA.WND
%
%                               Área del Pacífico           Área del Atlántico
% latitud                       45° N - 45° S             35° N - 5° N
% longitud                       -180° -60              -98° 0°
% cambio en longitud             1.875°              1.875°
% cambio en latitud             1.9048°             1.9048°
% cambio en el tiempo           6 horas              6 horas
%-----
clear
close all
fclose all
% opciones: CP - PACÍFICO o CA - ATLÁNTICO
name = ['CA'];
name2 = ['ATLÁNTICO'];
% tiempos a modelar máximo 74,512.
% -----
if length(name2) == length('PACÍFICO')
    ngx= 65; ngy= 48;
    loni= -180; lati= -45;
    tt=24;
    ffecha='60-79';
    % ffecha='80-99';
    % ffecha='00-10';
    ruta='G:\DARE\MOD_OLEAJE\PACIFICO\COARSE\';
else % datos para el Atlántico
    ngx= 52; ngy= 15;
    loni= -98; lati= 5;
    tt=2;
    ffecha='60-10';
    ruta='G:\DARE\MOD_OLEAJE\ATLANTICO\COARSE\';
end
% realizando malla de longitudes y latitudes
cambiox=1.875; cambioy=1.9048;
lat=lati-cambioy;
for yy=1:ngy
    lat=lat+cambioy;
    lon=loni-cambiox;
    for xx=1:ngx
        lon=lon+cambiox;
        longitud(yy,xx)=lon;
    end
end
```

```

        longitud(yy,xx)=long;
    end
end
% abriendo la base de datos
nameopen = [ruta 'WIND10uv_' fecha name '.wnd'];
fidrr = fopen(nameopen,'r');

% leer los tiempos señalados arriba en t
for tt=1:tt
    fecha = fscanf(fidrr,'%s',2);
    % matriz de datos que matlab graficara
    for cc=1:2
        for yy=1:ngy;
            for xx=1:ngx;
                ar = fscanf(fidrr,'%s',1);
                if cc==1
                    U(yy,xx) = (str2num(ar)/10);
                else
                    V(yy,xx) = (str2num(ar)/10);
                end
            end
        end
    end
end
wind=sqrt(U.^2+V.^2);
% figura
figure(1)
pcolor(longitud,latitud,wind)
%caxis([0 1.5])
shading interp
H=colorbar;
xlabel('Longitud [deg]','FontSize',14)
ylabel('Latitud [deg]','FontSize',14)
title([name2 ': Vientos (m/s) para ' fecha(1:8) ' a las '
fecha(9:10) ' hrs'],'FontSize',16)
pause(.2)
end
fclose all

```

Programa *verifica_bathy.m*

Función: Verificar la batimetría que se utilizará para forzar el modelo WAM.

Lenguajes: MATLAB.

```

%-----
% Programa para verificar la batimetría obtenida mediante la
% base de datos etopo2. Se señalan dos regiones oceanicas: una en
% el Pacífico y otra en el Atlántico. A cada una de ellas
% corresponden los archivos pacific.bot y atlantic.bot respect.
%
%                               Área del Pacifico      Área del Atlántico

```

% latitud + arriba	45° (N)	35° (N)
% latitud + abajo	45° (S)	5° (N)
% longitud + izq.	-180°	-98°
% longitud + der.	-60°	0°
% cambio en lat y lon	6'	6'

```

%-----
clear
close all
fclose all
% opciones: pacific-Pacífico ó atlantic-Atlántico
name = ['pacific'];
name2= ['Pacífico'];
if length(name) == length('pacific')
    ngx= 1201; ngy= 901;
    loni= -180; lati= -45;
    cont=1;
    for ii=1:ngx
        if mod(ii-1,100)==0 %cada 10 datos cambia un grado
            longitud(cont)=loni;
            longitudpos(cont)=ii;
            cont=cont+1;
            loni=loni+10;
        end
    end
    cont=1;
    for jj=1:ngy
        if mod(jj-1,50)==0
            latitud(cont)=lati;
            latitudpos(cont)=jj;
            cont=cont+1;
            lati=lati+5;
        end
    end
else
    ngx = 2941; ngy = 901;
    loni= -98; lati= 5;
    cont=1;
    for ii=1:ngx
        if mod(ii-1,300)==0 % cada 30 datos cambia un grado
            longitud(cont)=loni;
            longitudpos(cont)=ii;
            cont=cont+1;
            loni=loni+10;
        end
    end
    cont=1;
    for jj=1:ngy
        if mod(jj-1,150)==0
            latitud(cont)=lati;

```

```
        latitudpos(cont)=jj;
        cont=cont+1;
        lati=lati+5;
    end
end
end
nameopen = [name '.bot'];
fidww = fopen(nameopen,'r');
% matriz de datos que matlab graficara
for yy=1:ngy;
    for xx=1:ngx;
        ar = fscanf(fidww,'%s',1);
        arr1(yy,xx) = str2num(ar);
    end
end
end
figure(1)
pcolor(arr1)
shading interp
H=colorbar;
xlabel('Longitud [deg]','FontSize',14)
ylabel('Latitud [deg]','FontSize',14)
title(['Batimetría ' name2 ' (m)'],'FontSize',16)
set(gca,'XTICK', longitudpos, 'XTICKLabel', [longitud]);
set(gca,'YTICK', latitudpos, 'YTICKLabel', [fliplr(latitud)]);
% se gira matriz y se cambia su nombre
matriz=flipud(arr1);
clear arr1
figure(2)
pcolor(matriz)
shading interp
H=colorbar;
xlabel('Longitud [deg]','FontSize',14)
ylabel('Latitud [deg]','FontSize',14)
title(['Batimetría ' name2 ' (m)'],'FontSize',16)
set(gca,'XTICK', longitudpos, 'XTICKLabel', [longitud]);
set(gca,'YTICK', latitudpos, 'YTICKLabel', [latitud]);
% se cambian los 0 por NaN
lugar_zero=find(matriz<0);
matriz(lugar_zero)=NaN;
figure(3)
pcolor(matriz)
shading interp
H=colorbar;
xlabel('Longitud [deg]','FontSize',14)
ylabel('Latitud [deg]','FontSize',14)
title(['Batimetría ' name2 ' (m)'],'FontSize',16)
set(gca,'XTICK', longitudpos, 'XTICKLabel', [longitud]);
set(gca,'YTICK', latitudpos, 'YTICKLabel', [latitud]);
fclose all
```

Programa extract_bathy.f

Función: Leer la versión formateada de etopo2, seleccionar sección y reducir la resolución.

Lenguaje: Fortran.

```

program et2_subset_mod
c
c   read formatted version of etopo2, select subset, and
c   reduce resolution
c   Rows of data (latitude lines) are read one by
c   one starting at 89 58' North and stepping southward
c   by 2'. There are 5400 latitude lines. The 89 58'
c   South line is not given, elevation 2810 meters can
c   be assumed.
c   There are 10800 longitude points along each latitude
c   line. The first is 180 West, second 179 58' West, etc.
c
c   Depth and elevations are in meters
parameter (ilon=10800,ilat=5400)
dimension itopo(ilon),alon(ilon),alat(ilat)
character fileout1*80,fileout2*80,filein*80
integer na,a1,a2
character *5 loni,lond,lat,lab,minuto
character *15 nombre
c   dimension idepth(ilon,ilat)
c   filein = '/home2/datos/etopo2.dat' !input data file
c   filein = '/home/afrodita/datos/etopo22.dat' !input data file
open(20,file=filein)
na=iargc()
CALL GETARG(1,loni)
CALL GETARG(2,lond)
CALL GETARG(3,lat)
CALL GETARG(4,lab)
CALL GETARG(5,minuto)
CALL GETARG(6,nombre)
read(loni,*)alonl
read(lond,*)alonr
read(lat,*)alatt
read(lab,*)alatl
read(minuto,*)minute
read(nombre,*) fileout1
C=====
c===== USER SPECIFICATION GO HERE =====
C   FINE BATHYMETRY IMT REGION
c   call getarg(1,alol)
c   call getarg(2,alor)
c   alonl = -120.0 !specify regional subset limits (longitude left)
c   alonr = -20.0 ! longitude right
c   alatt = 30 ! latitude top

```

```

c      alatb = 10    ! latitude bottom
c      minute = 12    !decimation in minutes, e.g. 30=.5 degrees
c      fileout1 = nom !output data file name
c      fileout2 = 'x.bot' !output data file name
c
c      open(21,file=fileout1)
c      open(22,file=fileout2)
c      idec = minute/2
c      if(idec*2.ne.minute)then
c        print*,'The number of minutes chosen as the decimation factor'
c        print*,'is not an even multiple of 2 minutes. The next lower'
c        print*,'decimation interval was chosen.'
c      endif
c      if(alonl.lt.-180..or.alonr.gt.180.)then
c        print*,' longitude specification error +- 180'
c        print*,' alonl, alonr : ',alonl,alonr
c        stop
c      endif
c      if(alatt.gt.90..or.alatb.lt.-90.)then
c        print*,' latitude specification error +- 90'
c        print*,' alatt, alatb : ',alatt,alatb
c        stop
c      endif
c      compute the latitude and longitude points
c      do i = 1,ilon
c        alon(i) = -180.0 + (float(i)-1.0)*2.0/60.0
c      enddo
c      do j = 1,ilat
c        alat(j) = 90.0 - (float(j) -1.0)*2.0/60.0
c      enddo
c      ilonl = nint(alonl + 180.)*30 + 1
c      ilonr = nint(alonr + 180.)*30 + 1
c      nlon = ilonr - ilonl + 1
c      ilatb = nint(90.- alatb)*30 + 1
c      ilatt = nint(90.- alatt)*30 + 1
c      if(ilonr.eq.ilon+1)ilonr=ilon    !boundary check
c      if(ilatb.eq.ilat+1)ilatb=ilat    !boundary check
c      nlon = ilonr - ilonl + 1
c      nlat = ilatb - ilatt + 1
c      ndlon = nlon/idec + 1
c      ndlat = nlat/idec + 1
c      if(ndlon*idec.gt.ilon)ndlon = ndlon - 1
c      if(ndlat*idec.gt.ilat)ndlat = ndlat - 1
c        jnext = 0
c      do 45 j=1,ilat
c        if(j.gt.ilatb)go to 60    !stop read data once min. latitude found
c        read(20,'(15i6)')(itopo(i),i=1,ilon)
c        if(j.lt.ilatt.or.j.lt.jnext)go to 45
c      -----

```

```

C FORMAT FOR GOMOOS
      write(21,40) (real(-itopo(i)),i=ilonl,ilonr,idec)
40    format(10F8.1)
C
C FORMAT FOR . . . LET'S SAY MATLAB
      do 455 i=ilonl,ilonr,idec
        alonn=alon(i)
        inuu2= abs(nint(mod(alon(i),1.0)))/60
        alonn=alonn+inuu2
        inuu=abs(nint(mod(alat(j),1.0)))/60
        alatt= alat(j) + inuu
        write(22,41)alonn,alatt,itopo(i)
41    format(f7.3,1x,f7.3,1x,i8)
455  enddo
      jnext = j + idec
45  enddo
60  print*, 'Processing completed: '
      close(20)
      close(21)
      close(22)
      stop
      end

```

Programa preprowk.frm

Función: Anidamiento de las mallas.

Lenguaje: Fortran.

```

C
C      INPUT OF PROGRAM PGRID (PRINT GRID)
C      =====
C
C      USER INFORMATION IS BEING READ WITH THE PRESUMPTIONS THAT:
C      1. EVERY LINE STARTING WITH 'C' IS A COMMENT LINE
C      2. VALUES ARE PUT IN BELOW POSITIONS INDICATED WITH '-'
C         (RIGHT-JUSTIFIED, BUT CHARACTER LEFT JUSTIFIED)
C
C      **** OUTPUT TIME IN FIXED INTERVALS ****
C
C      IDATEA = START DATE OF OUTPUT      (YYYYMMDDHHMMSS)
C      IDATEE = END DATE OF OUTPUT        (YYYYMMDDHHMMSS)
C      IDELDO = DATA OUTPUT TIME STEP    (SECOND)
C      U      = TIME UNIT: H = HOURS, S = SECONDS
C
C      IDATEA      IDATEE      IDELDO      U
C-----
CCAMBIAR1
  20010101000000  20101231230000      1  H
C

```

```

C          **** OUTPUT TIME AT SPECIFIED TIMES ****
C
C SPECIFY A LIST WITH UP TO 100 DATES (YYMMDDHHMM) AND CLOSE THE
C LIST BY 'END'. IF THE LIST INCLUDES ANYTHING ELSE THAN 'END'
C ALL OUTPUT TIME STEPS SPECIFIED ABOVE ARE IGNORED.
C
CYYYYMMDDHHMMSS  YYYYMMDDHHMMSS  YYYYMMDDHHMMSS  YYYYMMDDHHMMSS
YYYYMMDDHHMMSS
C -----
END
C          **** FILE REQUESTS ****
C          IDATEF = DATE OF FIRST FILE NAME (YYMMDDHHMMSS)
C          IDELFI  = FILE TIME STEP (SECONDS)
C          U       = TIME UNIT: H = HOURS, S = SECONDS
C          USD     = 3 CHARACTER USER ID
C          RID     = 3 CHARACTER RUN ID (FOR CYBER_205 ONLY)
C          FID     = 3 CHARACTER FILE ID (NORMALLY MAP)
C          PATH    = 60 CHARACTER PATH (WITHOUT FILE NAME)
C
C          IDATEF  IDELFI  U  USD
C-----
CCAMBIAR2
  20010101000000      24  H  DRE
C
CRID  FID  PATH
C-----+-----+-----+-----+-----+
  COA  MAP  ./
C
C          **** FIELDS TO BE PRINTED ****
C          NAME    = 50 CHARACTER PRINT HEADER
C                  (WILL BE EXTENDED BY DATE)
C          P       = T (TRUE) IF PRINT IS REQUESTED ELSE F (FALSE)
CNAME                                           P
C-----+-----+-----+-----+-----+
  WAM WAVE HEIGHTS                             T
  WAM WAVE DIRECTIONS                          T
  10M WIND SPEED                               F
  SECOND MOMENT WAVE PERIOD (Tm02)            F
  FRICTION VELOCITY                           F
  WIND DIRECTION                              F
  MEAN PERIOD                                  F
  PEAK PERIOD                                  F
  DRAG COEFFICIENT                            F
  NORMALISED WAVE STRESS                      F
C
END
C -----
C          END OF USER INPUT PROGRAM PGRID.
C -----

```

Programa presetwk.frm

Función: Incorporar batimetría.

Lenguaje: Fortran.

```

C
C      USER INPUT OF PRESET.                CREATED 17/05/01
C      =====
C
C      USER INFORMATION IS BEING READ WITH THE PRESUMPTIONS THAT:
C      1. EVERY LINE STARTING WITH 'C' IS A COMMENT LINE
C      2. VALUES ARE PUT IN BELOW POSITIONS INDICATED WITH '-'
C         (RIGHT-JUSTIFIED, BUT CHARACTER LEFT-JUSTIFIED)
C
C-----
C
C      **** HEADER OF MODEL RUN      ****
C
C      HEADER CHARACTER*70 TEXT TO BE PRINTED
C
CHEADER
C-----+-----+-----+-----+-----+-----+
C      GoMOOS PROJECT spherical grid - COARSE GRID WAM-PROMISE VERSION
C
C      **** OPTION FOR INITIAL SPECTRA      ****
C
C      IOPTI   = 0 WIND INDEPENDENT INITIAL VALUES.
C              = 1 WIND DEPENDENT INITIAL VALUES AND
C                ENERGY EQUAL ZERO IF WINDSPEED IS ZERO
C              = 2 WIND DEPENDENT INITIAL VALUES AND
C                ENERGY COMPUTED FROM GIVEN PARAMETERS IF
C                WINDSPEED IS ZERO.
C      ITEST   = 0 NO TEST OUTPUT
C              > 0 FOR SUBROUTINE LEVEL
C      ITESTB  > 0 FOR BLOCK LEVEL TEST OUTPUT
C
C      IOPTI      ITEST      ITESTB
C-----  -----  -----
C           1          4          1
C
C      **** PARAMETER OF INITIAL SPECTRUM      ****
C
C      ALPHA    = PHILLIPS' PARAMETER (NOT USED IF IOPTI = 1)
C      FM       = PEAK FREQUENCY (HZ) AND/OR MAXIMUM FREQUENCY
C      GAMMA    = OVERSHOOT FACTOR
C      SIGMAA   = LEFT PEAK WIDTH
C      SIGMAB   = RIGHT PEAK WIDTH
C      THETAQ   = WAVE DIRECTION (DEG) (NOT USED IF IOPTI = 1)
C      FETCH    = FETCH IN METRES (IF ZERO THEN 0.5 OF THE
C                LATITUDE INCREMENT IS USED.)

```

```

C
C      ALPHA          FM          GAMMA          SIGMAA          SIGMAB          THETAQ
C-----
C      0.01800        0.20000        3.00000        0.07000        0.09000        0.00000
C
C      FETCH
C-----
C      30000.
C
C          **** FILE NAMES ****
C
C      UID          CHARACTER*3    USERID
C      RID          CHARACTER*3    RUN IDENTIFIER
C      PATH         CHARACTER*60   PATH NAME OF FILES
C
C      CUID  RID  PATH
C ---  - - - - - + - - - - - + - - - - - + - - - - - + - - - - - +
C      DRE  COA  ./
C
C          **** WIND INPUT PARAMETERS ****
C
C      IDATEA      INTERGER*14    START DATE OF RUN (YYYYMMDDHHMMSS)
C      IDELWI      INTEGER*7      TIMESTEP ON INPUT WIND FILE (SECONDS)
C      U           CHARACTER*1    TIME UNIT S SECONDS OR H HOURS
C
C          IDATEA      IDELWI U
C-----
CCAMBIAR
19720616000000      21600 S
C
C-----
C          END OF USER INPUT PROG. PRESET.
C

```

Programa wamodwk.frm

Función: Definir periodo del modelado y las variables de salida.

Lenguaje: Fortran.

```

C
C      USER INPUT OF CHIEF.          CREATED 17/05/01
C      =====
C
C      USER INFORMATION IS BEING READ WITH THE PRESUMPTIONS THAT:
C      1. EVERY LINE STARTING WITH 'C' IS A COMMENT LINE
C      2. VALUES ARE PUT IN BELOW POSITIONS INDICATED WITH '- '
C          (RIGHT-JUSTIFIED, BUT CHARACTER LEFT-JUSTIFIED)
C-----

```

```

C
C      **** HEADER OF MODEL RUN      ****
C
C      HEADER CHARACTER*70 TEXT TO BE PRINTED
C
CHEADER
C-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
C      GOMOOS PROJECT      COARSE GRID WAMODWK      WAM-PROMISE-VERSION
C
C      **** PERIOD OF MODEL RUN      ****
C
C      IDATEA      INTERGER*12      START DATE OF RUN      (YYMMDDHHMMSS)
C      IDATEE      INTERGER*12      END DATE OF RUN      (YYMMDDHHMMSS)
CRST IDATER      INTEGER*12      RESTART FILES ARE SAVED (YYYYMMDDHHMM)
CRST                                     1) IF IDATER IS LEFT BLANCK, THEN RESTART
CRST                                     FILES WILL BE SAVED EVERY IDELRES S/H.
CRST                                     2) IDATER MUST BE DEFINED IN COINCIDENCE
CRST                                     WITH AN OUTPUT TIME STEP DEFINED BY
CRST                                     IDELRES.
C
C      IDATEA      IDATEE      IDATER
C-----
CCAMBIAR1
19720616000000 19801231220000 19801231220000
C
C      **** MODEL TIME STEPS ****
C
C      IDELPRO      INTERGER*7      PROPAGATION TIMESTEP
C      IDELT      INTERGER*7      SOURCE TIME STEP
C      IDELWO      INTERGER*7      OUTPUT WIND TIMESTEP
C      IDELWI      INTERGER*7      TIMESTEP ON INPUT WIND FILE
C      IDATEBC      INTERGER*7      TIMESTEP OF OUTPUT BOUNDARY CONDITIONS
C      U      CHARACTER*1      TIME UNIT S SECONDS OR H HOURS
C
C      -----
C      DEMAND :      ALL RATIO'S ARE N OR 1/N AND N IS AN INTEGER
C      -----
C
C      IDELPRO U      IDELT U      IDELWO U      IDELWI U      IDATEBC U
C-----
C      3600 S      3600 S      6 H      6 H      3600 S
C
C      **** OUTPUT TIME IN FIXED INTERVALS ****
C
C      -----
C      DEMAND :      ALL OUTPUT TIMESTEPS MUST BE MULTIPLE OF IDELPRO.
C      -----
C
C      IDELINT      INTERGER*7      INTEGRATED PARAMETER OF TOTAL SEA

```

```

C      IDELINS  INTERGER*7    INTEGRATED PARAMETER OF SWELL
C      IDELSPT  INTERGER*7    SPECTRA OF TOTAL SEA
C      IDELSPS  INTERGER*7    SPECTRA OF SWELL
C      IDELRES  INTERGER*7    OUTPUT FILES AND RESTART FILES ARE SAVED
C      U        CHARACTER*1    TIME UNIT  S SECONDS  OR  H HOURS
C
CIDELINT U  IDELINS U  IDELSPT U  IDELSPS U  IDELRES U
C----- -  ----- -  ----- -  ----- -  ----- -
C          2 H          6 H          2 H          6 H          24 H
C
C          **** OUTPUT TIME AT SPECIFIED TIMES ****
C
C          -----
C          DEMAND :    ALL OUTPUT TIMES MUST BE AT THE END OF A PROPAGATION.
C          -----
C          SPECIFY A LIST WITH UP TO 100 DATES (YYMMDDHHMM) AND CLOSE THE
C          LIST BY 'END      '. IF THE LIST INCLUDES ANYTHING ELSE THAN 'END'
C          ALL OUTPUT TIME STEPS SPECIFIED ABOVE ARE IGNORED.
C
C          CYYYYMMDDHHMMSS  YYYYYMMDDHHMMSS  YYYYYMMDDHHMMSS  YYYYYMMDDHHMMSS
C          YYYYYMMDDHHMMSS
C          -----
C          -----
C          END
C
C          **** SELECTION OF OUTPUT DATA ****
C
C          P  CHARACTER*1    PRINTER OUTPUT..
C              Y  DATA ARE PRINTED, OTHERWISE NO OUTPUT
C          F  CHARACTER*1    FILE OUTPUT..
C              Y  DATA ARE WRITTEN TO FILE, OTHERWISE NO OUTPUT
C
C          CP F                P F
C          C- -                - -
C          N Y  SIGNIFICANT WAVE HEIGHT          N Y  MEAN WAVE DIRECTION
C          N Y  WAVE MEAN FREQUENCY              N Y  SECOND MOMENT WAVE PERIOD
C          (Tm02)
C          N Y  FRICTION VELOCITY                N Y  WIND DIRECTION
C          N Y  WAVE PEAK FREQUENCY              N Y  DRAG COEFFICIENT
C          N Y  NORMALISED WAVE STRESS          N Y  SWELL WAVE HEIGHT
C          N Y  SWELL DIRECTION                  N Y  WIND WAVE DIRECTION
C          N Y  SWELL MEAN FREQUENCY            N Y  SPECTRA OF TOTAL SEA
C          N Y  SWELL SPECTRA
C
C          **** MODEL OPTIONS ****
C
C          ICASE    INTEGER*7    PROPAGATION OPTION..
C              1  SPHERICAL,  OTHERWISE  CARTESIAN PROPAGATION
C          ISHALLO  INTEGER*7    SHALLOW WATER FLAG..

```

```

C      1 DEEP, OTHERWISE SHALLOW WATER MODEL
C IREFRA  INTEGER*7 REFRACTION OPTION..
C      0 IF REFRACTION IS NOT USED
C      1 IF DEPTH REFRACTION IS USED
C      2 IF DEPTH AND CURRENT REFRACTION IS USED
C ITEST   INTEGER*7 TEST OUTPUT LEVEL..
C      > 0 FOR OUPUT UPTO SUBROUTINE LEVEL
C      0 NO TEST OUTPUT
C ITESTB  INTEGER*7 TEST OUTPUT LEVEL BLOCKS..
C      > 0 FOR BLOCK LEVEL TEST OUTPUT IF ITEST > 0
C IREST   INTEGER*7 RESTART OPTION..
C      1 RESTART FILES ARE SAVED, OTHERWISE FILES ARE NOT SAVED.
C ISBF    INTEGER*7 BOTTOM FRICTION FORMULATION OPTION
C      1 JONSWAP EMPIRICAL FORMULATION
C      2 DRAG LAW MODEL FROM COLLINS
C      3 DRAG LAW MODEL FROM HASSELMANN AND COLLINS
C      4 DRAG LAW MODEL FROM MADSEN ET AL
C      5 EDDY-VISCOSITY MODEL FROM WEBER
C ISBR    INTEGER*7 WAVE BREAKING DUE TO DEPTH OPTION
C      0 WITHOUT BREAKING
C      1 WITH WAVE BREAKING (BATTJES AND JANSSEN)
C
C ICASE  ISHALLO  IREFRA  ITEST  ITESTB  IREST  ISBF  ISBR
C -----
C      1      1      1      20      1      1      1      0
C
C      **** MODEL OPTIONS (CONTINUED) ****
C
C IFDTP   INTEGER*7 FREQUENCY DEPENDENT PROPAGATION TIME
C          STEP OPTION..
C      1 DEPENDENT, OTHERWISE INDEPENDENT
C ICUR    INTEGER*7 INFLUENCE OF CURRENT ON BOTTOM FRICTION
C      0 NO INFLUENCE
C      1 CJ (1985) MODEL (IREFRA = 2)
C      2 MADSEN (1994) MODEL (IREFRA = 2)
C IPRO    INTEGER*7 PROPAGATION OPTIONS
C      1 QUADRANT CO-ORDINATE
C      2 OCTANT CO-ORDINATE (ONLY WITH IREFRA = 0, 1)
C IFDTP   ICUR    IPRO
C -----
C      0      0      1
C
C      **** BOUNDARY POINTS *****
C
C IBOUNC = COURSE GRID OPTION
C IBOUNF = FINE GRID OPTION
C
C IBOUNC MUST BE: =1 FOR COURSE GRID OUTPUT
C                OTHERWISE NO BOUNDARY POINTS

```

```

CCBC          = 2 INFORMATION FOR A NESTED CURVILINEAR
CCBC          (FINE) GRID WILL BE GENERATED.
C
C          IBOUNF MUST BE: 1 FOR FINE GRID INPUT
C          OTHERWISE NO BOUNDARY POINTS
C
C IBOUNC      IBOUNF
C-----
C          1          0
C
C          **** FILE NAMES ****
C
C          UID          = USERID          CHARACTER*3
C          RID          = RUN IDENTIFIER    CHARACTER*3
C          PATH         = PATH NAME OF FILES CHARACTER*60
C          PATH2        = PATH FOR CBO FILES IF THIS IS A NESTED RUN
C          OTHERWISE COMMENTED OUT
C
CUSD  RID  PATH
C---  ---+-----+-----+-----+-----+
C  DRE  COA  ./
C
CUSD  RID  PATH2
C---  ---+-----+-----+-----+-----+
C RPH  FIN  /run-wam-swan/coarse
C
C          IDATES      IDELFI  U
C-----
CCAMBIAR2
  19720616000000      24 H
C
C          CFMWS      REAL          CONSTANT FACTOR TO BE MULTIPLIED
C          BY WIND SPEED
C          MIN VALUE =0.9 ; MAX VALUE = 1.1
C          CFMWS
C-----
C          1.0000
C-----
C          END OF USER INPUT PROG CHIEF.
C-----

```

Programa pgridwk.frm

Función: Contiene las especificaciones iniciales para iniciar el forzamiento del modelo WAM.

Lenguaje: Fortran.

```

C
C          INPUT OF PROGRAM PGRID (PRINT GRID)

```

```

C      =====
C
C      USER INFORMATION IS BEING READ WITH THE PRESUMPTIONS THAT:
C      1. EVERY LINE STARTING WITH 'C' IS A COMMENT LINE
C      2. VALUES ARE PUT IN BELOW POSITIONS INDICATED WITH '-'
C         (RIGHT-JUSTIFIED, BUT CHARACTER LEFT JUSTIFIED)
C
C      **** OUTPUT TIME IN FIXED INTERVALS ****
C
C      IDATEA  = START DATE OF OUTPUT      (YYYYMMDDHHMMSS)
C      IDATEE  = END DATE OF OUTPUT        (YYYYMMDDHHMMSS)
C      IDELDO  = DATA OUTPUT TIME STEP   (SECOND)
C      U       = TIME UNIT: H = HOURS, S = SECONDS
C
C      IDATEA          IDATEE      IDELDO  U
C-----
CCAMBIAR1
  20010101000000    20101231230000          1  H
C
C      **** OUTPUT TIME AT SPECIFIED TIMES ****
C
C      SPECIFY A LIST WITH UP TO 100 DATES (YMMDDHHMM) AND CLOSE THE
C      LIST BY 'END'. IF THE LIST INCLUDES ANYTHING ELSE THAN 'END'
C      ALL OUTPUT TIME STEPS SPECIFIED ABOVE ARE IGNORED.
C
C      CYYYYMMDDHHMMSS  YYYYYMMDDHHMMSS  YYYYYMMDDHHMMSS  YYYYYMMDDHHMMSS
C      YYYYYMMDDHHMMSS
C-----
  END
C
C      **** FILE REQUESTS ****
C
C      IDATEF  = DATE OF FIRST FILE NAME (YMMDDHHMMSS)
C      IDELFI  = FILE TIME STEP (SECONDS)
C      U       = TIME UNIT: H = HOURS, S = SECONDS
C      USD     = 3 CHARACTER USER ID
C      RID     = 3 CHARACTER RUN ID (FOR CYBER_205 ONLY)
C      FID     = 3 CHARACTER FILE ID (NORMALLY MAP)
C      PATH    = 60 CHARACTER PATH (WITHOUT FILE NAME)
C
C      IDATEF      IDELFI  U  USD
C-----
CCAMBIAR2
  20010101000000          24  H  DRE
C
C      CRID  FID  PATH
C---  +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  COA  MAP  ./
C

```



```

cd $wvdir/work # cd $wvdir/work #
echo "working directory is:" ; pwd # ----- #
echo " compiling for $id1/$id2/$id3" # ----- #
##
##-----#
##Check that needed directories are there
    if test ! -d $wvdir/$id1
    then
        echo ' '; echo " $id1 does not exist"; exit
    fi
##
    if test ! -d $wvdir/$id1/$id2
    then
        echo ' '; echo " $wvdir/$id1/$id2 does not exist"; exit
    fi
##
    if test ! -d $wvdir/$id1/$id2/$id3
    then
        echo ' '; echo " $wvdir/$id1/$id2/$id3 does not exist"; exit
    fi
#
## ----- #
# Clean up before executing wam make
#     rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn/*.exe
#     rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn/*.o
#     rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn/par.f
#     rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn2/*.exe
#     rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn2/*.o
#     rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn2/par.f
# ----- #
# Compile for the $id2 grid
#-----#
# If the directories are already make, clean them
rm $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/*
# Set the propre $wvdir/wam/bin/ file
cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/inp/par_$id3.f $wvdir/$id1/wam/ftn/par.f
cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/bin/wam_make $wvdir/$id1/wam/ftn/wam_make
cp $wvdir/$id1/wam/ftn/preprowk_CP.f $wvdir/$id1/wam/ftn/preprowk.f
cp $wvdir/$id1/wam/ftn/presetwk_CP.f $wvdir/$id1/wam/ftn/presetwk.f
cp $wvdir/$id1/wam/ftn/wamodwk_CP.f $wvdir/$id1/wam/ftn/wamodwk.f
cp $wvdir/$id1/wam/ftn/pgridwk_CP.f $wvdir/$id1/wam/ftn/pgridwk.f
cd $wvdir/$id1/wam/ftn/
( time $wvdir/$id1/wam/ftn/wam_make ) > $wvdir/$id1/wam/ftn/wam_make.out
# ./wam_make
#
# Move output to the created directories . . . . . #
    mv $wvdir/$id1/wam/ftn/*.exe $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/
    mv $wvdir/$id1/wam/ftn/wam_make.out $wvdir/$id1/$id2/$id3/output
# *) Clean up - - - - - #

```

```
# ----- #
rm -f $wvdir/$id1/wam/ftn/*.o
# ----- #
# ----- End of wam_compiler-- #
# -----
```

Program wam_runner.exe

Función: Definir los archivos de entrada de datos para la batimetría y vientos.

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/sh
# ----- #
# wam_runner: #
#     Corre el modelo (pre-processing and main)
#
#     This script must be run after running wam_compiler
#
# Use : To run WAM go to $wvdir/work/ directory and type:
#           wam_runner
# Notice that variable id is set already to identify the grid
# (Coarse or Intermediate) and the user has to set the variable id2
# to identify the run. #
# id2 is a 2 alpha-numeric identifier (ex. id2=run2b) #
# and where $wvdir = "$HOME/wave/" is the wave home directory. #
# ----- #
## ----- #
## Preparations
id1=Atl_Pac # arg1 = id1 #
id2=wam_swan/Pacifico # arg2 = id2 #
id3=coarse # arg3 = id3 #
## ----- #
##
# and before you execute this script make sure you have these files:
#
#     in $wvdir/$id1/$id2/$id3/inp directory: #
#     preprokwk.frm #
#     presetwk.frm #
#     wamodwk.frm
#
#     in $wvdir/bati directory: #
#     bathymetry #
#     wind fields
#
#     in $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe directory: #
#     wam.exe #
# ----- #
echo " models : $id1"
echo "run id2=$id2/$id3" #
```

```

wvdir="$HOME"      # wave working directory
echo "wvdir=$wvdir"
cd $wvdir/work
echo "working directory is:" ; pwd
echo "wam : processing $sid1/$sid2/$sid3"
# -----= #
# sh0) Check that needed directories are there - - - - - #
# and save a copy of this script - - - - - #
# -----= #
# Check that needed directories are there. . . . . #
if test ! -d $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3
then
    echo ' '; echo " run-$sid does not exist"; exit
fi
#
if test ! -d $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output
then
    echo ' '; echo " $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output does not exist"; exit
fi
#
# -----= #
# Run preprowk program 'preprowk.exe' for the $sid3 grid #
# -----= #
# 1.1) Run wam.exe from $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/exe/ - - - - - #
# -----= #
# ... #
# Prepare dir. $wvdir/run-$sid/coarse/ to receive (saved) output . . . . #
rm $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/gridcatu
rm $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/ubufcatu
rm $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/bouccatu
rm $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/preprowk.out
# ...
# Prepare the input filenames. . . . . #
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/inp/preprowk.frm $wvdir/work/preprowk.frm
cp $wvdir/datos/pacifico_60min.bot $wvdir/work/fort.1
# comentada DARE 10 sept 2008
# $wvdir/work/modificapreprowk.frm
# ....
# Get the proper executable & execute
rm -f $wvdir/work/*.exe
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/exe/preprowk.exe $wvdir/work/preprowk.exe
(time ./preprowk.exe < preprowk.frm) > preprowk.out
# (time ./preprowk.exe < preprowk.frm)
# ....
# Save special output files to the appropriate directory
mv fort.7 gridcatu
mv fort.8 ubufcatu
mv fort.9 bouccatu

```

```

mv $wvdir/work/gridcatu          $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/ubufcatu          $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/bouccatu          $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
#
# Save output to the appropriate directory
mv $wvdir/work/preprowk.out      $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
cd $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
if test -s gridcatu -o -s ubufcatu -o -s bouccatu
then
    echo " PREPROWK.EXE          DONE !!!"
else
    echo "*****"
    echo "** PREPROWK.EXE          ABORTED !!! **"
    echo "*****"
    echo " "
    exit
fi
cd $HOME/work
rm -f core.*
# exit
# ....
# -----#
# Run presetwk program 'presetwk.exe' for the $sid3 grid
# from $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/exe/
#-----#
#
# Prepare dir. $wvdir/work/ to receive (local) output
rm -f $wvdir/work/BLSPANAL
rm -f $wvdir/work/LAWIANAL
rm -f $wvdir/work/SLATANAL
# ...
# Prepare dir. $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/ to receive (saved) output . . . . #
rm -f $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/BLSPANAL
rm -f $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/LAWIANAL
rm -f $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/SLATANAL
# ...
# Get the properer input filenames
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/gridcatu      $wvdir/work/fort.7
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/ubufcatu      $wvdir/work/fort.8
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/bouccatu      $wvdir/work/fort.9
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/inp/presetwk.frm     $wvdir/work/presetwk.frm
# comentada DARE 10 sept 2008
# $wvdir/work/modificapresetwk.frm #jose-----
# pgf90 -byteswapio /home/oleaje/viento/readv3uv.f90 -o
/home/oleaje/viento/ejecuta
# cd /home/oleaje/viento # comentada 10 sept DARE
# ./ejecuta MMOUT_DOMAIN2 xyz.wnd
# rm -fr uv_* fort.* ejecuta

```

```

cp $wvdir/$id1/WIND10uv_CpC.WND      $wvdir/work/fort.1 #jose# cd
$HOME/work # comentada 10 sept DARE
# fecha=`date +%Y` # comentada 10 sept DARE
# cat fort.1 | grep $fecha'.... ...000' > anos # 10 sept DARE
#jose comento esta linea cp $wvdir/rphjun07/atlantico/data/xyz_wam_24_26jul.wnd
$wvdir/work/fort.1
# -----#
# Get the propper executable & execute
rm -f $wvdir/work/*.exe
cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/presetwk.exe $wvdir/work/presetwk.exe

(time ./presetwk.exe < presetwk.frm) > presetwk.out
# (time ./presetwk.exe < presetwk.frm)
# ...
# Save output to the appropriate directory
mv $wvdir/work/presetwk.out      $wvdir/$id1/$id2/$id3/output/
mv $wvdir/work/BLSPANAL         $wvdir/$id1/$id2/$id3/output/
mv $wvdir/work/LAWIANAL         $wvdir/$id1/$id2/$id3/output/
mv $wvdir/work/SLATANAL         $wvdir/$id1/$id2/$id3/output/
#
# -----#
# Clean up - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - #
# rm -f $wvdir/work/fort.1
# -----#
cd $wvdir/$id1/$id2/$id3/output/
if test -e BLSPANAL -a -e LAWIANAL -a -e SLATANAL
then
    echo " PRESETWK.EXE      DONE !!!"
else
    echo "*****"
    echo "*** PRESETWK.EXE      ABORTED !!! ***"
    echo "*****"
    echo " "
    exit
fi
cd $HOME/work

# exit
#
# -----#
# -----#
# Run wamodwk program 'wamodwk.exe' for the coarse grid
# from $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/
# -----#
# Prepare dir. $wvdir/work/ to receive (local) output . . . . . #
rm -f $wvdir/work/MAP*
rm -f $wvdir/work/SWE*
rm -f $wvdir/work/CBO*
rm -f $wvdir/work/SPE*

```

```

rm -f $wvdir/work/SWS*
# ... #
# Prepare dir. $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/ to receive output . . #
# Get the proper input filenames . . . . . #
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/inp/wamodwk.frm $wvdir/work/wamodwk.frm
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/gridcatu $wvdir/work/fort.7
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/ubufcatu $wvdir/work/fort.8
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/bouccatu $wvdir/work/fort.9
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/BLSPANAL $wvdir/work/fort.12
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/LAWIANAL $wvdir/work/fort.15
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/SLATANAL $wvdir/work/fort.14
# ....
# Get the proper executable & execute . . . . . #
rm -f $wvdir/work/*.exe
cp $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/exe/wamodwk.exe $wvdir/work/wamodwk.exe
# comentada DARE 10 sept 2008
# $wvdir/work/modificawamodwk.frm
#
# echo " RUNNING WAMODWK.EXE !!!"
#
# (time ./wamodwk.exe < wamodwk.frm) > wamodwk.out
# (time ./wamodwk.exe < wamodwk.frm)
# ....
# Save output & input used to the appropriate directory . . . . . #
mv $wvdir/work/wamodwk.out $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/MAP* $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/SWE* $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/SPE* $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/CBO* $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/SWS* $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/
mv $wvdir/work/BLSPANAL $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/BLSPOUT
rm -fr $wvdir/$sid1/$sid2/$sid3/output/BLSPANAL
#
# Clean up - - - - - #
rm -f $wvdir/work/wamodwk.exe
# ----- #
# ----- End of sw_runner ---- #
# ----- #

```

Program wam_post_proc_runner.exe

Función: Correr los de preprocesamiento y principales del WAM.

Lenguaje: Script de Shell.

```

#!/bin/sh
# ----- #
# wam_runner: (version ) #
# (for rover ) #
# Runs WAM wave modules (pre-processing and main)

```

```

# This script must be run after running wam_compiler
# Notice that variables id1, id2 and id3 are set already to identify
# the grid
# $wvdir = "$HOME/wave/" is the wave home directory.
#
#-----#
## Preparations d1=Atl_Pac # arg1 = id1 #
id2=wam_swan/Pacifico # arg2 = id2 #
id3=coarse # arg3 = id3 #
## -----#
# Before you execute this script make sure you have in the #
# directory: $wvdir/$id1/$id2/$id3/inp/ #
## these files: pgridwk.frm #
# pspecwk.frm #
# in directory: $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe #
# these files: #
# pgridwk.exe #
# pspecwk.exe #
# -----#
# -----#
#
# Preparations #
echo " models : $id1" #
echo "run id2=$id2/$id3" #
wvdir="$HOME" # wave working directory
echo "wvdir=$wvdir" #
cd $wvdir/workPAC
echo "working directory is:" ; pwd
echo "wam : processing $id1/$id2/$id3"
#-----#
# Check that needed directories are there - - - - - #
# and save a copy of this script - - - - - #
#-----#
# Check that needed directories are there. . . . . #
#
if test ! -d $wvdir/$id1/$id2/$id3/output
then
echo ' '; echo " $wvdir/$id1/$id2/$id3/output does not exist"; exit
fi
#
#-----#
#-----#
#
# Run program 'PGRIDWK.EXE' #
#-----#
# Run pgridwk.exe from $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/ - - - - - #
#-----#
#

```

```

# Prepare dir. $wvdir/work/ to receive output. . . . . #
#
# rm -f $wvdir/work/pgridwk.out
# rm -f $wvdir/workPAC/pgridwk.out
#
# Prepare dir. $wvdir/$id1/$id2/$id3/ to receive output . . . . . #
# rm $wvdir/$id1/$id2/$id3/pgridwk.out
#
# Prepare input filenames . . . . . #
# rm -f $wvdir/work/MAP*
# rm -f $wvdir/workPAC/MAP*
#
# Get the proper input filenames . . . . . #
# cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/inp/pgridwk.frm $wvdir/work/pgridwk.frm
# cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/inp/pgridwk.frm $wvdir/workPAC/pgridwk.frm
# Get the proper executable & execute . . . . . #
# rm -f $wvdir/workPAC/*.exe
# cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/pgridwk.exe $wvdir/work/pgridwk.exe
# cp $wvdir/$id1/$id2/$id3/exe/pgridwk.exe $wvdir/workPAC/pgridwk.exe
# (time pgridwk.exe < pgridwk.frm) > pgridwk.out
# (time pgridwk.exe < pgridwk.frm)
#
# Save output files to the appropriate directory . . . . . #
# mv $wvdir/work/pgridwk.out $wvdir/$id1/$id2/$id3/output
# mv $wvdir/workPAC/pgridwk.out $wvdir/$id1/$id2/$id3/output
#
# cd $wvdir/$id1/$id2/$id3/output
# ls MAP*
# if test "$?" -eq "0"
#
# if test -s pgridwk.out
# then
#     echo " "
#     echo "-----="
#     echo "      PGRIDWK.EXE      DONE !!!"
#     echo "-----="
#     echo " "
# else
#     echo "*****"
#     echo "*** PGRIDWK.EXE      ABORTED !!! ***"
#     echo "*****"
#     echo " "
#     exit
# fi
# cd $HOME/work
# cd $HOME/workPAC
# ----- #
# Clean up - - - - - #

```

```
# rm -f $wvdir/work/MAP*
# cd $wvdir/work
# cd $wvdir/workPAC
# rm -f pgridwk.exe fort.* MAP*
# rm -f LAWIANAL *.DAT W* anos
#
# ----- #
# ----- End of sw_runner --- #
# -----= #
```

Programa transferencia2.csh

Función: Programa para extraer datos de campos de viento del Reanálisis del NARR.

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/csh -x
#descarga de datos
set agno=(2007)
foreach agnos($agno)
set mes=( 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12)
foreach meses($mes)
set dia=( 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31)
foreach dias($dia)
set hora=( 00 03 06 09 12 15 18 21 )
foreach horas($hora)
setenv URL 'ftp://ftp3.ncdc.noaa.gov/pub/download/nomads/model-0072/narr-
a_221_`${agnos}``${meses}``${dias}``_`${horas}``00_000.grb'
wget $URL -o s`${agnos}``${meses}``${dias}``${horas}`
#echo " wget URL"
end
end
end
end
```

Programa dfinal_pgrid_promJul_Dic.m

Función: Graficar los resultados del modelado de malla gruesa de WAM correspondiente al Golfo de México.

Lenguaje: Matlab.

```
% Datos contenidos en el archivo de entrada pgridwk:
% 1. parametros oleaje:
% a) WAVE HEIGHTS (m)
% b) WAVE DIRECTIONS (grados)
% c) PERIODO PICO (m/s)
% 2. fechas:
% a) inicial: 19600101000000 (YYYYMMDDhhmmss)
```

```
%      b) final: 20101231230000 (YYYYMMDDhhmmss)
%      c) cambio en el paso del tiempo: 2 horas
%  3. ubicacion:
%      a) Pacifico,
%          - latitud: 91, de -45 a 45 grados N.
%          - longitud: 121, de 180 a 300 grados.
%      b) Atlantico
%          - latitud: 31, de 5 a 35 grados N.
%          - longitud: 99, de -98 a 0 grados E.
%      c) cambio en latitud y longitud: 1 grado
%
```

```
%-----
clear
close all;
fclose all;
ffin=20051231220000; % fecha fin de datos a leer
param='HEIGHTS';
region=1; % Region: Pacifico = 1; Atlantico = 2.
% datos para cada región
if region==1
    busca2=1030; cbarmax=2; %busca1=950;
    ngx = 121; lonmin=180;
    ngy = 91; latmin=-45;
elseif region==2
    busca2=855; cbarmax=3;
    ngx = 99; lonmin=-98;
    ngy = 31; latmin=5;
else comentario=('LA OPCION QUE ELEGISTE NO EXISTE')
end
% crea malla de latitudes, yla, y longitudes, xlo.
for ix=1:ngy;
    xlo(ix,:)=lonmin:(lonmin+ngx-1);
end
for iy=1:ngx;
    yla(:,iy)=(latmin+ngy-1):-1:latmin;
end
% archivo de entrada de datos
nameopen = ['C:\Documents and Settings\Antonio
Salinas\Escritorio\DARE\pgridwk.out'];
datep = '20010101000000'; % fecha inicial
fidww = fopen(nameopen,'r'); % abre el archivo de entrada de datos
position = ftell(fidww); % passby the file header
findd = 0; cont=0;
% busca la fecha inicial y se posiciona en ese lugar
while findd ~=1;
    ss= fscanf(fidww,'%s \n',1);
    if length(ss) == length(datep);
        if ss == datep;
            ss
        end
    end
end
```

```
        %cont=cont+1;
        %if cont==3
            findd =findd+1;
        %end
    end
end
end
% ciclo para visualizar, en gráficas, los campos de datos
f_leida=ss;
conta07=0;
JULcampo(1:121,1:91)=0;
conta12=0;
DICcampo(1:121,1:91)=0;
contador=0;
while fleida<=ffin;
    contador=contador+1;
    findd=1;
    % busca el param
    while findd ==1;
        sp= fscanf(fidww,'%s \n',1);
        if length(sp) == length(param);
            if sp == param;
                sp;
                findd = 2;
            end
        end
    end
end
ss= fseek(fidww,-33,'cof'); % retrocede 33 caracteres
dateinfile= fscanf(fidww,'%s \n',1); % lee la fecha
ss= fscanf(fidww,'%s \n',[6]); % lee 6 secuencias de caracteres
ss= fseek(fidww,busca2,'cof'); % retrocede busca2 caracteres
    if mod(contador,500)==0
        dateinfile
    end
% realiza matriz de datos que matlab graficaran
for yy=1:ngy;
    % leyendo las latitudes
    if region==1 && yy<=55
        ss = fscanf(fidww,'%s \n',2);
    elseif region==1 && yy>55
        ss = fscanf(fidww,'%s \n',1);
    elseif region==2
        ss = fscanf(fidww,'%s \n',2);
    end
    % leyendo las longitudes
    for xx=1:ngx;
        ar = fscanf(fidww,'%s',1);
        arr1(yy,xx) = str2num(ar)/10;
    end
end
```

```

end
arr1 = rot90(arr1,-1); % gira la matriz 90°
f_leida=str2num(dateinfile); % la fecha actual
mes=str2num(dateinfile(5:6)); % mes actual
% de acuerdo a mes se guardan los datos o no.
if mes==7 % si el mes es julio
    conta07=conta07+1;
    JULcampo=JULcampo+arr1;
elseif mes==12 % si el mes es diciembre
    conta12=conta12+1;
    DICcampo=DICcampo+arr1;
end
clear arr1
end
JULcamp=JULcampo/conta07;
DICcamp=DICcampo/conta12;
% *****
if region==1
    save dataGP_promJulDic conta07 conta12 JULcamp DICcamp xlo yla cbarmax
    clear
    load dataGP_promJulDic
elseif region==2
    save dataGA_promJulDic conta07 conta12 JULcamp DICcamp xlo yla cbarmax
    clear
    load dataGA_promJulDic
end
% *****
% JULIO
lugar_zero=find(JULcamp<0); % busca todo lo que sea menos a 0
JULcamp(lugar_zero)=NaN; % convierte a NaN todo lo que sea menos a 0
figure(1)
pcolor(xlo,ylo,JULcamp)
caxis([0 cbarmax]);
shading interp
H=colorbar;
xlabel('Longitude [deg]','FontSize',13)
ylabel('Latitude [deg]','FontSize',13)
title('Promedio de Altura Significante Julio 2001-2005','FontSize',16);
% DICIEMBRE
lugar_zero=find(DICcamp<0); % busca todo lo que sea menos a 0
DICcamp(lugar_zero)=NaN; % convierte a NaN todo lo que sea menos a 0
figure(2)
pcolor(xlo,ylo,DICcamp)
caxis([0 cbarmax]);
shading interp
H=colorbar;
xlabel('Longitude [deg]','FontSize',13)
ylabel('Latitude [deg]','FontSize',13)
title('Promedio de Altura Significante Diciembre 2001-2005','FontSize',16);

```

Anexo F. Programas de automatización del pronóstico de lluvia por cuenca hidrológica.

Programa correMM500z.csh

Función: Correr diariamente el modelo MM5.

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/tcsh
set ExpDir = '/home/modelos/mm5new'
set hora = '00'
set Date = `date +%Y%m%d`\`
echo "*****"
echo "* Corriendo el modelo de mesoescala MM5 *"
echo "* Hora inicial: ${hora}                *"
echo "*****"
### Bajamos los datos en formato GRIB2 y los convertimos a GRIB1
cd ${ExpDir}
rm DatosTMP/GRIB*
php -q DescargaGFS.php
### REGRID/pregrid ###
cd ${ExpDir}/REGRID/pregrid
php -q prepara_pregrid_${hora}z.php
### REGRID/regridder ###
cd ${ExpDir}/REGRID/regridder
php -q prepara_regridder_${hora}z.php
### INTERPF ###
cd ${ExpDir}/INTERPF
php -q prepara_interpf_${hora}z.php
### MM5 ###
cd ${ExpDir}/MM5
php -q prepara_mm5_00z.php
### MM5toGrADS ###
cd ${ExpDir}/MM5toGrADS
php -q prepara_mm5tograds_00z.php
### Graficar ###
#cd ${ExpDir}/Graficas
#./graficas${hora}z.csh
### Borrado de archivos ###
cd ${ExpDir}/MM5OUTS/
rm MM5OUT_D1P?
cd ${ExpDir}/REGRID/pregrid
rm SST_FILE:* FILE:*
cd ${ExpDir}/REGRID/regridder
rm REGRID_DOMAIN?
cd ${ExpDir}/INTERPF
rm BDYOUT_DOMAIN? LOWBDY_DOMAIN? MMINPUT_DOMAIN?
```

Programa extraelluviawrfensamble.gs

Función: leer la lluvia generada con el modelo WRF en modo ensamble.

Lenguaje: GrADS.

```
nfiles = 6
f=1
while(f<=nfiles)
  result = read('files.txt')
  status = sublin(result,1)
  file   = sublin(result,2)
  'open 'file
  f=f+1
endwhile
tmax=29
latinc = 0.1351
loninc = 0.1351
latini = 13.00
latfin = 33.00
lonini = -118.00
lonfin = -87.00
fecha = substr(file,15,10)
enc = 'lat,lon,Ensamble Promedio,Kain-Fritsch [New ETA],Betts-Miller-
Janjic,Grell-Devenyi,Arakawa-Schubert Simplificado, Grell 3D,Kain-Fritsch
[anterior] '
*** Extraemos a 24, 48 y 72 horas hora local
files1.13 = 'wrf_'fecha'_24.csv'
files1.21 = 'wrf_'fecha'_48.csv'
files1.29 = 'wrf_'fecha'_72.csv'
i=13
while(i<=29)
  '!echo 'enc' > 'files1.i
  i=i+8
endwhile
t=13
tinc=8
while(t<=tmax)
  lat = latini
  while(lat<=latfin)
    lon = lonini
    while(lon<=lonfin)
      'set t 't
      'set lat 'lat
      'set lon 'lon
      'set gxout print'
      'set prnopts %6.2f'
      'p1 = (rainc.1(t='t')+rainnc.1(t='t'))-(rainc.1(t='t-
tinc')+rainnc.1(t='t-tinc')) '
      'p2 = (rainc.2(t='t')+rainnc.2(t='t'))-(rainc.2(t='t-
tinc')+rainnc.2(t='t-tinc')) '
    endwhile
  endwhile
endwhile
```

```

        'p3 = (rainc.3(t='t')+rainnc.3(t='t'))-(rainc.3(t='t-
tinc')+rainnc.3(t='t-tinc'))'
        'p4 = (rainc.4(t='t')+rainnc.4(t='t'))-(rainc.4(t='t-
tinc')+rainnc.4(t='t-tinc'))'
        'p5 = (rainc.5(t='t')+rainnc.5(t='t'))-(rainc.5(t='t-
tinc')+rainnc.5(t='t-tinc'))'
        'p6 = (rainc.6(t='t')+rainnc.6(t='t'))-(rainc.6(t='t-
tinc')+rainnc.6(t='t-tinc'))'
        'd p1'
        lin = sublin(result,2)
        p1 = subwrd(lin,1)
        'd p2'
        lin = sublin(result,2)
        p2 = subwrd(lin,1)
        'd p3'
        lin = sublin(result,2)
        p3 = subwrd(lin,1)
        'd p4'
        lin = sublin(result,2)
        p4 = subwrd(lin,1)
        'd p5'
        lin = sublin(result,2)
        p5 = subwrd(lin,1)
        'd p6'
        lin = sublin(result,2)
        p6 = subwrd(lin,1)
        'd (p1+p2+p3+p4+p5+p6)/6'
        lin = sublin(result,2)
        prom = subwrd(lin,1)
        '!echo 'lat','lon','prom','p1','p2','p3','p4','p5','p6' >>
'files1.t
        lon = lon + loninc
        endwhile
        lat = lat + latinc
        endwhile
        t = t+tinc
endwhile
'quit'

```

Programa GFSDownload.csh

Función: Descargar a través del programa GFSDownload.php las salidas del modelo GFS.

Lenguaje: Script de Shell.

```

#!/bin/csh
set Expdir = /home/modelos/BajaGFSnew
cd ${Expdir}
php -q GFSDownload.php

```

Programa GFSDownload.php

Función: Descargar diariamente los archivos con las salidas del modelo GFS.

Lenguaje: PHP.

```
<?php
$Machine = 'ftp.ncep.noaa.gov';
$Login   = 'anonymous';
$Password = 'inmeul7@yahoo.com';
$Date    = date("Ymd");
$Anho    = date("Y");
$Mes     = date("m");
$Dia     = date("d");
$Hora    = '00';
$DirHome = '/home/modelos/BajaGFSnew/';
$DirFtp  = '/pub/data/nccf/com/gfs/prod/gfs.'.$Date.$Hora.'/';
$DirFinal = '/data/GFSOuts/.'.$Date.$Hora.'/';
$DirWeb  = '/var/www/html/galileo2/GFSDATA';
system("rm $DirWeb/GRIB*");
system("cd $DirHome");
$ntiempos = 77;
for($i=0;$i<=$ntiempos;$i++){
    if($i<60){
        $val = $i*3;
    }else{
        $val = 180+((($i-60)*12);
    }
    if($i<4){
        $horas[$i]= "0".$val;
    }else{
        $horas[$i]= $val;
    }
    //echo "\n $i ".$horas[$i];
}
system("mkdir ".$DirFinal);
for($i=0;$i<=$ntiempos;$i++){
    $flog = "wget".$horas[$i].".log";
    $fold =
"ftp://" . $Machine . $DirFtp . "gfs.t00z.pgrbf".$horas[$i].".grib2";
    $fnew = "GRIB_" . $Anho . $Mes . $Dia . "_" . $Hora . "_" . $horas[$i];
    $comando = "wget -c -o Logs/$flog --proxy-user=$Login --proxy-
passwd=$Password $fold -O $fnew";
    echo "\nBajando archivo: ".$fnew;
    system("$comando");
    system("cp ".$fnew." ".$DirWeb);
    system("mv ".$fnew." ".$DirFinal);
}
?>
```

Programa GFSPProcess.php

Función: Extraer el pronóstico de lluvia de la salida del modelo GFS por cuenca hidrológica.

Lenguaje: PHP.

```
<?php
$Date      = date("Ymd");
$Anho      = date("Y");
$Mes       = date("m");
$Dia       = date("d");
$Hora      = '00';
$DirHome   = '/home/modelos/PronosticoCuencas';
$DirData   = '/data/GFSOuts/' . $Date . $Hora;
$DirTMP    = '/home/modelos/PronosticoCuencas/GFS';
$DirFinal  = '/var/www/html/galileo2/PronosticoCuencas/' . $Date;
system("cd $DirHome");
system("rm $DirTMP/GFS*");
$ntiempos = 77;
for($i=0;$i<=$ntiempos;$i++){
    if($i<60){
        $val = $i*3;
    }else{
        $val = 180+((($i-60)*12));
    }
    if($i<4){
        $horas[$i]= "0" . $val;
    }else{
        $horas[$i]= $val;
    }
}
// Generamos los archivos individuales en txt
for($i=1;$i<=$ntiempos;$i++){
    $fold = "GRIB_" . $Anho . $Mes . $Dia . "_" . $Hora . "_" . $horas[$i];
    $seudo="GFS" . $Date . $Hora . $horas[$i];
    $fnew = $seudo . ".dat";
    $fctl = $seudo . ".ctl";
    $ftxt = $Date . $horas[$i];
    system("cp $DirData/$fold ./fnew");
    system("g2ctl $fnew > $fctl");
    system("gribmap -i $fctl");
    system("echo $fctl > GFSFile.txt");
    system("echo $seudo >> GFSFile.txt");
    system("grads -lbc GFSPProcessGrADS.gs");
    system("mv $seudo* $DirTMP");
}
// Obtenemos la lluvia diaria por cuenca
//Para los primeros 7 dias
$diaini = 1;
$ndias = 7;
for($d=$diaini;$d<($diaini+$ndias);$d++){
```

```

$hfin = 3+($d*8);
$fs[1]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-7].".txt");
$fs[2]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-6].".txt");
$fs[3]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-5].".txt");
$fs[4]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-4].".txt");
$fs[5]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-3].".txt");
$fs[6]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-2].".txt");
$fs[7]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-1].".txt");
$fs[8]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin].".txt");
for($c=0;$c<160;$c++){
    $l1 = split(" ",$fs[1][$c]);
    $l2 = split(" ",$fs[2][$c]);
    $l3 = split(" ",$fs[3][$c]);
    $l4 = split(" ",$fs[4][$c]);
    $l5 = split(" ",$fs[5][$c]);
    $l6 = split(" ",$fs[6][$c]);
    $l7 = split(" ",$fs[7][$c]);
    $l8 = split(" ",$fs[8][$c]);
    $acu=$l1[1]+$l2[1]+$l3[1]+$l4[1]+$l5[1]+$l6[1]+$l7[1]+$l8[1];
    $cue=$l1[0];
    $cus[$c]=$cue;
    $dat[$c][$d]=$acu;
}
}
//Para los primeros siguientes 8 dias
$diaini= 8;
$ndias = 8;
for($d=$diaini;$d<($diaini+$ndias);$d++){
    $hfin = ($d*2)+46;
    $fs[1]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin].".txt");
    $fs[2]=file("GFS11u".$Date.$Hora.$horas[$hfin-1].".txt");
    for($c=0;$c<160;$c++){
        $l1 = split(" ",$fs[1][$c]);
        $l2 = split(" ",$fs[2][$c]);
        $acu=$l1[1]+$l2[1];
        $cue=$l1[0];
        $cus[$c]=$cue;
        $dat[$c][$d]=$acu;
    }
}
// Escritura
$Fecha = date("Ymd",mktime(0,0,0,$Mes,$Dia,$Anho));
$archivo = "GFS".$Fecha.".cue";
$fout = fopen($archivo,"w");
$diaini=1;
$diafin=15;
for($c=0;$c<160;$c++){
    fprintf($fout,"%04d",$cus[$c]);
    for($d=$diaini;$d<=$diafin;$d++){

```

```
        fprintf($fout,", %6.1f",$dat[$c][$d]);
    }
    fprintf($fout,"\n");
}
fclose($fout);
echo "Copiando a: $DirFinal";
system("cp GFS*.cue $DirFinal");
system("mv GFS*.cue $DirTMP");
system("rm GFSllu*.txt GFSFile.txt");
?>
```

Programa GFSProcessGrADS.gs

Función: Extraer el pronóstico de lluvia de la salida del modelo GFS por cuenca hidrológica.

Lenguaje: GrADS.

```
fconfig = 'GFSFile.txt'
result  = read(fconfig)
finput  = sublin(result,2)
result  = read(fconfig)
lin     = sublin(result,2)
fecha   = substr(lin,4,13)
say 'Archivo: 'finput
say 'Fecha: 'fecha
* Cargamos las cuencas
flistacuencas = 'lista_cuencas.csv'
n = 0
result = read(flistacuencas)
status = sublin(result,1)
lin    = sublin(result,2)
while(status=0 & strlen(lin)>0)
    n      = n + 1
    cuenca.n.1 = subwrd(lin,1)
    cuenca.n.2 = subwrd(lin,2)
    cuenca.n.3 = subwrd(lin,3)
    cuenca.n.4 = subwrd(lin,4)
    cuenca.n.5 = subwrd(lin,5)
    result = read(flistacuencas)
    status = sublin(result,1)
    lin    = sublin(result,2)
endwhile
fout = 'GFSllu'fecha'.txt'
'!rm 'fout
'open 'finput
c = 1
while(c<=n)
    'set lat 'cuenca.c.2' 'cuenca.c.3
    'set lon 'cuenca.c.4' 'cuenca.c.5
```

```
'set gxout print'
'set prnopts %6.2f'
'd
aave(APCPsfc,lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',lat='cuenca.c.3')'
prom = sublin(result,2)
'!echo 'cuenca.c.1' 'prom' >> 'fout
c = c + 1
endwhile
'quit'
```

Archivo lista_cuencas

Función: Listado de cuencas. Utilizado por los procesos para extraer lluvia por cuenca con los modelos GFS, MM5, NAM y WRF.

0001	31.570472	32.718968	-116.254038	-114.716782	cu	Bacanora-Mejorada
0002	31.338163	32.616251	-115.926092	-114.779914	cu	Lago Salado-Arroyo
0003	31.701581	32.605537	-117.127801	-115.798008	cu	Arroyo Tijuana-Arroyo
0004	31.699118	32.475920	-115.212535	-114.453829	cu	Rio Colorado
0005	30.518069	32.453336	-114.856521	-111.530586	cu	Desierto del Altar-
0006	30.699981	31.916934	-116.744896	-115.277661	cu	Arroyo Las Animas-
0010	29.095918	31.784897	-109.054221	-107.071996	cu	Rio Casas Grandes
0011	28.630478	31.777783	-107.864180	-106.430127	cu	Rio Santa Maria
0012	29.571786	31.776703	-106.654184	-104.434063	cu	Rio Bravo-Ciudad
0015	29.812379	31.490549	-112.964056	-110.341169	cu	Rio Concepcion-Arroyo
0016	28.903990	31.446401	-107.226508	-105.752039	cu	Rio del Carmen
0017	29.889237	31.394568	-115.487331	-114.524609	cu	Arroyo Agua Dulce-
0018	30.938900	31.339673	-111.109552	-109.883443	cu	Desierto del Altar-
0019	27.068029	31.334710	-110.630558	-107.018662	cu	Rio Yaqui
0022	28.054907	31.012085	-111.575408	-109.718559	cu	Rio Sonora
0024	28.856552	30.810070	-106.722913	-104.818680	cu	Arroyo El Carrizo y
0027	29.593515	30.788413	-116.050079	-114.701853	cu	Arroyo Escopeta-Canal
0029	28.854200	30.672681	-112.917322	-111.646808	cu	San Ignacio y otros
0033	28.412526	30.102196	-112.195768	-110.925926	cu	Rio Bacoachi
0036	28.332071	30.064306	-105.483284	-104.357568	cu	Rio Conchos-Ojinaga
0040	28.804450	29.964303	-114.656094	-113.536024	cu	Arroyo Camalajue y
0041	28.560704	29.913767	-115.420339	-113.559862	cu	Arroyo Santa
0042	28.932781	29.878095	-102.649029	-101.021275	cu	Rio Bravo-Presa de la
0044	27.908743	29.739458	-104.641937	-102.351767	cu	Rio Bravo-Ojinaga
0052	28.174758	29.399370	-101.800427	-100.440053	cu	Rio Bravo-Piedras
0061	27.797904	29.202005	-111.240453	-109.829190	cu	Rio Matape
0063	28.250671	29.173528	-104.998399	-104.094043	cu	Polvotillos-Arroyo El
0065	27.280454	29.120714	-106.509458	-104.990391	cu	Rio Conchos-Presa el
0078	26.047494	29.013706	-102.848837	-99.154190	cu	Rio Bravo-Sosa
0086	27.755650	28.996581	-113.604699	-112.758078	cu	Arroyo Sta. Isabel y
0089	27.980062	28.971049	-107.224872	-106.509458	cu	Lago Bustillo y de
0095	27.531506	28.897281	-106.943662	-105.279514	cu	Rio San Pedro

0100	27.224851	28.852458	-104.605410	-102.738097	cu Lago del Guaje-
0123	26.706329	28.669659	-115.083653	-112.956425	cu San Miguel-Arroyo del
0125	26.826631	28.612789	-100.996455	-99.264165	cu Rio Bravo-Nuevo Lared
0126	27.093193	28.477123	-105.244548	-103.722968	cu El Llano-Lago del Mil
0129	26.586322	28.421054	-109.949734	-107.885457	cu Rio Mayo
0146	25.890714	28.125117	-109.161887	-106.272553	cu Rio Fuerte
0149	26.067041	28.105766	-107.731130	-105.267644	cu Rio Florido
0173	26.646394	27.916764	-113.037340	-111.946239	cu Arroyo Paterna-Arroyo
0227	26.065097	27.733974	-106.107517	-104.561923	cu Rio Conchos-Presa de
0245	25.996773	27.623760	-103.799106	-102.605847	cu Lago del Rey
0255	26.230741	27.552557	-113.544274	-112.069768	cu Lago San Ignacio-Arro
0291	25.578768	27.374448	-105.193406	-103.663221	cu Arroyo La India-Lago
0318	25.699817	27.068390	-109.452023	-108.819184	cu Estero de Bacorehuis
0323	25.991862	26.897631	-112.016603	-111.343119	cu Arroyo Frijol-Arroyo
0325	25.989361	26.788884	-103.032621	-101.636981	cu Valle Hundido
0347	25.737897	26.654706	-112.480323	-111.506237	cu Arroyo Mezquital-Arro
0352	26.021628	26.643234	-100.179767	-98.886283	cu Presa Falcon-Rio Sala
0355	24.539338	26.598783	-104.487805	-102.912060	cu Rio Nazas-Torreon
0356	25.184425	26.585447	-108.548353	-106.693009	cu Rio Sinaloa
0358	23.962951	26.534845	-106.318304	-104.823056	cu Presa Lazaro Cardenas
0365	24.856112	26.397283	-101.732442	-98.696513	cu Rio Bravo-San Juan
0371	24.278141	26.298096	-103.104147	-101.447413	cu Lago de Mayran y Vies
0372	25.461874	26.261664	-98.891223	-97.142272	cu Rio Bravo-Matamoros-R
0374	24.066177	26.127339	-111.524242	-110.445269	cu Isla Coronados-Bahia
0377	25.271164	26.088630	-109.353327	-108.440123	cu Bahia Lechuguilla-Ohu
0379	24.270147	26.067041	-107.992578	-105.841278	cu Rio Culiacan
0382	24.244649	26.019928	-112.189548	-110.764005	cu Arroyo Venancio-Arro
0383	25.932838	25.940340	-109.447778	-109.444236	cu Isla
0392	24.645985	25.790020	-108.389068	-107.505148	cu Rio Mocorito
0394	24.354915	25.752172	-100.234620	-97.643577	cu Rio San Fernando
0398	24.124021	25.737468	-104.974774	-103.615348	cu Rio Nazas-Rodeo
0420	24.802468	25.625746	-98.455792	-97.299691	cu Laguna Madre
0426	22.669690	25.574982	-103.797734	-102.630791	cu Rio Aguanaval
0460	23.620072	25.421941	-100.997991	-99.897484	cu San Pablo y otras
0508	23.746768	25.210589	-101.680040	-100.723539	cu Sierra de Rodriguez
0516	21.681879	25.179372	-105.485364	-103.404240	cu Rio San Pedro
0527	23.851424	25.113795	-107.445898	-105.424234	cu Rio San Lorenzo
0576	22.871027	24.941604	-111.279218	-109.834695	cu Arroyo Caracol-Arroyo
0595	23.583564	24.887460	-102.825196	-101.401474	cu Camacho-Grunidora
0615	23.789311	24.852067	-98.455476	-97.696354	cu Laguna Madre
0648	23.135146	24.727597	-101.468581	-100.361876	cu Matehuala
0651	23.228413	24.661906	-100.019001	-97.734776	cu Soto La Marina
0667	23.287602	24.520050	-106.901540	-105.334531	cu Rio Piaxtla-Rio Elot
0740	22.890260	24.356201	-110.522811	-109.411899	cu La Paz-Cabo San Lucas
0750	22.568088	24.243986	-102.983993	-101.649361	cu Fresnillos-Yesca
0755	22.843109	24.201179	-106.477704	-104.974194	cu Rio Presidio
0771	22.179866	23.961234	-99.854114	-97.824688	cu Rio Tamesi
0772	22.012729	23.903518	-100.474539	-99.498339	cu La Tula
0773	21.717175	23.891351	-106.006341	-104.831753	cu Rio Acaponeta

0774	22.276047	23.771699	-98.432619	-97.734211	cu	Lago de San Andres-La
0775	22.799365	23.748155	-106.039530	-105.321385	cu	Rio Baluarte
0776	21.809186	23.695954	-102.205516	-100.996341	cu	Presa San Jose-Los Pi
0777	21.391383	23.430078	-104.884920	-103.512663	cu	Rio Huaynamota
0778	21.948567	23.358069	-101.414984	-100.254489	cu	San Luis Potosi
0787	21.164474	23.088447	-104.047401	-102.774120	cu	Rio Bolanos
0788	21.072522	22.962506	-101.366347	-98.531588	cu	Rio Tamuin
0789	20.923520	22.763841	-103.457556	-102.443353	cu	Rio Juchipila
0790	20.698178	22.727163	-103.237910	-101.281537	cu	Rio Verde Grande
0803	21.101709	22.286071	-98.729286	-97.765048	cu	Rio Panuco
0804	20.958621	22.185164	-97.940376	-97.310139	cu	Laguna de Tamiahua
0805	20.803829	22.046193	-105.465335	-103.889681	cu	Santiago-Aguamilpa
0806	19.040438	21.947609	-100.404337	-98.020974	cu	Rio Moctezuma
0813	20.709853	21.795815	-105.538883	-104.709291	cu	Rio Huicicila-San Bl
0822	19.625876	21.626775	-90.504167	-87.488957	cu	Yucatan
0824	19.937495	21.605821	-88.894649	-86.741068	cu	Quintana Roo
0832	20.239066	21.551514	-101.477335	-100.079673	cu	Rio Laja
0865	20.302377	21.462988	-104.138432	-102.129295	cu	Rio Santiago Guadala
0897	19.910660	21.306392	-102.296652	-100.417829	cu	Rio Lerma-Salamanca
0899	20.304892	21.283430	-98.536367	-97.290654	cu	Rio Tuxpan
0900	20.065850	21.276410	-104.747804	-103.880227	cu	Rio Ameca-Atenguillo
0904	20.102350	21.167295	-105.341767	-104.551698	cu	Rio Ameca-Ixtapa
0911	20.113661	20.930412	-98.294074	-96.990603	cu	Rio Cazonas
0913	20.237236	20.787570	-104.070674	-103.520285	cu	La Vega-Cocula
0914	19.616801	20.734930	-102.730386	-101.350211	cu	Rio Lerma-Chapala
0916	20.298232	20.710747	-105.692868	-104.946202	cu	Rio Cuale-Pitillal
0922	19.562958	20.625411	-103.757870	-102.443913	cu	Lago Chapala
0928	19.460248	20.474429	-98.265959	-96.911648	cu	Rio Tecolutla
0929	19.670246	20.454608	-105.693864	-104.834611	cu	Rio Tomatlan-Tecuan
0930	18.830525	20.451706	-104.614282	-103.588002	cu	Rio Armeria
0932	19.488645	20.367449	-97.406694	-96.406183	cu	Rio Nautla y otros
0934	19.422155	20.339946	-101.886086	-100.542955	cu	Lago de Patzcuaro-Cui
0941	19.070991	20.261413	-100.650075	-99.308609	cu	Rio Lerma-Toluca
0942	19.369183	20.241460	-105.247637	-104.533630	cu	Rio San Nicolas-Cuitz
0947	17.952216	20.130554	-89.655253	-87.460880	cu	Cuencas Cerradas-B
0949	18.698486	19.991587	-103.281437	-102.110196	cu	Rio Tepalcatepec
0950	18.590622	19.987859	-103.927637	-102.937084	cu	Rio Coahuayana
0951	18.568611	19.969686	-91.498384	-89.370186	cu	Rio Champoton y otros
0952	17.811364	19.950533	-89.658843	-87.410761	cu	Bahia de Chetumal y
0953	18.845470	19.858448	-105.032305	-103.929982	cu	Rio Chacala-Purifica
0954	18.297099	19.822646	-101.156007	-99.726445	cu	Rio Cutzamala
0956	18.535508	19.759762	-102.562309	-101.462781	cu	Rio Tepalcatepec-Infi
0957	18.744376	19.745292	-97.267106	-95.917482	cu	Rio Jamapa y otros
0961	17.027985	19.699893	-98.941986	-97.152295	cu	Rio Atoyac-A
1007	18.506965	19.564124	-101.651265	-100.845896	cu	Rio Tacambaro
1013	17.810024	19.531331	-90.616871	-89.292767	cu	Cuencas Cerradas-A
1042	17.882686	19.214214	-99.913125	-98.616949	cu	Rio Grande de Amacuz
1062	16.922861	19.036730	-97.775045	-94.629731	cu	Rio Papaloapan
1065	18.092170	18.969406	-103.695227	-102.807139	cu	Rio Cachan o Cualcom

1069	17.528429	18.940711	-101.359700	-99.664193	cu	Rio Balsas-Zirandalo
1073	17.913484	18.899197	-102.306022	-101.094766	cu	Rio Balsas-Infierni
1074	17.712982	18.897140	-92.443545	-89.771572	cu	Laguna de Terminos
1111	17.920017	18.770482	-103.010909	-102.199292	cu	Rio Nexpe y otros
1151	17.402934	18.738943	-100.375933	-98.681319	cu	Rio Balsas-Mezcala
1190	16.586798	18.658012	-92.683976	-90.661099	cu	Rio Chixoy
1202	16.750496	18.598252	-93.637040	-91.709774	cu	Rio Grijalva-Villa He
1243	17.225939	18.440347	-94.354815	-93.204705	cu	Rio Tonalá y Lagunas
1266	16.633241	18.367555	-95.748660	-93.712232	cu	Rio Coatzacoalcos
1280	17.491004	18.141102	-102.125346	-101.168649	cu	Rio Ixtapa y otros
1285	17.126338	18.073382	-98.890029	-98.178717	cu	Rio Tlapaneco
1292	17.135704	17.919513	-101.396837	-100.618967	cu	Rio Coyuquilla y ot
1296	16.683980	17.660380	-100.797889	-99.604123	cu	Rio Atoyac y otros
1298	16.684773	17.616992	-100.079515	-98.593080	cu	Rio Papagayo
1299	15.976847	17.616248	-98.054720	-96.272066	cu	Rio Atoyac-B
1303	16.353324	17.284788	-98.726262	-97.799135	cu	Rio Omotepec o Grande
1304	15.956624	17.233594	-94.247920	-92.519158	cu	Rio Grijalva-Tuxtla G
1305	16.066403	17.144292	-92.600907	-90.556896	cu	Rio Lacantun
1306	16.496196	17.097385	-99.584120	-98.575514	cu	Rio Nexpa y otros
1307	16.130682	17.015889	-96.639766	-95.129240	cu	Rio Tehuantepec
1308	16.181923	16.873000	-95.521562	-94.182566	cu	Laguna Superior e In
1310	15.286360	16.652689	-93.432988	-91.730403	cu	Rio Grijalva-Concor
1311	16.073109	16.593763	-90.736585	-90.377282	cu	Rio Chixoy
1313	15.926098	16.559882	-94.477816	-93.592735	cu	Mar Muerto
1326	15.807257	16.319439	-96.141251	-95.175690	cu	Rio Astata y otros
1331	15.796225	16.241178	-97.769796	-96.498717	cu	Rio Colotepec y otros
1333	15.656583	16.229076	-96.969676	-96.012026	cu	Rio Copalita y otros
1365	15.370951	16.097029	-93.795583	-92.942649	cu	Rio Pijijiapan y otr
1490	14.922349	15.680615	-93.079774	-92.190204	cu	Rio Huixtla y otros
1677	14.537673	15.250565	-92.634178	-92.073313	cu	Rio Suchiate y otros

Archivo MM5Process.php

Función: Extraer el pronóstico de lluvia de la salida del modelo MM5 por cuenca hidrológica.

Lenguaje: PHP.

```
<?php
$Date      = date("Ymd");
$Anho     = date("Y");
$Mes      = date("m");
$Dia      = date("d");
$Hora     = '00';
$DirHome  = '/home/modelos/PronosticoCuencas';
$DirData  = '/data/MM5Outs/' . $Date;
$DirTMP   = $DirHome . '/MM5';
$DirFinal = '/var/www/html/galileo2/PronosticoCuencas/' . $Date;
system("cd $DirHome");
system("rm $DirTMP/MM5*");
system("cp $DirData/MM5OUT_D1P2.gz ./MM5/MM5OUT_D1P2.gz");
```

```
system("cp $DirData/MM5OUT_D1P3.gz ./MM5/MM5OUT_D1P3.gz");
system("cp $DirData/MM5OUT_D1P6.gz ./MM5/MM5OUT_D1P6.gz");
system("cp $DirData/MM5OUT_D1P7.gz ./MM5/MM5OUT_D1P7.gz");
system("cp $DirData/MM5OUT_D1P8.gz ./MM5/MM5OUT_D1P8.gz");
system("gunzip ./MM5/MM5OUT_D1P*.gz");
// Correr modulo MM5toGrADS
system("./MM5toGrADS/corre_mm5tograds.csh");
system("echo MM5$Date > MM5File.txt");
system("grads -lbc MM5ProcessGrADS.gs");
// Escritura del archivo de datos
// Leemos el se salida del gs y lo pasamos al formato con php
$Fecha = date("Ymd",mktime(0,0,0,$Mes,$Dia,$Anho));
$in = "MM5llu".$Fecha.".txt";
$out = "MM5".$Fecha.".cue";
$fin = file($in);
$fout = fopen($out,"w");
$nlin = 0;
$diafin = 7;
for($d=0;$d<$diafin;$d++){
    for($c=0;$c<160;$c++){
        $lin = $fin[$nlin++];
        $vars = split(' ', $lin);
        $datos[$d][$c][0] = $vars[1];
// ID cuenca
        $datos[$d][$c][1] = ($vars[2]+$vars[3]+$vars[4]+$vars[5]+$vars[6])/5; //
Ensamble
        $datos[$d][$c][2] = $vars[2];
// P1
        $datos[$d][$c][3] = $vars[3];
// P2
        $datos[$d][$c][4] = $vars[4];
// P3
        $datos[$d][$c][5] = $vars[5];
// P4
        $datos[$d][$c][6] = $vars[6];
// P5
    }
}
// Escribimos al nuevo archivo
// Primero los 7 dias del ensamble
// Despues los 7 dias de la parametrizacion 1
// y asi sucesivamente hasta las 6 parametrizaciones
for($c=0;$c<160;$c++){
    fprintf($fout,"%04d",$datos[0][$c][0]);
    for($p=1;$p<=6;$p++){
        for($d=0;$d<$diafin;$d++){
            fprintf($fout," %6.1f",$datos[$d][$c][$p]);
        }
    }
}
```

```
fprintf($fout, "\n");  
}  
system("cp MM5*.cue $DirFinal");  
system("mv MM5*.cue $DirTMP");  
system("rm MM5llu*.txt MM5File.txt MM5OUT*");  
?>
```

Archivo MM5ProcessGrADS.gs

Función: Extraer el pronóstico de lluvia de la salida del modelo MM5 por cuenca hidrológica.

Lenguaje: GrADS.

```
fconfig = 'MM5File.txt'  
result = read(fconfig)  
lin     = sublin(result,2)  
model  = substr(lin,1,3)  
fecha  = substr(lin,4,13)  
say 'Modelo: 'model  
say 'Fecha: 'fecha  
* Cargamos las cuencas  
flistacuencas = 'lista_cuencas.csv'  
n = 0  
result = read(flistacuencas)  
status = sublin(result,1)  
lin     = sublin(result,2)  
while(status=0 & strlen(lin)>0)  
n       = n + 1  
cuenca.n.1 = subwrđ(lin,1)  
cuenca.n.2 = subwrđ(lin,2)  
cuenca.n.3 = subwrđ(lin,3)  
cuenca.n.4 = subwrđ(lin,4)  
cuenca.n.5 = subwrđ(lin,5)  
result = read(flistacuencas)  
status = sublin(result,1)  
lin     = sublin(result,2)  
endwhile  
fout = model'llu'fecha'.txt'  
'!rm 'fout  
'open MM5OUT_D1P2.ctl'  
'open MM5OUT_D1P3.ctl'  
'open MM5OUT_D1P6.ctl'  
'open MM5OUT_D1P7.ctl'  
'open MM5OUT_D1P8.ctl'  
ndias = 7  
d = 1  
while(d<=ndias)  
    dant = 6  
    dact = 14  
    c = 1
```

```

while(c<=n)
  'set lat 'cuenca.c.2' 'cuenca.c.3
  'set lon 'cuenca.c.4' 'cuenca.c.5
  'set gxout print'
  'set prnopts %7.2f'
  'd
(aave(rc.1(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.1(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))-
(aave(rc.1(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.1(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))'
  P1 = sublin(result,2)
  'd
(aave(rc.2(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.2(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))-
(aave(rc.2(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.2(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))'
  P2 = sublin(result,2)
  'd
(aave(rc.3(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.3(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))-
(aave(rc.3(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.3(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))'
  P3 = sublin(result,2)
  'd
(aave(rc.4(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.4(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))-
(aave(rc.4(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.4(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))'
  P4 = sublin(result,2)
  'd
(aave(rc.5(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.5(t='dact'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la

```

```
t='cuenca.c.3'))-
(aave(rc.5(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',l
at='cuenca.c.3') +
aave(rn.5(t='dant'),lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2',la
t='cuenca.c.3'))'
    P5 = sublin(result,2)
    '!echo 'd' 'cuenca.c.1' 'P1' 'P2' 'P3' 'P4' 'P5' >> 'fout
    c = c + 1
endwhile
dant = dant + 8
dact = dact + 8
d = d + 1
endwhile
'quit'
```

Archivo NAMProcess.php

Función: Extraer el pronóstico de lluvia de la salida del modelo NAM por cuenca hidrológica.

Lenguaje: PHP.

```
<?php
$Date      = date("Ymd");
$Anho      = date("Y");
$Mes       = date("m");
$Dia       = date("d");
$Hora      = '00';
$Date2     = $Anho."-".$Mes."-".$Dia."_".$Hora;
$DirHome   = '/home/modelos/PronosticoCuencas';
$DirData   = '/data/NAMOuts/' . $Date.$Hora;
$DirTMP    = $DirHome.'/NAM';
$DirFinal  = '/var/www/html/galileo2/PronosticoCuencas/' . $Date;
system("cd $DirHome");
system("rm $DirTMP/NAM*");
$horas =
array("00","03","06","09","12","15","18","21","24","27","30","33","36","3
9","42","45","48","51","54","57","60","63","66","69","72","75","78","81",
"84");
$nhoras = 29;
$f = fopen("agregar_negativo_longitud.sed","w+");
fwrite($f,"s/148.640594/-148.640594/\n");
fwrite($f,"s/1mo/6hr/\n");
fclose($f);
for($i=2;$i<$nhoras;$i++){
    $fnew = "NAM_" . $Anho . "-" . $Mes . "-" . $Dia . "_00_" . $horas[$i];
    $fctl = $Date.$horas[$i].".ctl";
    system("cp $DirData/$fnew ./");
    system("g2ctl $fnew > $fctl");
    $ctltmp = $Date.$horas[2].".ctl";
    system("cat $ctltmp | grep tdef > fechactl.tmp");
```

```
system("sed -f agregar_negativo_longitud.sed $fctl > tmp.ctl && mv
tmp.ctl $fctl");
system("gribmap -i $fctl");
//Cambiamos linea de fecha
system("head -10 $fctl > fctl.tmp");
system("head -1 fechactl.tmp >> fctl.tmp");
system("tail -309 $fctl >> fctl.tmp");
system("mv fctl.tmp $fctl");
}
$fgs = "NAMProcessGrADS.gs";
echo "Generando: $fgs \n";
$arc = fopen("$fgs","w");
fwrite($arc,"\n***** grafica.gs *****");
fwrite($arc,"\nmodel= 'NAM'");
fwrite($arc,"\nfecha= '20120123'");
fwrite($arc,"\nt = 6");
fwrite($arc,"\ntmax = 84");
fwrite($arc,"\ninc = 3");
fwrite($arc,"\nwhile(t<=tmax)");
fwrite($arc,"\n if(t<10)");
fwrite($arc,"\n ctl = fecha%'0'%t%'.ctl'");
fwrite($arc,"\n else");
fwrite($arc,"\n ctl = fecha%t%'.ctl'");
fwrite($arc,"\n endif");
fwrite($arc,"\n 'open 'ctl'");
fwrite($arc,"\n say 'Abriendo: 'ctl'");
fwrite($arc,"\n t = t + inc");
fwrite($arc,"\nendwhile");
fwrite($arc,"\n");
fwrite($arc,"\n* Cargamos las cuencas");
fwrite($arc,"\nflistacuencas = 'lista_cuencas.csv'");
fwrite($arc,"\nn = 0");
fwrite($arc,"\nresult = read(flistacuencas)");
fwrite($arc,"\nstatus = sublin(result,1)");
fwrite($arc,"\nlin = sublin(result,2)");
fwrite($arc,"\nwhile(status=0 & strlen(lin)>0)");
fwrite($arc,"\n n = n + 1");
fwrite($arc,"\n cuenca.n.1 = subwrđ(lin,1)");
fwrite($arc,"\n cuenca.n.2 = subwrđ(lin,2)");
fwrite($arc,"\n cuenca.n.3 = subwrđ(lin,3)");
fwrite($arc,"\n cuenca.n.4 = subwrđ(lin,4)");
fwrite($arc,"\n cuenca.n.5 = subwrđ(lin,5)");
fwrite($arc,"\n result = read(flistacuencas)");
fwrite($arc,"\n status = sublin(result,1)");
fwrite($arc,"\n lin = sublin(result,2)");
fwrite($arc,"\nendwhile");
fwrite($arc,"\n");
fwrite($arc,"\nfout = model%fecha%'.cue'");
fwrite($arc,"\n!rm 'fout");
```

```
fwrite($arc, "\nndias = 3");
fwrite($arc, "\nc = 1");
fwrite($arc, "\nwhile(c<=n)");
fwrite($arc, "\n  'set lat 'cuenca.c.2' 'cuenca.c.3'");
fwrite($arc, "\n  'set lon 'cuenca.c.4' 'cuenca.c.5'");
fwrite($arc, "\n    d = 1");
fwrite($arc, "\n    file = 7");
fwrite($arc, "\n    while(d<=ndias)");
fwrite($arc, "\n      'set gxout print'");
fwrite($arc, "\n      'set prnopts %7.2f'");
fwrite($arc, "\n");
fwrite($arc, "\n  'd
(aave(APCPsfc.'%file%',lon='cuenca.c.4',lon='cuenca.c.5',lat='cuenca.c.2'
,lat='cuenca.c.3')+aave(APCPsfc.'%(file+4)%',lon='cuenca.c.4',lon='cuenca
.c.5',lat='cuenca.c.2',lat='cuenca.c.3'))'");
fwrite($arc, "\n    P.d = sublin(result,3)");
fwrite($arc, "\n");
fwrite($arc, "\n    file = file + 8");
fwrite($arc, "\n    d = d + 1");
fwrite($arc, "\n  endwhile");
fwrite($arc, "\n  '!echo 'd' 'cuenca.c.1' 'P.1' 'P.2' 'P.3' >> 'fout'");
fwrite($arc, "\n  c = c + 1");
fwrite($arc, "\n  endwhile");
fwrite($arc, "\n");
fwrite($arc, "\n'quit'");
system("grads -lbc NAMProcessGrADS.gs");
system("cp NAM*.cue $DirFinal");
system("mv NAM*.cue $DirTMP");
system("rm NAM_". $Date2. "*" ". $Date." "??ctl");
?>
```

Programa NAMDownload.csh

Función: Descargar las salidas del modelo NAM apoyado del programa NAMDownload.php.

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/csh
cd /home/modelos/BajaNAMnew
php -q NAMDownload.php
```

Programa NAMDownload.php

Función: Descargar las salidas del modelo NAM.

Lenguaje: Script de Shell.

```
<?php
$Machine = 'ftp.ncep.noaa.gov';
$Login = 'anonymous';
México, 2011
```

```
$Password = 'inmeul7@yahoo.com';
$Date      = date("Ymd");
$Anho      = date("Y");
$Mes       = date("m");
$Dia       = date("d");
$Hora      = '00';
$DirHome   = '/home/modelos/nam';
$DirFtp    = '/pub/data/nccf/com/nam/prod/nam.'.$Date.'/';
$DirFinal  = '/data/NAMOuts/'.$Date.$Hora.'/';
system("cd $DirHome");
$horas =
array("00","03","06","09","12","15","18","21","24","27","30","33","36","39",
"42","45","48","51","54","57","60","63","66","69","72","75","78","81",
"84");
$nhoras = 29;
system("mkdir $DirFinal");
for($i=2;$i<$nhoras;$i+=2){
    $flog = "wget".$horas[$i].".log";
    $fold =
"ftp://"$.Machine.$DirFtp."nam.t".$Hora."z.awip32".$horas[$i].".tm00.grib
2";
    $fnew = "NAM_".$Anho."-".$Mes."-".$Dia."_".$Hora."_".$horas[$i];
    $comando = "wget -c -o Logs/$flog --proxy-user=$Login --proxy-
passwd=$Password $fold -O $fnew";
    system("$comando");
    system("mv $fnew $DirFinal");
}
?>
```

Programa PronosticoCuencas.csh

Función: Invocar los programas que generan el pronóstico de lluvia por cuenca hidrológica.

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/csh
set Fecha      = `date +%Y%m%d`
set DirHome    = /home/modelos/PronosticoCuencas
set DirFinal   = /var/www/html/galileo2/PronosticoCuencas/${Fecha}
cd ${DirHome}
mkdir -p ${DirFinal}
php -q GFSPProcess.php
php -q MM5Process.php
php -q NAMprocess.php
php -q WRFprocess.php
```

Programa WRF7DiasDownload.csh

Función: Descargar los productos graficos del modelo WRF a 7 dias (auxiliado del programa WRF7DiasDownload.php).

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/csh
cd /home/modelos/BajaWRF7Diasnew
php -q WRF7DiasDownload.php
```

Programa WRF7DiasDownload.php

Función: Descargar los productos graficos del modelo WRF a 7 dias.

Lenguaje: PHP.

```
<?php
$Machine = '172.16.19.130';
$Login = 'anonymous';
$Password = 'inmeul7@yahoo.com';
$Date = date("Ymd");
$Anho = date("Y");
$Mes = date("m");
$Dia = date("d");
$Hora = '00';
$DirHome = '/home/modelos/BajaWRF7Dias';
$DirFtp = '/IMAGENES/WRF_FCST/';
$DirFinal = '/data/WRFouts/' . $Date;
system("cd $DirHome");
$files =
array("wrf_cumulus01","wrf_cumulus02","wrf_cumulus03","wrf_cumulus04","wrf_cumulus05","wrf_cumulus99","xdwrf_cumulus03");
$nfiles = 7;
system("mkdir $DirFinal");
for($i=0;$i<$nfiles;$i++){
// Primero descargamos el ctl y después del dat
$flog = $files[$i].".ctl.log";
$fnew = $files[$i]."_".$Date."00.ctl";
$fold = "http://".$Machine.$DirFtp.$fnew;
$comando = "wget -c -o Logs/$flog $fold -O $fnew";
echo "$comando";
system("$comando");
system("mv $fnew $DirFinal");
$flog = $files[$i].".dat.log";
$fnew = $files[$i]."_".$Date."00.dat";
$fold = "http://".$Machine.$DirFtp.$fnew;
$comando = "wget -c -o Logs/$flog $fold -O $fnew";
echo "$comando";
system("$comando");
system("mv $fnew $DirFinal");
}??>
```

Programa WRFEnsamble.csh

Función: Descargar los productos graficos del modelo WRF en modo ensamble.

Lenguaje: Script de Shell.

```
#!/bin/csh
set Fecha = `date +%Y%m%d`
set DirHome = /home/modelos/WRFEnsamblenew
set DirWeb = /var/www/html/galileo2/WRFEnsambleGifs/${Fecha}
set DirCSV = ${DirHome}/CSV
cd ${DirHome}
php -q WRFEnsamble.php
grads -lbc extraelluviawrfensamble.gs
mkdir -p CSV/${Fecha}
mkdir -p ${DirWeb}
cp wrf*${Fecha}*.csv ${DirWeb}
mv wrf*${Fecha}*.csv CSV/${Fecha}
rm *.ctl *.dat
```

Programa WRFEnsamble.php

Funcion: Descargar los productos graficos del modelo WRF en modo ensamble.

Lenguaje: PHP.

```
<?php
$Date = date("Ymd");
$Anho = date("Y");
$Mes = date("m");
$Dia = date("d");
$Hora = '00';
$DirHome = '/home/modelos/WRFEnsamblenew';
$DirData = '/data/WRFOuts/' . $Date;
$DirWeb = '/var/www/html/galileo2/WRFEnsambleGifs';
system("cd $DirHome");
$para =
array("wrf_cumulus01", "wrf_cumulus02", "wrf_cumulus03", "wrf_cumulus04", "wrf_
cumulus05", "wrf_cumulus99");
$npara = 6;
system("rm files.txt");
for($i=0;$i<$npara;$i++){
    echo "cp $DirData/". $para[$i]. "*" . "/";
    system("cp $DirData/". $para[$i]. "*" . "/");
    system("echo ". $para[$i]. "_". $Date. "00.ctl >> files.txt");
}
?>
```

Anexo G. Programas para la generación de mapas de contornos

Programa griseslluvia24.gs

Función: Realizar las gráficas de lluvia en escala de grises a nivel nacional.

Lenguaje: GrADS.

```
function extraee(arg)
feccha=subwrd(arg,1)
'open /datos/NAM_FCST/'feccha'/nam.t00z.awip3206.tm00.grib2.ctl'
'set grads off'
'set lon -118 -74'
'set lat 12 35'
'set gxout shaded'
'grises_barra_lluvia'
'set mpdset hires'
'set t 3'
'q dims'
res=sublin(result,5)
var1=subwrd(res,6)
hora=substr(var1,1,2)
dia=substr(var1,4,2)
mes=substr(var1,6,3)
ano=substr(var1,9,4)
while (mes=JAN)
mes=ENE
endwhile
while (mes=MAR)
mes=MARZO
endwhile
while (mes=APR)
mes=ABR
endwhile
while (mes=AUG)
mes=AGOSTO
endwhile
while (mes=DEC)
mes=DIC
endwhile
'd
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'
'cbar'
'set t 7'
'q dims'
res=sublin(result,5)
```

```
var1=subwrd(res,6)
hora2=substr(var1,1,2)
dia2=substr(var1,4,2)
mes2=substr(var1,6,3)
ano2=substr(var1,9,4)
while (mes=JAN)
mes2=ENE
endwhile
while (mes=MAR)
mes2=MARZO
endwhile
while (mes=APR)
mes2=ABR
endwhile
while (mes=AUG)
mes2=AGOSTO
endwhile
while (mes=DEC)
mes2=DIC
endwhile
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'
'set line 1'
'set strsiz 0.10'
'set string 1'
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'
'set mpdset mexres'
'draw map'
'printim lluvia24g.gif white'
'c'
'set mpdset hires'
'grises_barra_lluvia1'
'd
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'
'cbar'
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'
```

```
'set line 1'  
'set strsiz 0.10'  
'set string 1'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim lluvia24a.gif white'  
'c'  
'set mpdset hires'  
'grises_barra_lluvia2'  
'd  
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'  
'cbar'  
'set strsiz 0.2'  
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'  
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a  
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'  
'set line 1 2 2'  
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'  
'set line 1'  
'set strsiz 0.10'  
'set string 1'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim lluvia24b.gif white'  
'c'  
'set mpdset hires'  
'grises_barra_lluvia3'  
'd  
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'  
'cbar'  
'set strsiz 0.2'  
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'  
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a  
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'  
'set line 1 2 2'  
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'  
'set line 1'  
'set strsiz 0.10'  
'set string 1'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim lluvia24c.gif white'
```

```
'c'
'set mpdset hires'
'grises_barra_lluvia4'
'd
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'
'cbar'
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'
'set line 1'
'set strsiz 0.10'
'set string 1'
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'
'set mpdset mexres'
'draw map'
'printim lluvia24d.gif white'
'c'
'set mpdset hires'
'grises_barra_lluvia5'
'd
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'
'cbar'
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'
'set line 1'
'set strsiz 0.10'
'set string 1'
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'
'set mpdset mexres'
'draw map'
'printim lluvia24e.gif white'
'c'
'set mpdset hires'
'set clevs 0.5 5 20 70 150'
'set ccols 0 11 13 7 8 2'
'd
(ACPCPsfc(t='5')+NCPCPsfc(t='5')+ACPCPsfc(t='7')+NCPCPsfc(t='7'))'
'cbar'
```

```
'set strsiz 0.2'  
'draw string 5.4 8.26 Lluvia acumulada mm.'  
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a  
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'.'  
'set line 1 2 2'  
'draw string 5.4 7.7 Modelo NAM a 32 km'  
'set line 1'  
'set strsiz 0.10'  
'set string 1'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim lluvia24.gif white'  
quit  
*para 48 y 72 solo cambias la sentencia de selección de paso de  
tiempo así como los títulos de la gráfica y nombre.
```

Programa DesS_Pro_Lluvia_WRF.gs

Función: Generar las gráficas de lluvia comparando el promedio con las diferentes parametrizaciones del modelo WRF y la desviación estándar de las mismas.

Lenguaje: GrADS.

```
function ejecu (arg)  
file1=subwrd(arg,1)  
file2=subwrd(arg,2)  
file3=subwrd(arg,3)  
file4=subwrd(arg,4)  
file5=subwrd(arg,5)  
file6=subwrd(arg,6)  
prono=subwrd(arg,7)  
*cuando es 24 horas  
if (prono=24)  
t2=5  
t3=13  
endif  
*cuando es 48 horas  
if (prono=48)  
t2=13  
t3=21  
endif  
*cuando es 72 horas  
if (prono=72)  
t2=21  
t3=29  
endif  
'open 'file1
```

```
'open 'file2
'open 'file3
'open 'file4
'open 'file5
'open 'file6
'set t 't2
'q dims'
res1=sublin(result,5)
var1=subwrd(res1,6)
hora=substr(var1,1,2)
dia=substr(var1,4,2)
mes=substr(var1,6,3)
ano=substr(var1,9,4)
'set t 't3
'q dims'
res2=sublin(result,5)
var2=subwrd(res2,6)
hora2=substr(var2,1,2)
dia2=substr(var2,4,2)
mes2=substr(var2,6,3)
ano2=substr(var2,9,4)
if (mes=JAN)
mes=ENERO
endif
if (mes=FEB)
mes=FEBRERO
endif
if (mes=MAR)
mes=MARZO
endif
if (mes=APR)
mes=ABRIL
endif
if (mes=MAY)
mes=MAYO
endif
if (mes=JUN)
mes=JUNIO
endif
if (mes=JUL)
mes=JULIO
endif
if (mes=AUG)
mes=AGOSTO
endif
if (mes=SEP)
mes=SEPTIEMBRE
endif
if (mes=OCT)
```

```
mes=OCTUBRE
endif
if (mes=NOV)
mes=NOVIEMBRE
endif
if (mes=DEC)
mes=DICIEMBRE
endif
*mes para 2
if (mes2=JAN)
mes2=ENERO
endif
if (mes2=FEB)
mes2=FEBRERO
endif
if (mes2=MAR)
mes2=MARZO
endif
if (mes2=APR)
mes2=ABRIL
endif
if (mes2=MAY)
mes2=MAYO
endif
if (mes2=JUN)
mes2=JUNIO
endif
if (mes2=JUL)
mes2=JULIO
endif
if (mes2=AUG)
mes2=AGOSTO
endif
if (mes2=SEP)
mes2=SEPTIEMBRE
endif
if (mes2=OCT)
mes2=OCTUBRE
endif
if (mes2=NOV)
mes2=NOVIEMBRE
endif
if (mes2=DEC)
mes2=DICIEMBRE
endif
*
'set grads off'
*'set lon -120.5 -75.5'
*'set lat 7.5 35'
```

```
'set lon -118 -74'
'set lat 12 35'
'set gxout shaded'
'lluvia_barra'
'set mpdset lowres'
'define cum1 = (rainc.1(t='t3')+rainnc.1(t='t3')-rainc.1(t='t2')-
rainnc.1(t='t2'))'
'define cum2 = (rainc.2(t='t3')+rainnc.2(t='t3')-rainc.2(t='t2')-
rainnc.2(t='t2'))'
'define cum3 = (rainc.3(t='t3')+rainnc.3(t='t3')-rainc.3(t='t2')-
rainnc.3(t='t2'))'
'define cum4 = (rainc.4(t='t3')+rainnc.4(t='t3')-rainc.4(t='t2')-
rainnc.4(t='t2'))'
'define cum5 = (rainc.5(t='t3')+rainnc.5(t='t3')-rainc.5(t='t2')-
rainnc.5(t='t2'))'
'define cum99 = (rainc.6(t='t3')+rainnc.6(t='t3')-rainc.6(t='t2')-
rainnc.6(t='t2'))'
'define summma = cum1+cum2+cum3+cum4+cum5+cum99'
'define promed = summma/6'
'd promed'
'cbar'
'set gxout contour'
*a cada archivo (cumulus) resto el promedio
'define cum1P = cum1-promed'
'define cum2P = cum2-promed'
'define cum3P = cum3-promed'
'define cum4P = cum4-promed'
'define cum5P = cum5-promed'
'define cum99P = cum99-promed'
*elevo a 2
'define cum12 = pow(cum1P,2)'
'define cum22 = pow(cum2P,2)'
'define cum32 = pow(cum3P,2)'
'define cum42 = pow(cum4P,2)'
'define cum52 = pow(cum5P,2)'
'define cum992 = pow(cum99P,2)'
*sumo los valores
'define summma2 = cum12+cum22+cum32+cum42+cum52+cum992'
'define promed2 = summma2/5'
'set cthick 20'
'set clab off'
'DesSlluvia_barra'
'd sqrt(promed2)'
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.30 Promedio (sombreado) vs Desviacion (contornos)'
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'..'
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Lluvia acumulada del modelo WRF a 30 km'
```

```
'set strsiz 0.10'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set line 1'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim DesS_Pro_precipitacion_'prono'.gif x900 y694 white'  
'quit'  
Return
```

Programa lluvia_microWRF.gs

Función: Realizar las imágenes de lluvia para el dominio de 10 km con la microfísica de Thompson.

Lenguaje: GrADS.

```
function ejecu (arg)  
file=subwrd(arg,1)  
cumulus=subwrd(arg,2)  
prono=subwrd(arg,3)  
if (prono=24)  
t2=5  
t3=13  
endif  
if (prono=48)  
t2=13  
t3=21  
endif  
if (prono=72)  
t2=21  
t3=29  
endif  
'open 'file  
'set t 't2  
'q dims'  
res1=sublin(result,5)  
var1=subwrd(res1,6)  
hora=substr(var1,1,2)  
dia=substr(var1,4,2)  
mes=substr(var1,6,3)  
ano=substr(var1,9,4)  
'set t 't3  
'q dims'  
res2=sublin(result,5)  
var2=subwrd(res2,6)  
hora2=substr(var2,1,2)  
dia2=substr(var2,4,2)  
mes2=substr(var2,6,3)  
ano2=substr(var2,9,4)  
if (mes=JAN)
```

```
mes=ENERO
endif
if (mes=FEB)
mes=FEBRERO
endif;if (mes=MAR);mes=MARZO;endif
if (mes=APR);mes=ABRIL;endif
if (mes=MAY);mes=MAYO;endif
if (mes=JUN);mes=JUNIO;endif
if (mes=JUL);mes=JULIO;endif
if (mes=AUG);mes=AGOSTO;endif
if (mes=SEP)
mes=SEPTIEMBRE
endif
if (mes=OCT)
mes=OCTUBRE
endif
if (mes=NOV)
mes=NOVIEMBRE
endif
if (mes=DEC)
mes=DICIEMBRE
endif
if (mes2=JAN)
mes2=ENERO
endif
if (mes2=FEB)
mes2=FEBRERO
endif
if (mes2=MAR)
mes2=MARZO
endif
if (mes2=APR)
mes2=ABRIL
endif
if (mes2=MAY)
mes2=MAYO
endif
if (mes2=JUN)
mes2=JUNIO
endif
if (mes2=JUL)
mes2=JULIO
endif
if (mes2=AUG)
mes2=AGOSTO
endif
if (mes2=SEP)
mes2=SEPTIEMBRE
endif
```

```
if (mes2=OCT)
mes2=OCTUBRE
endif
if (mes2=NOV)
mes2=NOVIEMBRE
endif
if (mes2=DEC)
mes2=DICIEMBRE
endif
'set grads off'
'set lon -103.5 -94'
'set lat 15 22.5'
'set gxout shaded'
'lluvia_barra'
'set mpdset lowres'
'd (rainc(t='t3')+rainnc(t='t3')-rainc(t='t2')-rainnc(t='t2'))'
'cbar'
'set strsiz 0.2'
'draw string 1 8.30 Lluvia acumulada mm. Modelo WRF a 10 km'
'draw string 0.2 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'..'
'set line 1 2 2'
'set strsiz 0.10'
'set line 1'
'set mpdset mexres'
'draw map'
'printim microD2Lluvia_cumulus'cumulus'_prono'.gif x900 y694 white'
'quit'
return
*solo es el script de precipitación, este obtiene imágenes de 24 48 y 72,
para los script de otras imágenes solo se cambia el despliegue para cada
variable meteorológica, pero la estructura continua igual.
```

Programa maximalluvia_WRF.gs

Función: Generar las gráficas de lluvia máxima considerando los diferentes esquemas de parametrización de cumulus del modelo WRF.

Lenguaje: GrADS.

```
function ejecu (arg)
file=subwrd(arg,1)
dia=subwrd(arg,2)
mes=subwrd(arg,3)
ayo=subwrd(arg,4)
dia2=subwrd(arg,5)
mes2=subwrd(arg,6)
ayo2=subwrd(arg,7)
pronos=subwrd(arg,8)
*cuando es 24 horas
```

```
if (pronos=1)
t3=1
prono=24
endif
*cuando es 48 horas
if (pronos=2)
t3=2
prono=48
endif
*cuando es 72 horas
if (pronos=3)
t3=3
prono=72
endif
'open 'file
'set t 1'
*mes
if (mes=01)
mes=ENERO
endif
if (mes=02)
mes=FEBRERO
endif
if (mes=03)
mes=MARZO
endif
if (mes=04)
mes=ABRIL
endif
if (mes=05)
mes=MAYO
endif
if (mes=06)
mes=JUNIO
endif
if (mes=07)
mes=JULIO
endif
if (mes=08)
mes=AGOSTO
endif
if (mes=09)
mes=SEPTIEMBRE
endif
if (mes=10)
mes=OCTUBRE
endif
if (mes=11)
mes=NOVIEMBRE
```

```
endif
if (mes=12)
mes=DICIEMBRE
endif
*mes2
if (mes2=01)
mes2=ENERO
endif
if (mes2=02)
mes2=FEBRERO
endif
if (mes2=03)
mes2=MARZO
endif
if (mes2=04)
mes2=ABRIL
endif
if (mes2=05)
mes2=MAYO
endif
if (mes2=06)
mes2=JUNIO
endif
if (mes2=07)
mes2=JULIO
endif
if (mes2=08)
mes2=AGOSTO
endif
if (mes2=09)
mes2=SEPTIEMBRE
endif
if (mes2=10)
mes2=OCTUBRE
endif
if (mes2=11)
mes2=NOVIEMBRE
endif
if (mes2=12)
mes2=DICIEMBRE
endif
*
'set grads off'
*'set lon -120.5 -75.5'
*'set lat 7.5 35'
'set lon -118 -74'
'set lat 12 35'
'set gxout shaded'
'lluvia_barra'
```

```
'set mpdset lowres'  
'd lluvia'  
'cbar'  
'set strsiz 0.2'  
'draw string 5.4 8.30 Lluvia Maxima acumulada mm.'  
'draw string 5.4 7.97 De 'dia'/'mes'/'ayo' a 'dia2'/'mes2'/'ayo2' '  
'set line 1 2 2'  
'draw string 5.4 7.7 Modelo WRF a 30 km'  
'set strsiz 0.10'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set line 1'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim Lluvia_Max_'prono'.gif x900 y694 white'  
'quit'  
return  
*Para las demás variables solo se modifica la sentencia de despliegue  
*para mínimo de lluvia  
function ejec (arg)  
file=subwrd(arg,1)  
dia=subwrd(arg,2)  
mes=subwrd(arg,3)  
ayo=subwrd(arg,4)  
dia2=subwrd(arg,5)  
mes2=subwrd(arg,6)  
ayo2=subwrd(arg,7)  
pronos=subwrd(arg,8)  
*cuando es 24 horas  
if (pronos=1)  
t3=1  
prono=24  
endif  
*cuando es 48 horas  
if (pronos=2)  
t3=2  
prono=48  
endif  
*cuando es 72 horas  
if (pronos=3)  
t3=3  
prono=72  
endif  
'open 'file  
'set t 1'  
*mes  
if (mes=01)  
mes=ENERO  
endif  
if (mes=02)
```

```
mes=FEBRERO
endif
if (mes=03)
mes=MARZO
endif
if (mes=04)
mes=ABRIL
endif
if (mes=05)
mes=MAYO
endif
if (mes=06)
mes=JUNIO
endif
if (mes=07)
mes=JULIO
endif
if (mes=08)
mes=AGOSTO
endif
if (mes=09)
mes=SEPTIEMBRE
endif
if (mes=10)
mes=OCTUBRE
endif
if (mes=11)
mes=NOVIEMBRE
endif
if (mes=12)
mes=DICIEMBRE
endif
*mes2
if (mes2=01)
mes2=ENERO
endif
if (mes2=02)
mes2=FEBRERO
endif
if (mes2=03)
mes2=MARZO
endif
if (mes2=04)
mes2=ABRIL
endif
if (mes2=05)
mes2=MAYO
endif
if (mes2=06)
```

```
mes2=JUNIO
endif
if (mes2=07)
mes2=JULIO
endif
if (mes2=08)
mes2=AGOSTO
endif
if (mes2=09)
mes2=SEPTIEMBRE
endif
if (mes2=10)
mes2=OCTUBRE
endif
if (mes2=11)
mes2=NOVIEMBRE
endif
if (mes2=12)
mes2=DICIEMBRE
endif
*
'set grads off'
*'set lon -120.5 -75.5'
*'set lat 7.5 35'
'set lon -118 -74'
'set lat 12 35'
'set gxout shaded'
'lluvia_barra'
'set mpdset lowres'
'd lluvia'
'cbar'
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.30 Lluvia Minima acumulada mm.'
'draw string 5.4 7.97 De 'dia'/'mes'/'ayo' a 'dia2'/'mes2'/'ayo2' '
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Modelo WRF a 30 km'
'set strsiz 0.10'
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'
'set line 1'
'set mpdset mexres'
'draw map'
'printim Lluvia_Min_'prono'.gif x900 y694 white'
'quit'
return
*Para las demás variables solo se modifica la sentencia de despliegue
```

Programa diaslluvia_WRF.gs

Función: Generar las gráficas de lluvia del pronóstico a 7 días con el modelo WRF.

Lenguaje: GrADS.

```
function ejecu (arg)
file=subwrd(arg,1)
cumulus=subwrd(arg,2)
prono=subwrd(arg,3)
*cuando es 24 horas
if (prono=24)
t2=5
t3=13
endif
*cuando es 48 horas
if (prono=48)
t2=13
t3=21
endif
*cuando es 72 horas
if (prono=72)
t2=21
t3=29
endif
*cuando es 96 horas
if (prono=96)
t2=29
t3=37
endif
*cuando es 120 horas
if (prono=120)
t2=37
t3=45
endif
*cuando es 144 horas
if (prono=144)
t2=45
t3=53
endif
*cuando es 168 horas
if (prono=168)
t2=53
t3=61
endif
'open 'file
'set t 't2
'q dims'
res1=sublin(result,5)
var1=subwrd(res1,6)
hora=substr(var1,1,2)
```

```
dia=substr(var1,4,2)
mes=substr(var1,6,3)
ano=substr(var1,9,4)
'set t 't3
'q dims'
res2=sublin(result,5)
var2=subwrđ(res2,6)
hora2=substr(var2,1,2)
dia2=substr(var2,4,2)
mes2=substr(var2,6,3)
ano2=substr(var2,9,4)
if (mes=JAN)
mes=ENERO
endif
if (mes=FEB)
mes=FEBRERO
endif
if (mes=MAR)
mes=MARZO
endif
if (mes=APR)
mes=ABRIL
endif
if (mes=MAY)
mes=MAYO
endif
if (mes=JUN)
mes=JUNIO
endif
if (mes=JUL)
mes=JULIO
endif
if (mes=AUG)
mes=AGOSTO
endif
if (mes=SEP)
mes=SEPTIEMBRE
endif
if (mes=OCT)
mes=OCTUBRE
endif
if (mes=NOV)
mes=NOVIEMBRE
endif
if (mes=DEC)
mes=DICIEMBRE
endif
*mes para 2
if (mes2=JAN)
```

```
mes2=ENERO
endif
if (mes2=FEB)
mes2=FEBRERO
endif
if (mes2=MAR)
mes2=MARZO
endif
if (mes2=APR)
mes2=ABRIL
endif
if (mes2=MAY)
mes2=MAYO
endif
if (mes2=JUN)
mes2=JUNIO
endif
if (mes2=JUL)
mes2=JULIO
endif
if (mes2=AUG)
mes2=AGOSTO
endif
if (mes2=SEP)
mes2=SEPTIEMBRE
endif
if (mes2=OCT)
mes2=OCTUBRE
endif
if (mes2=NOV)
mes2=NOVIEMBRE
endif
if (mes2=DEC)
mes2=DICIEMBRE
endif
'set grads off'
'set lon -118 -74'
'set lat 12 35'
'set gxout shaded'
'lluvia_barra'
'set mpdset lowres'
'd (rainc(t='t3')+rainnc(t='t3')-rainc(t='t2')-rainnc(t='t2'))'
'cbar'
'set strsiz 0.2'
'draw string 5.4 8.30 Lluvia acumulada mm.'
'draw string 5.4 7.97 De 'hora'UTC/'dia'/'mes'/'ano' a
'hora2'UTC/'dia2'/'mes2'/'ano2'..'
'set line 1 2 2'
'draw string 5.4 7.7 Modelo WRF a 30 km'
```

```
'set strsiz 0.10'  
'draw string 5.9 0.75 Ligera Moderada Fuerte Intensa Torrencial'  
'set line 1'  
'set mpdset mexres'  
'draw map'  
'printim Lluvia_cu'cumulus'_'prono'.gif x900 y694 white'  
'quit'  
return  
** Para las diferentes variables se adecua la sentencia de despliegue de  
la información
```

Anexo H. Contenido adicional en CD.

Adicionalmente se incluye un CD con el contenido que se define en la tabla G.1.

Tabla G.1. Contenido adicional en CD.

Nombre archivo	Descripción
InformeFinal.pdf	Informe final en formato PDF.
ManualUsuarioPortalWeb.pdf	Manual de usuario del portal Web de Galileo