

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA



LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

FG

“METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL  
PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL  
ESTADO DEL TIEMPO EN EL SERVICIO  
METEOROLÓGICO NACIONAL ”

**MEMORIA DE EXPERIENCIA LABORAL**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

**P R E S E N T A:**

Aram Jonatán Nava Valdez

**Director:**

Dr. Carlos C. Morales Méndez

**Revisores:**

Dra. Xanat Antonio Némiga  
Mtra. Guillermina Alvarado López

Toluca de  
Lerdo,

Estado de  
México.

SEP / 14

## AGRADECIMIENTOS

### **Dios:**

*Mi más grande maestro que me dio el milagro de la vida y que me ayuda diariamente a que el mundo gire en beneficio mío.*

### **Mis Padres:**

#### **Pablo Nava y Socorro Valdez:**

*Simplemente por entregar su vida entera a mí, por su gran esfuerzo y compromiso que me han brindado para la realización de todos mis sueños.*

### **Mi Hermano**

#### **Daniel Nava:**

*Mi más grande amigo y compañero de muchas aventuras, que me apoya incondicionalmente y siempre está disponible en todo momento.*

### **Mi Esposa**

#### **Irlanda Reyes:**

*A la mujer de mis sueños por mostrarme el valor del amor y acompañarme a lo largo de tantos años, riendo, llorando, jugando y construyendo un camino juntos.*

### **UAEMEX – Facultad de Geografía:**

*Institución responsable de mi formación académica y profesional lo que me ha preparado para destacar en el mundo del conocimiento.*

### **Doctor Carlos C. Morales Méndez.**

*Por haber recibido una gran cátedra acerca de la ciencia que me formo, además de su tiempo y dedicación para juntos poder lograr este trabajo*



## ***Dedicatoria***

***Mi Hijo:***

***Leonardo Nava Reyes....Mi futuro arquitecto de sueños.***

*Has llegado a mi vida como una gran bendición y como me lo prometí algún día, este logro es en tu honor y solo es el primero de todos los honores que te esperan en la vida, porque estoy convencido de que serás alguien muy grande y que el mundo sabrá de ti.*

*“Harás realidad lo inimaginable”.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>9</b>
<b>ANTECEDENTES METEOROLÓGICOS</b>	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>17</b>
<b>MARCO TEÓRICO O DE REFERENCIA</b>	<b>17</b>
<b>CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>20</b>
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>33</b>
<b>PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL ESTADO DEL TIEMPO</b>	<b>33</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>75</b>
<b>RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>93</b>



## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>TABLA 1. ESCALA SAFFIR SIMPSON</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 1. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 2. HIPSOMETRÍA – BATIMETRÍA - HIDROLOGÍA</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 3. CLIMA</b>	<b>92</b>
<b>FIGURA 4. IMAGEN DE SATÉLITE VAPOR DE AGUA GOES-ESTE 13</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 5. IMAGEN DE SATÉLITE VISIBLE GOES-ESTE 13</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 6. IMAGEN DE SATÉLITE INFRARROJA GOES-ESTE 13 IR4</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 7. IMAGEN DE ANÁLISIS DE SUPERFICIE</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 8. CARTA DE 850 HPA</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 9. CARTA DE 700 HPA</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 10. CARTA DE 500 HPA</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA 11. CARTA DE 250 HPA</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 12. SKEW-T (CD. MÉXICO)</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 13. SIMULACIÓN RADAR</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 14. CAPE</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 15. ACTIVIDAD ELÉCTRICA</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 16. RACHAS DE VIENTO (10 M)</b>	<b>52</b>
<b>FIGURA 17. AGUA PRECIPITABLE</b>	<b>53</b>

<b>FIGURA 18. <i>PRECIPITACIÓN TOTAL</i></b>	54
<b>FIGURA 19. <i>ASCENSOS VERTICALES</i></b>	55
<b>FIGURA 20. <i>VORTICIDAD</i></b>	56
<b>FIGURA 21. <i>TOPE DE NUBES</i></b>	57
<b>FIGURA 22. <i>COBERTURA NUBOSA</i></b>	58
<b>FIGURA 23. <i>SIMULACIÓN SATELITE</i></b>	59
<b>FIGURA 24. <i>MODELO DE LLUVIA NAM</i></b>	60
<b>FIGURA 25. <i>MODELO DE LLUVIA GFS</i></b>	61
<b>FIGURA 26. <i>MODELO DE LLUVIA WRF LLUVIA</i></b>	62
<b>FIGURA 27. <i>MODELO WRF TEMPERATURA</i></b>	63
<b>FIGURA 28. <i>MODELO DE PORCENTAJE LLUVIA WRF LLUVIA</i></b>	64
<b>FIGURA 29. <i>MODELO DE PORCENTAJE LLUVIA NAEFS LLUVIA</i></b>	65
<b>FIGURA 30. <i>M-II NORBERT AVIÓN CAZAHURACANES NOAA</i></b>	66
<b>FIGURA 31. <i>RADIO DE VIENTOS NOAA</i></b>	67
<b>FIGURA 32. <i>SIMULACIÓN SATÉLITE NOAA</i></b>	68
<b>FIGURA 33. <i>TEMPERATURA OCÉANO NOAA</i></b>	69
<b>FIGURA 34. <i>SATÉLITE ALTA RESOLUCIÓN "NORBERT" NASA</i></b>	70
<b>FIGURA 35. <i>TRAYECTORIA H-I "NORBERT" NOAA</i></b>	71
<b>FIGURA 36. <i>METEOGRAMA CD. MÉXICO NAEFS</i></b>	72
<b>FIGURA 37. <i>METAR-TAF AWC</i></b>	74

**FIGURA 38. *PRONÓSTICO CD. MÉXICO***

78

**FIGURA 39. *INFORME DE LLUVIAS NO. 247***

80

**FIGURA 40. *INFORME DE LLUVIAS NO. 248***

81

## RESUMEN

El presente trabajo explica la metodología para la elaboración del pronóstico de las condiciones del estado del tiempo en el Servicio Meteorológico Nacional. Contribuye por tanto a aumentar el conocimiento en áreas del plan de estudios de la Facultad de Geografía (Universidad Autónoma del Estado de México), como lo son: Meteorología, Climatología, Geografía de la Atmósfera, Riesgos Hidroclimatológicos, etc. En el se estructuraron las etapas a seguir para analizar las condiciones atmosféricas y poder emitir un pronóstico meteorológico para cualquier zona geográfica del territorio nacional.

Dentro de la metodología descrita en este trabajo se presenta como analizar e interpretar las diferentes variables y condiciones atmosféricas, para obtener un pronóstico meteorológico, haciendo uso de las diversas formas de salida para informar a los diferentes ámbitos de la sociedad (comunidad científica y público en general), a través de medios de comunicación.

Por otra parte, en el proceso de laborar en el Servicio Meteorológico Nacional cuya finalidad es la emisión de pronósticos meteorológicos para prevenir e informar a la población del país, se realizaron innovaciones en la metodología ayudando a los meteorólogos a realizar un mejor análisis a partir de herramientas geográficas, tales como los Sistemas de información geográfica a través de la plataforma Google Earth, ArcGIS e IDRISI.

En la publicación de los pronósticos meteorológicos mediante Avisos y boletines a través de la página web oficial del SMN, también se hicieron adecuaciones en el diseño de formatos y gráficos de dichos documentos con ayuda del software Adobe Photoshop CS6, generando una gama más amplia de productos para la difusión del pronóstico meteorológico.

## ABSTRACT

This work explains the methodology for the elaboration of the prognosis of the conditions of the weather condition at the Mexican National Meteorological Service. Contributing to increase the knowledge in areas of the curriculum of the Faculty of Geography (Autonomy Mexico State University), as they are it: Meteorology, Climatology, Geography of the Atmosphere, Hydroclimatological Risks, etc. It explains the phases to analyze the atmospheric conditions and to emit a weather forecast for any geographic zone of the national territory.

Within the methodology described in this work how to analyze and interpret the different variables and atmospheric conditions, to obtaining a weather forecast, also using diverse output formats to inform to the different scopes of the society (public scientific Community and in general), through mass media.

On the other hand in the process of working at the National Meteorological Service and the emission of weather forecasts to come up and to inform to the population of the country, innovations in the methodology were made helping to the meteorologists to make a better analysis from geographic tools as they are it the GIS through the platform Google Earth, ArcGIS and IDRISI.

The publication of the weather forecasts by means of Warnings and bulletins through the page official Web of the Mexican National Meteorological Service, was adjusted in a design wring formats and graphs of these documents with the help of software Adobe Photoshop CS6, obtaining like result one more wider product range, for the diffusion of the weather forecast.

## INTRODUCCIÓN

Los elementos naturales y culturales que en el medio geográfico interaccionan regularmente formando los ecosistemas, mantienen hoy relaciones más propensas al desequilibrio en la búsqueda de ofrecer al hombre mejores satisfacciones.

Otras alteraciones derivan de la incidencia de un fenómeno natural sobre sistemas más vulnerables. Tal es el caso de los fenómenos meteorológicos, tales como: Sistemas de Baja y Alta Presión, Tropicales y Frontales, los cuales se caracterizan por producir vientos fuertes, oleaje elevado, descenso de temperaturas, diferentes tipos de precipitaciones (lluvia, granizo, aguanieve, nieve, etc.), deslaves e inundaciones, teniendo un impacto social y económico en el territorio mexicano. Y aunque actualmente se les da seguimiento mediante satélites, radares meteorológicos, aviones “caza-huracanes” y especialistas en meteorología así como sistemas de información geográfica desde los diferentes Servicios Meteorológicos alrededor del mundo, todavía cobran víctimas humanas, que en ocasiones pueden contarse hasta miles.

Este trabajo tiene como objetivo el describir la “Metodología para realizar el pronóstico de las condiciones del estado del tiempo en el Servicio Meteorológico Nacional”. En el se podrán observar mapas acerca del comportamiento atmosférico, además de la distribución geográfica que presentan diversas variables relacionadas con los diferentes sistemas meteorológicos.

La información meteorológica que se va analizar se basa en imágenes de satélite de tres tipos: Infrarroja, Vapor de Agua y Visible, mapas de superficie y de los diferentes niveles de la atmósfera (Desde 850 hPa en niveles bajos hasta niveles altos en 250 hPa), radiosondeos, meteogramas, código METAR Y TAFF, modelos numéricos (precipitación, Índice y tipo de nubosidad, oleaje, actividad eléctrica, Índice CAPE, velocidad e intensidad del viento, temperatura, etc). Estos

datos son proporcionados por las diferentes instituciones meteorológicas del planeta, pertenecientes a la OMM (Organización Meteorológica Mundial).

La representación de los mapas antes mencionados, se hace a partir del registro de datos que captan y procesan las diferentes estaciones meteorológicas, observatorios meteorológicos, boyas, barcos, aviones y satélites. Se debe considerar de vital importancia que esta infraestructura siempre esté calibrada y funcionando al 100%, porque de su precisión depende el producto final, que es el pronóstico meteorológico y que a su vez influye en la vida diaria de todas las personas de México y de todo el mundo.

Todo pronóstico meteorológico (incluyendo la trayectoria e intensidad de ciclones tropicales), debe considerar como una de sus componentes fundamentales, la climatología del fenómeno que se pronostica. Se puede decir que los pronósticos meteorológicos se orientan a predecir la desviación de las condiciones diarias, con respecto a la climatología (el estado “normal” o común de estas condiciones). De esta manera conocer y difundir ampliamente la climatología detallada de los fenómenos meteorológicos alrededor de México servirá inicialmente como información cualitativa fundamental, no sólo para la evaluación de riesgos, sino también para la toma de decisiones en tiempo real.

Finalmente, es importante puntualizar que la información contenida en este trabajo dará los parámetros necesarios para hacer un análisis meteorológico completo y poder dar como resultado un pronóstico meteorológico dentro de México.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES METEOROLÓGICOS

### *Contexto Global*

A través de la historia del mundo el tiempo y el clima han sido una preocupación permanente para el desarrollo de la humanidad dentro del espacio geográfico, ya que en la interacción hombre-naturaleza y viceversa, al conocer la variabilidad y posible comportamiento de las condiciones atmosféricas que puedan afectar a la sociedad, permite incrementar la seguridad de las personas y de sus bienes, así como el grado de desarrollo de las diversas civilizaciones.

Históricamente la meteorología se puede subdividir en tres grandes etapas: 1) La etapa prehistórica, mitológica y de la edad media, en la que el hombre creía que los fenómenos naturales eran mensajes y castigos de los dioses; 2) La etapa de la observación y descubrimientos científicos, en la que el hombre logró superar las creencias religiosas y filosóficas, para basar su conocimiento en la observación y análisis detallado de los fenómenos naturales y 3) La etapa de modernización tecnológica, en la que el hombre se apoya en los avances de la tecnología, para investigar las causas de los fenómenos meteorológicos, así como los posibles escenarios futuros (CICESE, 2005).

Asimismo la meteorología global, con el paso de los años, está relacionada con la evolución de las ciencias de la tierra, físicas y químicas, así como con el avance de la tecnología que específicamente para la investigación de la atmósfera, que se basa en el registro y observación desde diversas plataformas y sensores remotos, como son la radiosondas, globos, aviones, satélites, etc.

A partir de 1950 se crea la OMM (Organización Meteorológica Mundial), se convirtió en el organismo especializado de las Naciones Unidas para la meteorología (tiempo y clima), la hidrología operativa y las ciencias geofísicas conexas en 1951. Como el tiempo, el clima y el ciclo del agua no conocen



fronteras nacionales, la cooperación internacional es esencial para el desarrollo de la meteorología y la hidrología operativa, así como para recoger los beneficios derivados de su aplicación. La OMM proporciona el marco en el que se desarrolla esta cooperación internacional (OMM, 2000).

A partir de su creación la OMM ha participado de forma excepcional e importante en la seguridad y el bienestar de la humanidad. En el marco de los programas de la OMM y bajo su dirección los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales contribuyen sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social de todos los sectores de la sociedad en esferas tales como la seguridad alimentaria, los recursos hídricos y el transporte.

La OMM promueve la cooperación para la creación de redes de observaciones meteorológicas, climatológicas, hidrológicas y geofísicas y para el intercambio, proceso y normalización de los datos afines, y contribuye a la transferencia de tecnología, la formación y la investigación.

Además, fomenta la colaboración entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y favorece la aplicación de la meteorología a los servicios meteorológicos para el público, la agricultura, la aviación, la navegación, el medio ambiente, las cuestiones relacionadas con el agua y la atenuación de los efectos de los desastres naturales (OMM, 2000).

La OMM facilita el intercambio gratuito y sin restricciones, en tiempo real o casi real, de datos, información, productos y servicios afines que guardan relación con la seguridad y la protección de la sociedad, el bienestar económico y la protección del medio ambiente. Asimismo, contribuye a la formulación de políticas en esas sean a escala nacional e internacional.

En el caso concreto de los peligros relacionados con el tiempo, el clima y el agua, que representan casi el 90% de todos los desastres naturales, los programas de la OMM proporcionan información esencial para emitir avisos

anticipados que salvan vidas y reducen los daños a los bienes y el medio ambiente. La OMM contribuye también a reducir los efectos de los desastres que causa el hombre, como los originados por los accidentes químicos o nucleares, los incendios forestales y las cenizas volcánicas. Algunos estudios han demostrado que los servicios meteorológicos e hidrológicos generan beneficios incalculables para el bienestar de las personas y, además, el rendimiento económico de cada dólar invertido en ellos suele multiplicarse por diez y, a menudo, por más (OMM, 2000).

Por medio de sus diferentes programas, la OMM desempeña una función destacada en las actividades internacionales destinadas a vigilar y proteger el medio ambiente. La colaboración con otros organismos de las Naciones Unidas y los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales, la OMM apoya la aplicación de varios convenios y convenciones medioambientales, y ayuda a proporcionar asesoramiento y evaluaciones a los gobiernos sobre cuestiones relativas a los mismos, dichas actividades contribuyen a lograr el desarrollo sostenible y el bienestar de las naciones.

### *Contexto Nacional*

Considerando el gran interés por el tiempo y el clima en los diferentes países del globo terráqueo; en nuestro país surge el Observatorio Meteorológico y Astronómico de México. Este se creó por decreto presidencial, bajo iniciativa del Secretario de Fomento, Vicente Riva Palacio, el 6 de febrero de 1877 y dependió de la Comisión Geográfica Exploradora del Territorio Nacional. Fue inaugurado el 6 de marzo de ese mismo año, durante el gobierno de Porfirio Díaz y se instaló en la azotea del Palacio Nacional (CGSMN, 2012).

En 1878 el Observatorio Meteorológico y Astronómico se trasladó al Castillo de Chapultepec. Posteriormente, en el año de 1880, el Observatorio se independizó técnica y económicamente de la Comisión Geográfica Exploradora y recibió una partida especial en el Presupuesto de Egresos Nacionales. A partir de ese momento, contó con un director que fue Mariano Bárcena, a quien se le asignó una plantilla de seis observadores.

Más adelante en 1883 se trasladó el Observatorio Astronómico que funcionó junto con el Meteorológico, al edificio del Ex-Arzobispado en Tacubaya. Mientras tanto, el Observatorio Meteorológico siguió funcionando en el Palacio Nacional, al mismo tiempo que se realizaban los trámites para construir un edificio especial que lo albergara, sin embargo esto nunca se llevó a cabo. En 1889 se iniciaron las actividades del Observatorio Sismológico en el mismo edificio de Tacubaya donde se ubicaba el Observatorio Astronómico, bajo la dirección del Sr. Felipe Valle. Para esas fechas, Mariano Bárcena seguía como director y coordinaba las investigaciones sobre el clima y el tiempo atmosférico en el Servicio Meteorológico hasta su muerte en 1899 (CGSMN, 2012). En 1901 se forma el Servicio Meteorológico Nacional y de acuerdo a los informes del entonces director, Manuel E. Pastrana, contaba con 31 secciones meteorológicas estatales, 18 observatorios y estaciones independientes, las cuales transmitían información al Observatorio Meteorológico de Tacubaya por vía telegráfica. Debido a los acontecimientos sociales ocurridos entre 1910 y 1911, se dio la orden de que se trasladara el Observatorio Meteorológico a las oficinas de Geofísica, en el edificio del Ex-Arzobispado de México, donde todavía se encontraba el Observatorio Astronómico Nacional.

El Observatorio Astronómico funcionó hasta 1942, año en que fue trasladado a Tonanzintla y décadas más tarde a San Pedro Mártir, en Baja California. En el año de 1963, el edificio del Observatorio Astronómico es demolido para posteriormente, construir el actual plantel número cuatro de la Escuela Nacional Preparatoria.

En junio de 1913, el Servicio y el Observatorio Meteorológico de la Ciudad de México reiniciaron sus labores en el edificio donde se localiza actualmente, en Tacubaya, D.F. Durante el gobierno de Manuel Ávila Camacho (1940-1946), se creó la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la cual incorporó al Servicio Meteorológico Nacional y lo denominó como Dirección de Geografía y Meteorología. En 1947, México firmó el Convenio de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), Organismo especializado de las Naciones Unidas, encargado de la vigilancia del tiempo y del clima mundial. El Ingeniero Federico

Peña, fungió como Director de Geografía y Meteorología de 1947 a 1960. Durante esos años, esa Dirección también se encargó de la cartografía del territorio nacional (CGSMN, 2012).

Después en 1972, durante el gobierno de Luis Echeverría Álvarez, las actividades geográficas de la Dirección de Geografía y Meteorología pasaron a la Dirección de Estudios del Territorio Nacional y la Dirección de Geografía y Meteorología se transformó en la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, dependiente de la Secretaría de Agricultura. Para 1980, el Servicio Meteorológico Nacional contaba con una red de 72 observatorios, nueve estaciones de radiosondeo, más de 3000 estaciones climatológicas, cinco estaciones de radar meteorológico y un centro de Previsión del Golfo.

Finalmente en 1989, al crearse la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Servicio Meteorológico se integró a la Subdirección General de Administración del Agua, años más tarde en 1990, se transformó en la Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional pasando a formar parte de la Subdirección General Técnica de la CONAGUA en 1995. A partir de 1999 se convirtió en Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional y depende directamente de la Dirección General de la CONAGUA (CGSMN, 2012).

## OBJETIVOS

### ***Objetivo General:***

Proporcionar una metodología para realizar el pronóstico de las condiciones del estado del tiempo, a partir de las experiencias profesionales obtenidas en el Servicio Meteorológico Nacional y de esta manera fortalecer los conocimientos de las asignaturas relacionadas con la atmósfera de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México.

### ***Objetivos Específicos:***

- Difundir el proceso e impacto que tiene realizar el pronóstico de las condiciones del estado del tiempo dentro del espacio geográfico mexicano.
- Detallar la recopilación de herramientas para realizar un pronóstico meteorológico mediante imágenes de satélite, radar, modelos matemáticos y datos estadísticos, asistido por las fuentes tales como lo es el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la NOAA (The National Oceanic And Atmospheric Administration), la NASA (National Aeronautics And Space Administration) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial).
- Destacar la importancia del trabajo que realiza un egresado de la licenciatura en Geografía dentro del ámbito de la meteorología.
- Presentar el resultado final del pronóstico de las condiciones del tiempo para el territorio nacional, obtenido a través de la metodología descrita.

## JUSTIFICACIÓN

Los diferentes sistemas atmosféricos propician la generación de fenómenos hidrometeorológicos que le concierna a la meteorología y climatología. Su área de estudio abarca las repercusiones en el espacio geográfico de índole física, química y termodinámica que afectan el sistema atmósfera-océano, además de generar efectos positivos y negativos en la biosfera.

En México se han presentado diversos fenómenos meteorológicos. Tal como es el caso de los frentes fríos, durante las estaciones de otoño, invierno y principios de la primavera, estos fenómenos meteorológicos corresponden al movimiento de una masa de aire frío desde el polo hacia el ecuador. Los estados del norte, centro, vertiente del Golfo de México y Península de Yucatán son los más afectados, sin embargo, la presencia de estos sistemas a menudo ocasionan descenso en la temperatura, fuertes lluvias, intenso viento, y en ocasiones heladas.

Otro fenómeno meteorológico importante fue en 1997 cuando apareció en el océano Pacífico el huracán Paulina, que provocó la muerte de varios cientos de personas en la costa de los estados de Oaxaca y Guerrero, dañando principalmente al puerto de Acapulco, donde se produjeron flujos de escombros y de lodo, producto de las intensas lluvias que dejó a su paso el huracán sobre la zona montañosa cercana.

Por ellos es imperativo realizar pronósticos meteorológicos para la mitigación del riesgo por efectos de fenómenos hidrometeorológicos en el espacio geográfico mexicano, que estén basados en un conocimiento técnico-científico sobre su situación a corto, mediano y largo plazo.

Por lo tanto la presente metodología, contribuye a la realización del pronóstico de las condiciones del estado del tiempo, para la toma de decisiones

más acertadas, especialmente dentro del campo de la Protección Civil. También para que se destierren mitos y creencias sobre los fenómenos meteorológicos, conduciendo a la reflexión y a la realización de nuevas metodologías e investigaciones sobre el tema.

Lo anterior es una tarea fundamental, ya que es parte de la estrategia de la prevención, en la que se estudia y conoce a los fenómenos naturales que más afectan a nuestro país. Los resultados del presente trabajo, podrán ser aplicados directamente por la comunidad científica, es por ello que se incluye una metodología detallada para la realización del pronóstico dentro del campo de acción de la meteorología, dirigido tanto a las autoridades de Protección Civil como a la sociedad en general; adicionalmente este trabajo permitirá a los investigadores y usuarios de este tema, tener un panorama más amplio sobre el análisis de las condiciones atmosféricas en el espacio geográfico mexicano.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO O DE REFERENCIA

*Los siguientes enfoques Teóricos y conceptos básicos de este capítulo, son producto del grupo de trabajo del área de previsión del tiempo del Servicio Meteorológico Nacional.*

#### **Meteorología**

Es la ciencia que se ocupa de los fenómenos que ocurren a corto plazo desde los niveles bajos, pasando por los medios hasta los altos de la atmósfera, donde se desarrolla la interacción hombre naturaleza en el espacio geográfico.

Asimismo dicha ciencia estudia los cambios atmosféricos que se producen a cada momento, utilizando parámetros como la temperatura del aire, su humedad, la presión atmosférica, el viento o las precipitaciones. El objetivo de la meteorología es predecir el comportamiento del tiempo en 24 ó 48 horas y, en menor medida, elaborar un pronóstico del tiempo a medio plazo.

#### **Ramas de la Meteorología**

La meteorología incluye el estudio (descripción, análisis y predicción) de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas a gran escala o (Meteorología sinóptica). El estudio de los movimientos en la atmósfera involucrados en la dinámica atmosférica y su evolución temporal basada en los principios de la mecánica de fluidos (Meteorología dinámica). El estudio de la estructura y composición de la atmósfera, así como las propiedades eléctricas, ópticas, termodinámicas, radiactivas y otras (Meteorología física). El estudio específico de los fenómenos meteorológicos de la zona intertropical (Meteorología tropical) y otros muchos fenómenos (CGSMN, 2014).



## **Climatología**

Es la ciencia que estudia el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo. Aunque utiliza los mismos parámetros que la meteorología, su objetivo es distinto, ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo.

### **El clima**

Es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan las condiciones habituales o más probables de un punto determinado de la superficie terrestre. Es, por tanto, una serie de valores estadísticos. Por ejemplo, aunque en un desierto se pueda producir, eventualmente, una tormenta con precipitación abundante, su clima sigue siendo desértico, ya que la probabilidad de que esto ocurra es muy baja.

### **La predicción y los mapas del tiempo atmosférico**

La meteorología y la climatología estudian la atmósfera desde varias perspectivas. Por un lado, describen las condiciones generales del tiempo atmosférico en una zona y época concretas. Por otro, investigan el comportamiento de las grandes masas de aire con el fin de establecer leyes generales respecto a su influencia sobre otros factores. Finalmente, analizan cada uno de estos factores particulares (temperatura, presión, humedad, etc.) con el fin de descubrir las leyes que los gobiernan y poder hacer una previsión del tiempo acertada.

Varias veces por día, a horas fijadas, los datos procedentes de cada estación meteorológica, de los barcos y de los satélites llegan a los servicios regionales encargados de colectarlos, analizarlos y explotarlos, tanto para hacer progresar a la meteorología, como para establecer previsiones sobre el tiempo que habrá en los días venideros.

Como las observaciones se repiten cada tres horas (según el horario sinóptico mundial), la sucesión de los mapas y diagramas permite apreciar la evolución sinóptica: se ve cómo las perturbaciones se forman o se disuelven, si la presión y la temperatura están subiendo o bajando, si aumenta o disminuye la fuerza del viento o si cambia éste de dirección, si las masas de aire que se acercan son húmedas o secas, frías o cálidas, etc. Parece así bastante fácil prever la trayectoria que seguirán las perturbaciones y saber el tiempo que hará en determinado lugar al cabo de uno o varios días. En realidad, la atmósfera es una gigantesca masa gaseosa tridimensional, turbulenta y en cuya evolución influyen tantos factores que uno solo de éstos puede ejercer de modo imprevisible una acción dominante que trastorne la evolución prevista en toda una región.

Así, la previsión del tiempo es tanto menos insegura cuando menor es la anticipación y más reducido el espacio a que se refiere. Las previsiones son formuladas en forma de boletines, algunos de los cuales se destinan a la ciudadanía en general y otros más, a determinados ramos de la actividad humana.

### **Hora GMT (tiempo medio de Greenwich) o ZULU**

Se designa en usos militares, en la navegación aérea y en los mapas meteorológicos del tiempo, su principal mérito es que permite usar como referencia una hora en común y no las horas locales con las cuales se requería un proceso de transformación.

Cada huso horario tiene una letra correlativa como identificación, comenzando por Greenwich. Cuando una hora se expresa en GMT o en Zulu, es en realidad la hora en la longitud 0° que atraviesa Greenwich, Inglaterra. Todos los husos horarios del planeta están establecidos en referencia a la longitud 0° conocida también como el meridiano de Greenwich. Por ejemplo, si estamos en la Ciudad de México con el horario de verano y la hora Z es 15:00 h, entonces la hora local será 10:00 h, tiempo de diferencia de -05:00 horas (CGSMN, 2014).

## CONCEPTOS BÁSICOS

### *Sistemas de Presión*

El aire fluye siempre desde las áreas de altas presiones hacia áreas de bajas presiones, tratando de llegar a un equilibrio. Pero existe una fuerza que lo desvía, causada por la rotación de la Tierra (el llamado efecto Coriolis), y que hace que el flujo no vaya en línea recta. En vez de esto, los vientos forman una espiral: ascendente y hacia dentro en los sistemas de bajas presiones, y descendente y hacia fuera en los sistemas de altas presiones (CGSMN, 2014).

Los sistemas de presión se clasifican según su estructura térmica vertical en fríos, cálidos y dinámicos:

- **Baja fría:** En la troposfera más baja el aire más frío se encuentra sobre el mínimo de presión del mapa de superficie. Si desde la región central caminamos hacia fuera, encontraremos aire cálido. Las topografías relativas de 1.000 a 700 y de 1.000 a 500 hPa presentan un mínimo de espesor coincidiendo con el centro de la depresión fría.
- **Anticiclón frío:** En los mapas de superficie, el anticiclón frío aparece con presiones en el centro del orden de 1.035 a 1.040 mb y la circulación anticiclónica desaparece rápidamente en altura. Entre 850 y 500 mb el aire frío está sujeto a una circulación ciclónica.
- **Baja cálida:** Es típica de los continentes durante los meses de verano y el resultado de un fuerte calentamiento en una región. Presenta débil circulación ciclónica en superficie, que desaparece rápidamente en altura.
- **Anticiclón cálido:** El anticiclón cálido, llamado por algunos autores anticiclón de bloqueo, presenta circulación anticiclónica en todos los niveles. En toda la troposfera el aire más cálido se encuentra en el centro, mientras que en la estratosfera más baja aparece un mínimo de

temperaturas sobre las presiones más altas de superficie. Es un anticiclón de movimiento lento. Es originado por subsidencia en la troposfera y movimiento vertical ascendente en la estratosfera más baja. Sobre los continentes, las temperaturas medias diarias son más altas que lo normal, generan cielos despejados y capas de calima en altura. En las regiones oceánicas son frecuentes extensas áreas de estratocúmulos.

- **Anticiclón dinámico:** Es una anticiclón frío con un modelo de curva de nivel a 500 y a 300 mb que favorecen la anticiclogénesis. En el estado final el anticiclón dinámico se transforma en anticiclón cálido con su eje prácticamente vertical.

## Vaguada

Es un fenómeno tanto geomorfológico como meteorológico. En inglés, el concepto de vaguada en meteorología, es trough, tal como señala Monkhouse, (1978). En su acepción meteorológica o barométrica, se refiere al ascenso de masas de aire cálido y húmedo a lo largo de una zona alargada de baja presión atmosférica que se ubica entre dos áreas de mayor presión (anticiclones) formadas por masas de aire mucho más frío y pesado que se introducen como una cuña y dan origen a una formación de nubes de gran desarrollo vertical y a las consiguientes lluvias. Así pues, en el campo de la Meteorología se refiere a una depresión barométrica alargada que se ubica entre dos anticiclones o, para decirlo con mayor propiedad, dos áreas anticiclónicas ligeramente desiguales en lo que respecta a sus características (CGSMN, 2014).

## Ciclogénesis

Es el desarrollo o la consolidación de la circulación ciclónica en la atmósfera (un sistema de baja presión). Se trata de un *término paraguas* para varios procesos diversos, todos los cuales dan lugar al desarrollo de una cierta clase de ciclón. Puede ocurrir en varias escalas, desde la microescala a la escala sinóptica. Los ciclones tropicales se forman debido al calor latente conducido por actividad de tormenta significativa y son de núcleo cálido. Los mesociclones se forman sobre

tierra como ciclones de núcleo cálido y pueden formar tornados. Las trombas marinas también son formadas a partir de mesociclones, aunque a menudo se forman a partir de ambientes de fuerte inestabilidad y cizalladura vertical baja.

Ciclogénesis es lo opuesto a ciclólisis —la disipación de un ciclón— y tiene un equivalente anticiclónico (sistema de alta presión) que se relaciona con la formación de áreas de alta presión: anticiclogénesis (CGSMN, 2014).

### ***Sistemas Frontales***

Los frentes se encuentran asociados a las depresiones. Se llama sistema frontal, a un par de frentes, el primero cálido y el segundo frío, que van con una depresión. El aire de las latitudes más altas de la Tierra es más frío que el situado en las cercanías del Ecuador. Generalmente las masas de aire se desplazan de Oeste a Este como consecuencia de la rotación de la Tierra, pero a menudo se originan ondulaciones en esta circulación, que hace que el aire frío avance hacia zonas más al Sur y al revés. En este momento el aire cálido comienza a elevarse por la entrada de aire frío que es más denso y circula a la base de la superficie y se forma una zona de baja presión (CGSMN, 2014).

Además las masas de aire a temperatura diferente no se mezclan y se forma líneas imaginarias que separan estas dos masas de aire. Se forma así un sistema frontal, es decir, un frente cálido y uno frío, asociados a la depresión.

A medida que pasa el tiempo se produce la oclusión de los dos frentes, hasta que finalmente se fusionan en un frente único de tipo ocluido. Pocos días después la depresión y el frente se deshacen al haberse igualado las temperaturas de las diferentes masas de aire.

### **Frente Frío**

Es una franja de inestabilidad que ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente. El aire frío, siendo más denso, genera una "cuña" y se mete por debajo del aire cálido y menos denso. Los frentes fríos se mueven rápidamente.

Son fuertes y pueden causar perturbaciones atmosféricas, tales como: tormentas de truenos, chubascos, tornados, vientos fuertes y cortas tempestades de nieve antes del paso del frente frío, acompañadas de condiciones secas a medida que el frente avanza.

Dependiendo de la época del año y de su localización geográfica, los frentes fríos pueden venir en una sucesión de 5 a 7 días. En mapas de tiempo, los frentes fríos están marcados con el símbolo de una línea azul de triángulos que señalan la dirección de su movimiento.

La velocidad de desplazamiento del frente es tal que el efecto de descenso brusco de temperatura se observa en pocas horas e incluso de pocos minutos en el caso de un simple cumulonimbo.

### **Frente Cálido**

Se llama frente cálido a la parte frontal de una masa de aire tibio que avanza para reemplazar a una masa de aire frío, que retrocede. Generalmente, con el paso del frente cálido la temperatura y la humedad aumentan, la presión baja y aunque el viento cambia no es tan pronunciado como cuando pasa un frente frío. La precipitación en forma de lluvia, nieve o llovizna se encuentra generalmente al inicio de un frente superficial, así como las lluvias convectivas y las tormentas. La neblina es común en el aire frío que antecede a este tipo de frente. A pesar que casi siempre aclara una vez pasado el frente, algunas veces puede originarse neblina en el aire cálido.

### **Frente Ocluido**

Un frente ocluido se forma donde un frente caliente móvil más lento es seguido por un frente frío con desplazamiento más rápido. El frente frío con forma de cuña, alcanza al frente caliente y lo empuja hacia arriba. Los dos frentes continúan

moviéndose uno detrás del otro y la línea entre ellos es la que forma el frente ocluido.

Así como con los frentes inmóviles, se puede dar una gran variedad de condiciones climáticas a lo largo de este tipo de frente, pero por lo general, están asociados con los estratos de nubes y la precipitación ligera. Los frentes ocluidos se forman, generalmente, alrededor de áreas de baja presión y cuando estas están debilitándose.

Los frentes ocluidos están marcados en los mapas meteorológicos con una línea punteada violeta entre las marcas del frente frío y el frente caliente que señala la dirección de su desplazamiento.

### **Frente Estacionario**

Un frente estacionario es un límite entre dos masas de aire, de las cuales ninguna es lo suficientemente fuerte para sustituir a la otra. Se puede encontrar una gran variedad de condiciones climáticas a lo largo de este tipo de frente, pero, generalmente, las nubes y la precipitación prolongada son las más frecuentes.

Después de varios días, los frentes estacionarios se disipan o se convierten en un frente frío o cálido. Estos frentes son más numerosos en los meses de verano. La precipitación prolongada asociada a ellos, es, a menudo, responsable de inundaciones durante los meses de verano.

En los mapas meteorológicos están marcados con una línea de círculos rojos y triángulos azules que se alternan, puestos en direcciones opuestas, representando la naturaleza dual del frente.

## Sistemas Tropicales

### **Ciclones Tropicales**

De acuerdo a Hernández (1997) Un ciclón tropical es un remolino gigantesco que cubre cientos de miles de kilómetros cuadrados y tiene lugar, primordialmente, sobre los espacios oceánicos tropicales.

Cuando las condiciones oceánicas y atmosféricas propician que se genere un ciclón tropical, la evolución y desarrollo de éste puede llegar a convertirlo en huracán. El término huracán tiene su origen en el nombre que los indios mayas y caribeños daban al dios de las tormentas.

La formación de los ciclones en los océanos se ve favorecida cuando la temperatura de la capa superficial de agua supera los 26° C. Lo anterior, aunado a la existencia de una zona de baja presión atmosférica, hacia la cual convergen vientos de todas direcciones.

Los vientos en la zona circundante fluyen y aumenta el ascenso del aire caliente y húmedo que libera vapor de agua. El calor latente, ganado por la condensación del vapor de agua, es la fuente de energía del ciclón.

Una vez que se inicia el movimiento del aire hacia arriba, a través de la columna central, se incrementa la entrada de aire en los niveles más bajos, con la correspondiente salida en el nivel superior del fenómeno. Por la influencia de la fuerza de rotación de la Tierra, el aire converge, gira y comienza a moverse en espiral, en sentido contrario a las manecillas del reloj, en el caso del Hemisferio Norte.



## **Etapas de Evolución**

La evolución de un ciclón tropical puede llegar a desarrollar cuatro etapas:

**Perturbación Tropical:** Zona de inestabilidad atmosférica asociada a la existencia de un área de baja presión, la cual propicia la generación incipiente de vientos convergentes cuya organización eventual provoca el desarrollo de una depresión tropical.

**Depresión Tropical:** Los vientos se incrementan en la superficie, producto de la existencia de una zona de baja presión. Dichos vientos alcanzan una velocidad sostenida menor o igual a 62 kilómetros por hora.

**Tormenta Tropical:** El incremento continuo de los vientos provoca que éstos alcancen velocidades sostenidas entre los 63 y 118 km/h. Las nubes se distribuyen en forma de espiral. Cuando el ciclón alcanza esta intensidad se le asigna un nombre preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial.

**Huracán:** es un ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h. El área nubosa cubre una extensión entre los 500 y 900 km de diámetro, produciendo lluvias intensas. El ojo del huracán alcanza normalmente un diámetro que varía entre 24 y 40 km. Sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 km.

Por lo tanto los huracanes se clasifican por medio de la escala Saffir-Simpson, en la cual se puede visualizar la categoría, los vientos máximos sostenidos que puede alcanzar, la marea de tormenta y los daños que puede ocasionar como se indica en la siguiente tabla:

## ESCALA SAFFIR-SIMPSON

Categoría	Vientos Máximos (km/h)	Marea de tormenta que normalmente ocasiona (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
Uno	118.1 a 154	1.2 a 1.5	Árboles pequeños caídos; algunas inundaciones en carreteras costeras en sus zonas más bajas.
Dos	154.1 a 178	1.8 a 2.5	Tejados, puertas y ventanas dañados; desprendimiento de árboles.
Tres	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Grietas en pequeñas construcciones; inundaciones en terrenos bajos y planos.
Cuatro	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Desprendimiento de techos en viviendas; erosiones importantes en playas y cauces de ríos y arroyos. Daños inminentes en los servicios de agua potable y saneamiento.
Cinco	Mayores a 250	Mayores a 5.5	Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y edificios industriales.

**Tabla 1.0 (Escala Saffir-Simpson - CGSMN, 2014)**

### Onda Tropical

Se le denomina onda tropical u onda del Este en el océano Atlántico. Es un tipo de vaguada, es decir, un área alargada de relativa baja presión orientada de Norte a Sur. Se mueve de Este a Oeste a través de los trópicos, causando áreas de nubes y tormentas que se observan por lo general detrás del eje de la onda. Las ondas tropicales son transportadas hacia el Oeste por los vientos alisios, que

soplan paralelos a los trópicos, y pueden conducir a la formación de ciclones tropicales en las cuencas del océano Atlántico norte y del Pacífico nororiental.

Dichas ondas tropicales generalmente siguen un área de aire descendente intensamente seco que sopla desde el Noreste. Luego de pasar la línea de vaguada, el viento vira hacia el Sudeste, la humedad se incrementa abruptamente y la atmósfera se desestabiliza. Ello produce chubascos extendidos y tormentas, a veces severas. Los chubascos gradualmente disminuyen a medida que la onda se desplaza hacia el Oeste. Una excepción a esta precipitación ocurre en el océano Atlántico. Una onda tropical es seguida por una ola de aire seco llamada «capa de aire sahariano». La inversión del aire seco cubre la convección, dejando los cielos despejados. Además, la presencia de polvo en la capa sahariana refleja la luz solar, enfriando el aire debajo de la misma.

En conclusión acerca de los sistemas tropicales se puede decir que son fenómenos típicos de México, presentándose principalmente durante el período del mes de mayo a noviembre, aportando gran cantidad de humedad a la mayor parte del territorio nacional y en algunos casos alcanzando la zona de subsidencias donde predominan climas cálidos, pudiendo generar precipitaciones en dichas zonas de nuestro país.

## INFRAESTRUCTURA

### Estación Meteorológica

Es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Los instrumentos comunes y variables que se miden en una estación meteorológica incluyen:

- Termómetro: Instrumento que mide la temperatura en diversas horas del día.
- Termómetros de subsuelo (geotermómetro): Para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad.
- Termómetro de mínima junto al suelo: Mide la temperatura mínima a una distancia de 15 cm sobre el suelo.
- Termógrafo: Registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura.
- Barómetro: Medida de presión atmosférica en la superficie.
- Pluviómetro: Medida de la cantidad de agua caída sobre el suelo en forma de lluvia, nieve o granizo.
- Psicrómetro o higrómetro: Medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.
- Piranómetro: Medida de la radiación solar global (directa+difusa).
- Heliógrafo: Medida de las horas de luz solar, Anemómetro: Medida de la velocidad del viento.
- Veleta: Instrumento que indica la dirección del viento.

- Nefobasímetro: Medida de la altura de las nubes, pero sólo en el punto donde éste se encuentre colocado.

La mayor parte de las estaciones meteorológicas están automatizadas (E.M.A.) requiriendo un mantenimiento ocasional. Además, existen observatorios meteorológicos sinópticos, que sí cuentan con personal (observadores de meteorología), de forma que además de los datos anteriormente señalados se pueden recoger aquellos relativos a nubes (cantidad, altura, tipo), visibilidad y tiempo presente y pasado. La recogida de estos datos se denomina observación sinóptica.

Para la medida de variables en mares y océanos se utilizan sistemas especiales dispuestos en boyas meteorológicas.

Otras instalaciones meteorológicas menos comunes disponen de instrumental de sondeo remoto como radar meteorológico para medir la turbulencia atmosférica y la actividad de tormentas, perfiladores de viento y sistemas acústicos de sondeo de la estructura vertical de temperaturas. Alternativamente, estas y otras variables pueden obtenerse mediante el uso de globos sonda.

En todo caso la distribución irregular de estaciones meteorológicas y la falta de ellas en grandes regiones, como mares y desiertos, dificulta la introducción de los datos en modelos meteorológicos y complica el desarrollo de predicciones de mayor alcance temporal.

### **Observatorio Meteorológico**

Es el lugar donde se evalúan las condiciones actuales del tiempo, cuenta con el instrumental adecuado para tomar las lecturas de los parámetros necesarios. Lo constituyen una o más personas que realizan las observaciones sensoriales y que toman las lecturas de los diversos instrumentos.

## **Satélite Meteorológico**

Es un tipo de satélite artificial que se utiliza principalmente para supervisar el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra. Sin embargo, ven más que las nubes, las luces de la ciudad, fuegos, contaminación, auroras, tormentas de arena y polvo, corrientes del océano, etc. Son otras informaciones sobre el medio ambiente recogidas por los satélites.

El fenómeno de El Niño y sus efectos también son registrados diariamente en imágenes de satélite. El agujero de ozono de la Antártida es dibujado a partir de los datos obtenidos por los satélites meteorológicos. De forma agrupada, los satélites meteorológicos de China, Estados Unidos, Europa, India, Japón y Rusia proporcionan una observación casi continua del estado global de la atmósfera.

## **Radar Meteorológico**

El sistema RADAR cuyas siglas vienen de (RAdio Detection And Ranging), y que se define como "Sistema de Radiodeterminación basado en la comparación entre señales radioeléctricas reflejadas o retransmitidas desde la posición a determinar", en otras palabras, 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". Al medir el tiempo entre la señal transmitida y la recibida así como por la posición de la antena, en elevación y azimut, se puede determinar la posición exacta del "blanco". El nivel de señal recibida proporciona la intensidad de reflectividad y por tanto el tipo del "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. La ventaja de un radar meteorológico es equivalente al empleo de cientos de pluviómetros distribuidos a lo largo de la zona de cobertura del radar, que transmiten la información en tiempo real. 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 Radares Meteorológicos está formada por 13 radares; todos están provistos con el sistema Doppler, lo que permite conocer la velocidad y la dirección del blanco u objetivo. Todas las estaciones de Radar cuentan con un sistema ininterrumpible de energía, sistema de protección contra incendios y un sistema de comunicaciones con el centro colector de datos que se encuentra ubicado en las instalaciones del Servicio Meteorológico Nacional en la Ciudad de México, en donde se analiza, se procesa y se almacena toda la información. La red proporciona una cobertura aproximada del 70% del Territorio Nacional.

### **Modelos Numéricos de Predicción Meteorológica**

La predicción meteorológica numérica hace uso de los sistemas que usan datos meteorológicos actuales para alimentar complejos modelos físico-matemáticos de la atmósfera para predecir su evolución meteorológica. La manipulación de grandes conjuntos de datos y la realización de cálculos avanzados con una resolución lo suficientemente detallada, y por tanto se práctica en las previsiones meteorológicas y requiere del empleo de algunos de los mayores superordenadores del mundo. Algunos de los modelos numéricos de predicción, tanto a escalas global y regional, son utilizados para realizar previsiones para países del mundo entero.

El ensamble de varios modelos numéricos permite definir con mayor precisión la incerteza de la predicción y extender la predicción hacia un futuro más lejano (7 a 12 días), lo que no sería posible sin ellos.

## CAPÍTULO III

### PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL ESTADO DEL TIEMPO

*Descripción de la zona geográfica donde se realiza el Pronóstico Meteorológico*

El Servicio Meteorológico Nacional pertenece a la Comisión Nacional del Agua, organismo descentralizado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Este se encarga de proporcionar pronósticos meteorológicos a escala nacional en nuestro país, por lo tanto es de vital importancia tener en cuenta la información geográfica de la República Mexicana.

#### **Geografía**

Se localiza en la parte meridional de América del Norte, entre las coordenadas (32°43'06") y (14°32'27") de latitud Norte y (86°42'36") y (118°22'00') de longitud Oeste, limitando al norte con los Estados Unidos de América, al sureste con Belice y Guatemala, al oeste con el océano Pacífico y al este con el Golfo de México y el Mar Caribe (*Ver en el apartado de Anexos la Figura 1.0 Modelo Digital de Elevación*).

El país cubre una superficie total de 1,964,375 km<sup>2</sup>, de los cuales 1 959 248 km<sup>2</sup> corresponden a su superficie continental y 5,127 km<sup>2</sup> a su superficie insular. En su superficie, cuenta también con 3,269,386 km<sup>2</sup> de agua en su zona económica exclusiva, misma que limita con la zona económica exclusiva de cinco países, estos son: los Estados Unidos, Guatemala, Belice, Honduras y Cuba.

En tierra, limita al norte con los Estados Unidos a lo largo de 3,152 km mientras que al sureste comparte frontera con Guatemala en 986 km y con Belice en 196 km. Tiene 11,122 km de litorales continentales. La extensión de sus costas están repartidas en dos vertientes: al oeste, el océano Pacífico y el Golfo de California; y al este, el Golfo de México y el Mar Caribe, que forman parte de la cuenca del Océano Atlántico. Sobre el Océano Atlántico el país tiene



3,117 kilómetros lineales de costas y 8,475 Km más sobre el Océano Pacífico, incluido el Mar de Cortés (INEGI, 2014).

### **Relieve**

El relieve mexicano se caracteriza por ser muy accidentado y alojar múltiples volcanes. Por su geomorfología, el país se divide en 15 provincias fisiográficas, éstas son la Península de Baja California, la Llanura Sonorense, la Sierra Madre Occidental, las Sierras y Llanuras de Norteamérica, la Sierra Madre Oriental, la Gran Llanura de Norteamérica, la Llanura Costera del Pacífico, la Llanura Costera del Golfo Norte, la Mesa del Centro, el Eje volcánico, la Península de Yucatán, la Sierra Madre del Sur, la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y Guatemala y la Cordillera Centroamericana. **(Ver en el apartado de Anexos la Figura 1.0 Modelo Digital de Elevación).**

El territorio es recorrido por las sierras Madre Oriental y Madre Occidental, que son una prolongación de las Montañas Rocosas. La Sierra Madre Occidental termina en Nayarit, en la confluencia con el Eje Volcánico. A partir de allí y paralela a la costa del Pacífico, corre la Sierra Madre del Sur (INEGI, 2014).

El Eje Volcánico atraviesa el territorio del oeste al oriente, hasta unirse con la Sierra Madre Oriental en el Escudo Mixteco o Zempoaltépetl (a 3395 msnm de altitud). En el Eje Volcánico, de gran actividad volcánica como su nombre lo indica, se ubican los picos más altos de México: el Pico de Orizaba o Citlaltépetl (5610 m), el Popocatepetl (5462 m), el Iztaccíhuatl (5286 m), el Nevado de Toluca (4690 m) La Malinche (4461 m) y el Nevado de Colima (4340 m). En esta provincia geológica tuvo lugar el nacimiento del Parícutín, el volcán más joven del mundo.

Las prolongaciones al sureste de la sierra Madre Oriental son conocidas como Sierra Madre de Oaxaca o de Juárez, que concluye con la Sierra Madre del sur en el istmo de Tehuantepec. Al oriente de esta región se extienden la Mesa Central de Chiapas y la Sierra Madre de Chiapas, que tiene su punto culminante en el volcán Tacaná (4,117 m).

Los accidentes geográficos más visibles del territorio mexicano son la península de Baja California, en el noroeste, y la península de Yucatán, al oriente. La primera es recorrida de norte a sur por una cadena montañosa que recibe los nombres de Sierra de Baja California, de Sierra de San Francisco o de la Giganta.

Su punto más alto es el volcán de las Tres Vírgenes (2,054 m). La península de Yucatán, por el contrario, es una plataforma de piedra caliza casi completamente llana. Ubicada entre las sierras Madre Oriental y Occidental, y el Eje Volcánico. La altiplanicie mexicana, esta dividida en dos partes por pequeñas serranías como la de Zacatecas y las de San Luis. La parte norte es más árida y más baja que la sureña. En ella se localizan el desierto de Chihuahua y el semidesierto de Zacatecas. Al sur de las serranías transversales se encuentra la fértil región del Bajío y numerosos valles de tierra fría o templada, como la Meseta Tarasca, los valles de Toluca, México, y el Poblano-Tlaxcalteca. En esta mitad sur del altiplano se concentra la mayor parte de la población mexicana (INEGI, 2014).

Entre el Eje Volcánico y la Sierra Madre del Sur se localiza la Depresión del Balsas y la Tierra Caliente de Michoacán, Jalisco y Guerrero. Al oriente, atravesando la intrincada Sierra Mixteca, se encuentran los Valles Centrales de Oaxaca, rodeados por montañas abruptas que complican el acceso y las comunicaciones.

Repartidas en su mar territorial se hallan numerosas islas, entre las que destacan los archipiélagos de Revillagigedo (Socorro, Clarión, San Benedicto, Roca Partida), y las islas Marías, en el Pacífico; las de Guadalupe, Cedros, Ángel de la Guarda, Coronado, Rocas Alijos, Isla del Tiburón, Isla del Carmen, frente a la península de Baja California y la costa de Sonora; y las de Ciudad del Carmen, Cozumel, Mujeres, y el arrecife Alacranes, en la cuenca atlántica. En conjunto suman una superficie de 5073 km<sup>2</sup>.

### ***Hidrografía***

Los ríos de México se agrupan en tres vertientes. La vertiente del Pacífico, la del Golfo y la vertiente interior. El más largo de los ríos mexicanos es el Bravo, de la vertiente del Golfo. El río una longitud de 3034 km (1885 millas), y sirve como

límite con Estados Unidos. Otros ríos importantes son: el Usumacinta que es el más caudaloso de México y que sirve de límite internacional con Guatemala; el río Grijalva, el segundo más caudaloso del país, ambos ríos se unen en la planicie de Tabasco, conformando la cuenca hidráulica más caudalosa de México; y el río Pánuco, a cuya cuenca pertenece el Valle de México. **(Ver en el apartado de Anexos la Figura 2.0 Hipsometría – Batimetría - Hidrología).**

En el Pacífico desembocan los ríos Lerma-Santiago y Balsas, de vital importancia para las ciudades de las tierras altas de México; los ríos Sonora, Fuerte, Mayo, Yaqui y Piaxtla, que sostienen la próspera agricultura del noroeste del país, y el río Colorado, compartido con Estados Unidos. Los ríos interiores, es decir, aquellos que no desembocan en el mar, suelen ser cortos y con caudal escaso. Destacan el río Casas Grandes en Chihuahua, y el Nazas, en Durango. La mayor parte de los ríos de México tienen poco caudal, y casi ninguno de ellos es navegable (INEGI, 2014).

México alberga numerosos lagos y lagunas en su territorio, pero de tamaño modesto. El más importante cuerpo interior de agua es el lago de Chapala, ubicado en el estado de Jalisco, y que a causa de la sobreexplotación está en riesgo de desaparecer. Otros lagos importantes son el lago de Pátzcuaro, el Zirahuén y el Cuitzeo, todos ellos en Michoacán. Además, la construcción de presas ha propiciado la formación de lagos artificiales, como el de las Mil Islas, en Oaxaca.

### **Clima**

En México el clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas. Estos de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, subhúmedo y muy seco. **(Ver en el apartado de Anexos la Figura 3.0 Clima).**

El clima seco se encuentra en la mayor parte del centro y norte del país, región que comprende el 28.3% del territorio nacional; se caracteriza por la circulación de los vientos, lo cual provoca escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, con temperaturas en promedio de 22° a 26° C en algunas regiones, y en otras de 18° a 22° C (CGSMN, 2014).

El clima muy seco registra temperaturas en promedio de 18° a 22° C, con casos extremos de más de 26°C; presentando precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio, se encuentra en el 20.8% del país.

En relación con el clima cálido, éste se subdivide en cálido húmedo y cálido subhúmedo. El primero de ellos ocupa el 4.7% del territorio nacional y se caracteriza por tener una temperatura media anual entre 22° y 26°C y precipitaciones de 2,000 a 4,000 mm anuales. Por su parte, el clima cálido subhúmedo se encuentra en el 23% del país; en él se registran precipitaciones entre 1,000 y 2,000 mm anuales y temperaturas que oscilan de 22° y 26°, con regiones en donde superan los 26°C.

El clima templado se divide en húmedo y subhúmedo; en el primero de ellos se registran temperaturas entre 18° y 22°C y precipitaciones en promedio de 2,000 a 4,000 mm anuales; comprende el 2.7% del territorio nacional. Respecto al clima templado subhúmedo, se encuentra en el 20.5% del país. Presenta en su mayoría temperaturas entre 10° y 18° C y de 18° a 22°C. Sin embargo, en algunas regiones puede disminuir a menos de 10°C y registra precipitaciones de 600 a 1,000 mm en promedio durante el año (CGSMN, 2014).

Finalmente para realizar un pronóstico meteorológico, es necesario saber la geografía (relieve, hidrografía y clima) del área a pronosticar, en este caso México, ya que tiene gran relación con el tiempo atmosférico, porque dependiendo el fenómeno meteorológico y la geografía de la zona, se podrá inferir como estará afectando el espacio geográfico.

## METODOLOGÍA

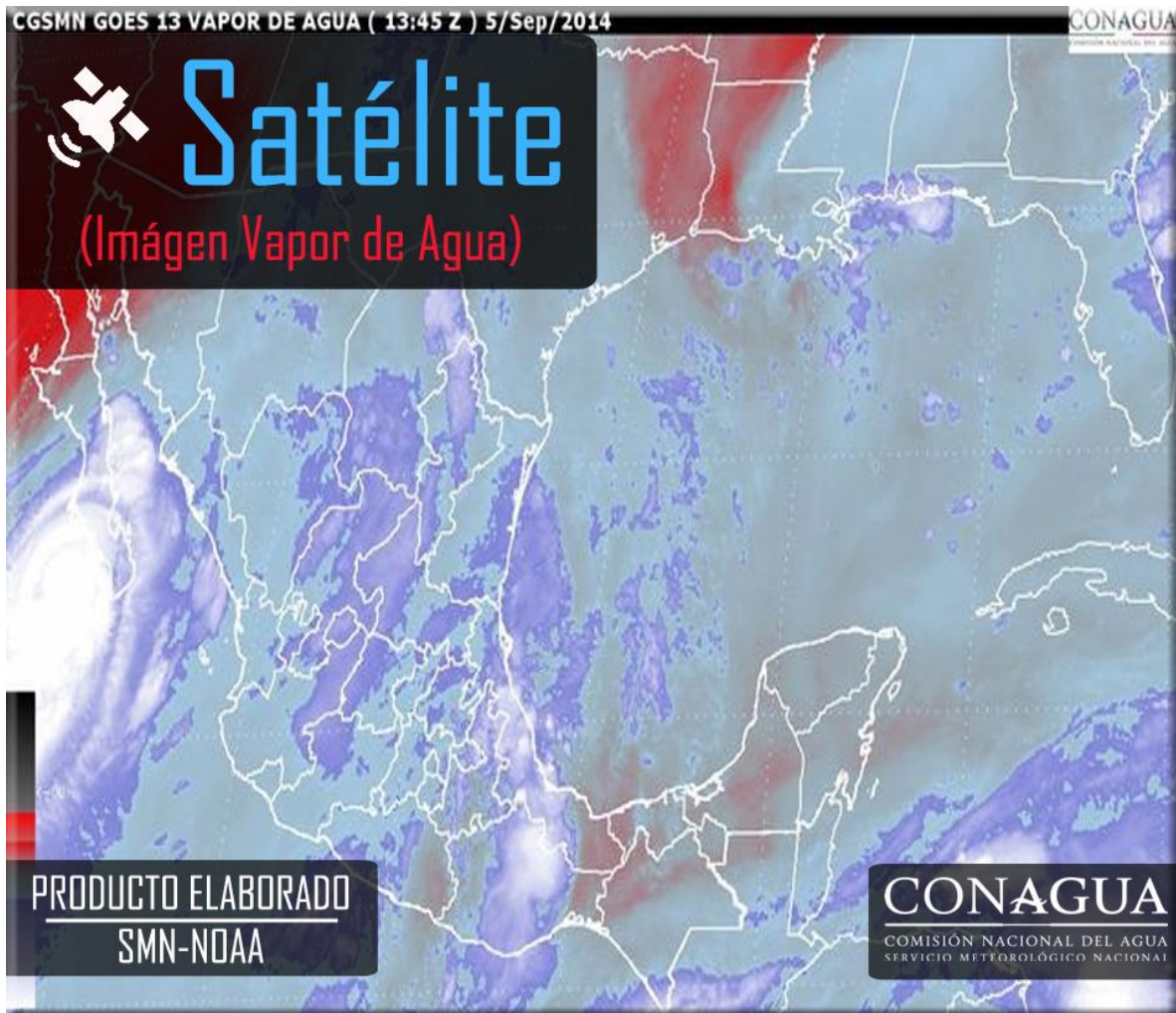
### *Descripción de los pasos a seguir para realizar un pronóstico meteorológico*

Para poder emitir un pronóstico meteorológico en el Servicio Meteorológico Nacional es importante el analizar cada nivel de la atmósfera comenzando desde los niveles bajos superficie, (850 hPa) hasta los niveles altos (250 hPa), con la ayuda de las diferentes herramientas, tales como: imágenes de satélite, radiosondeos y modelos numéricos, con el fin de poder observar el comportamiento y evolución de los fenómenos meteorológicos a corto plazo.

La siguiente metodología se aplicará para la realización de un pronóstico meteorológico (Territorio Nacional y Ciudad de México) para las 24 horas siguientes, a partir de las 07:00 hrs tiempo del centro de México del 05 de septiembre de 2014, en dicho proceso se describe el tipo de herramienta que se utiliza y la forma en que contribuye a la realización del análisis meteorológico.

### **1) Imágenes de Satélite**

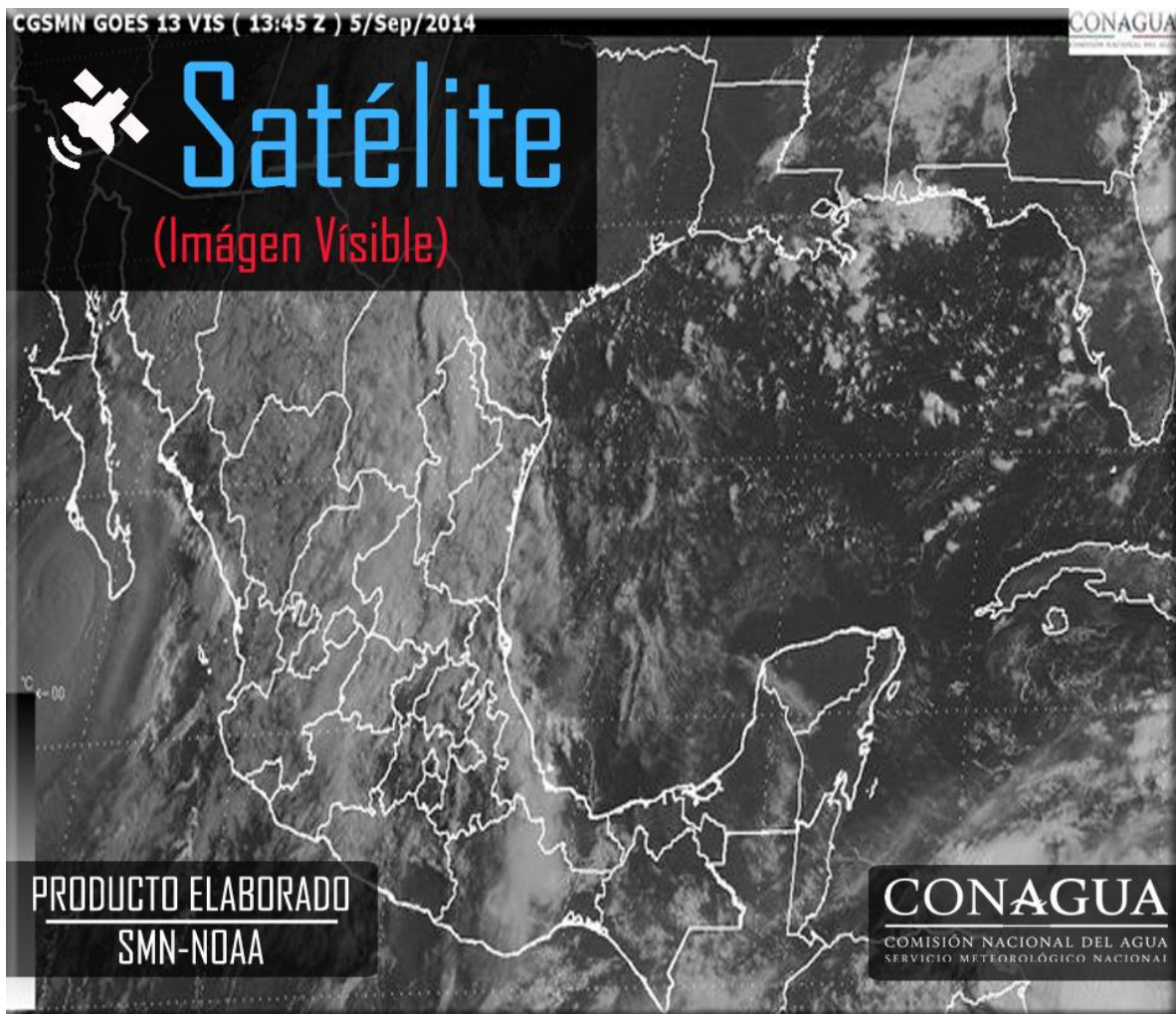
El primer paso consiste en analizar e interpretar las condiciones meteorológicas actuales mediante las imágenes de satélite, comenzando por la imagen de vapor de agua, en la cual se representa la cantidad de vapor de agua de la atmósfera. Esta indica zonas de aire húmedo y seco. Los colores cálidos indican aire seco, mientras que un blanco más brillante indica que el aire es más húmedo. En esta imagen se pueden identificar vaguadas, máximos de viento, vórtices a partir de zonas de baja presión, bandas de deformación, etc.



***(Figura 4.0 Imagen de satélite Vapor de Agua Goes-Este 13 / CONAGUA-SMN)***

En segundo lugar se analiza la imagen visible, donde se representa la cantidad de luz que es reflejada hacia el espacio por las nubes o la superficie de la tierra. El agua y la tierra sin nubes son normalmente oscuras, mientras que las nubes y la nieve se presentan brillantes. Las nubes espesas son más reflectivas y aparecen más brillantes que las tenues. Sin embargo, en estas imágenes del espectro visible es difícil discernir entre nubes altas y bajas. Las imágenes en el espectro visible no se pueden obtener en ausencia de luz solar. Las imágenes contribuyen a distinguir diferentes tipos de nubosidad, como las cumulonimbus y cumulus potentes, que son las causantes de tormentas eléctricas, además de zonas de niebla e identificación de sistemas frontales, huracanes, etc.

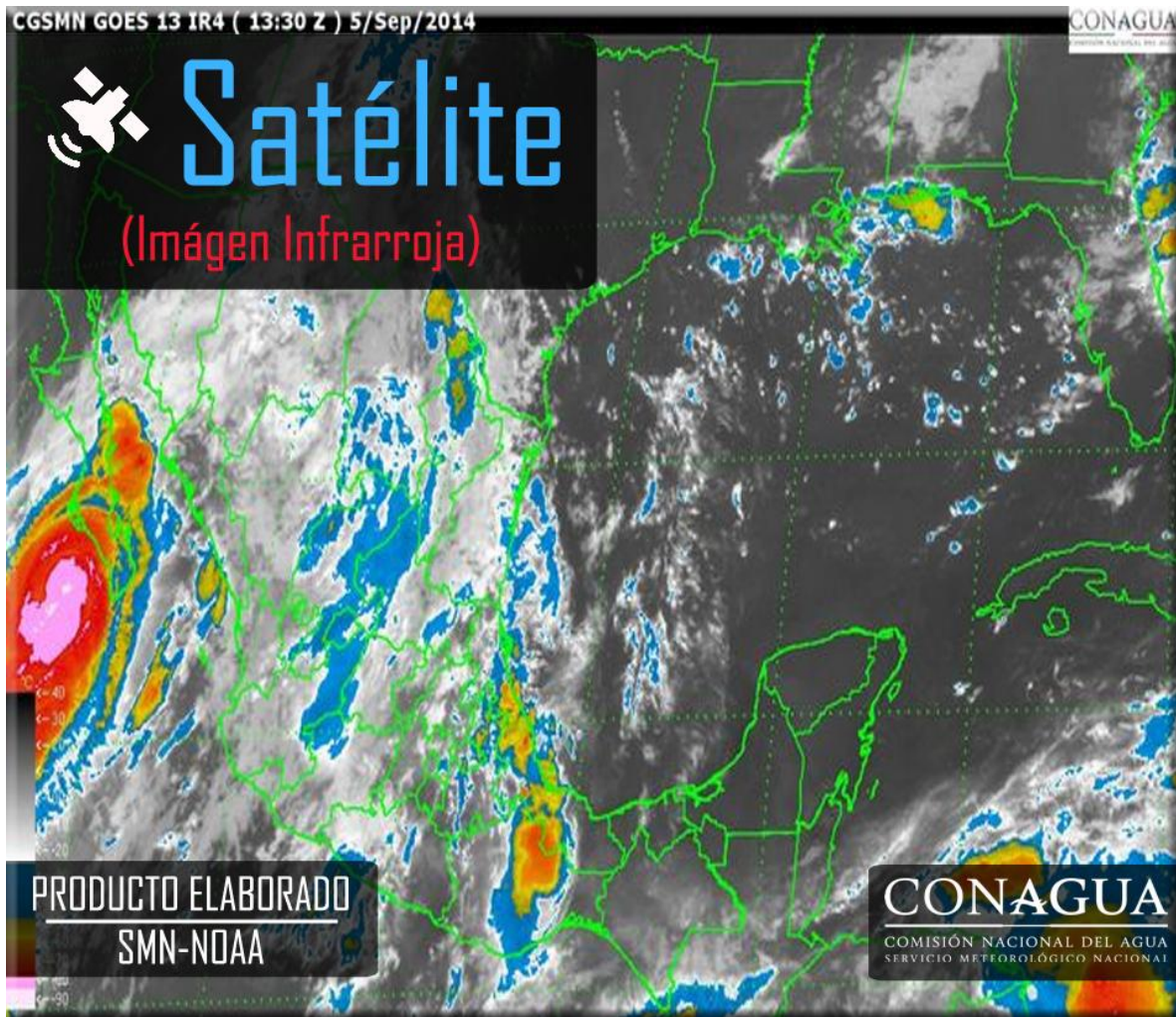




***(Figura 5.0 Imagen de satélite Visible Goes-Este 13 / CONAGUA-SMN)***

Y por último se analiza la imagen infrarroja, en la cual se representa la radiación infrarroja emitida por las nubes o la superficie de la tierra, proporcionándonos medidas de temperatura. En una imagen infrarroja, los objetos más calientes aparecen más oscuros que los fríos, las zonas sin nubes serán normalmente oscuras, pero también las nubes muy bajas y la niebla pueden aparecer oscuras. En esta imagen se puede determinar principalmente la intensidad de la convección sobre las diferentes entidades del territorio nacional, tomando en cuenta que los tonos rosa y rojos son convección fuerte asociado a tormentas con actividad eléctrica y posibilidad de granizo, los tonos amarillos y naranjas son convección

moderada asociados a tormentas con intervalos de chubascos y potencial de granizo; los tonos azules se relacionan con la convección ligera, asociada a la ocurrencia de lloviznas.



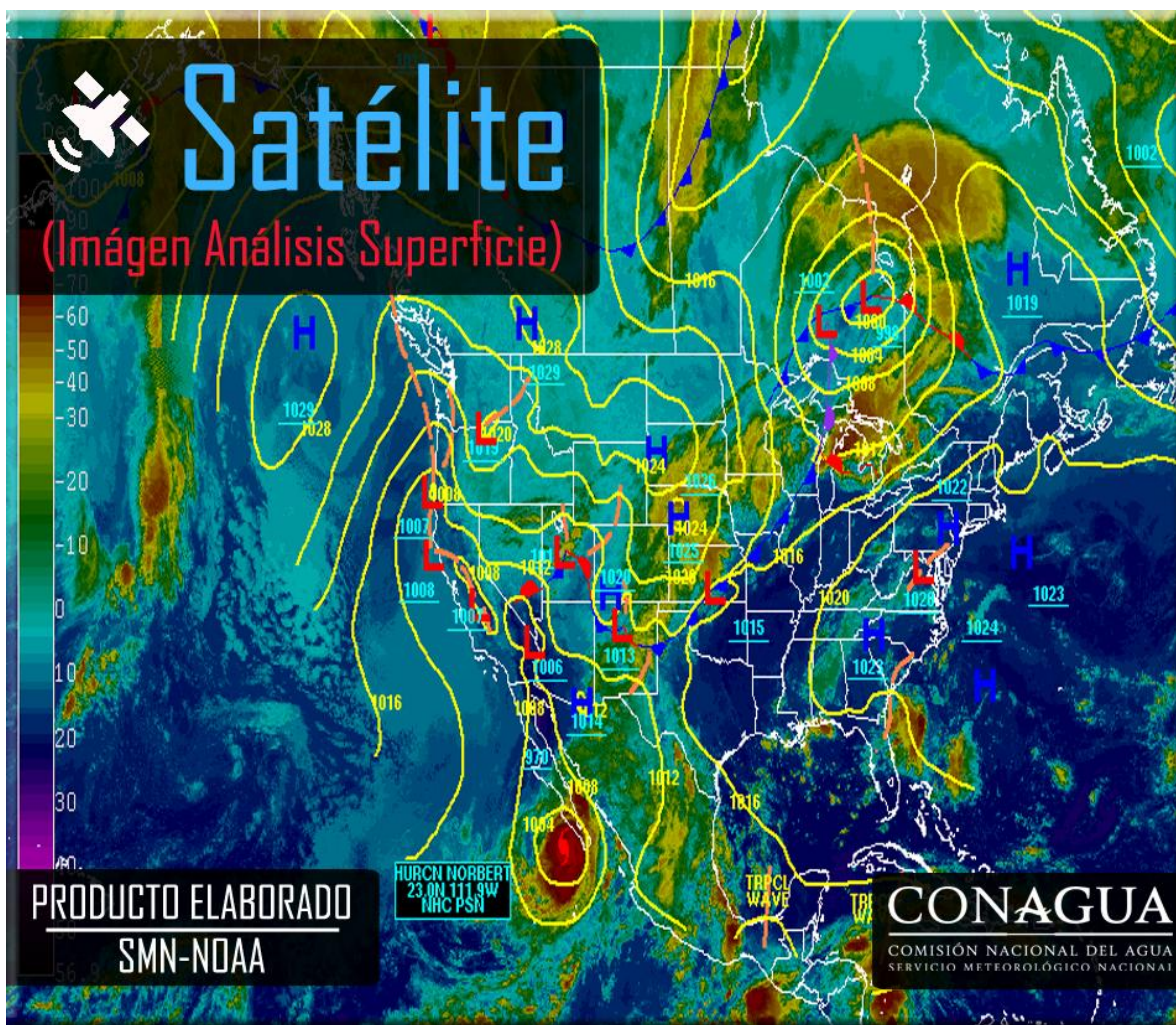
*(Figura 6.0 Imagen de satélite Infrarroja Goes-Este 13 IR4 / CONAGUA-SMN)*

## 2) Imagen de satélite con Análisis de Superficie

En esta imagen se representan los principales sistemas meteorológicos como son las bajas presiones, altas presiones, ciclones tropicales, vaguadas, ondas tropicales, frentes fríos (líneas azules), los frentes cálidos (líneas rojas), los



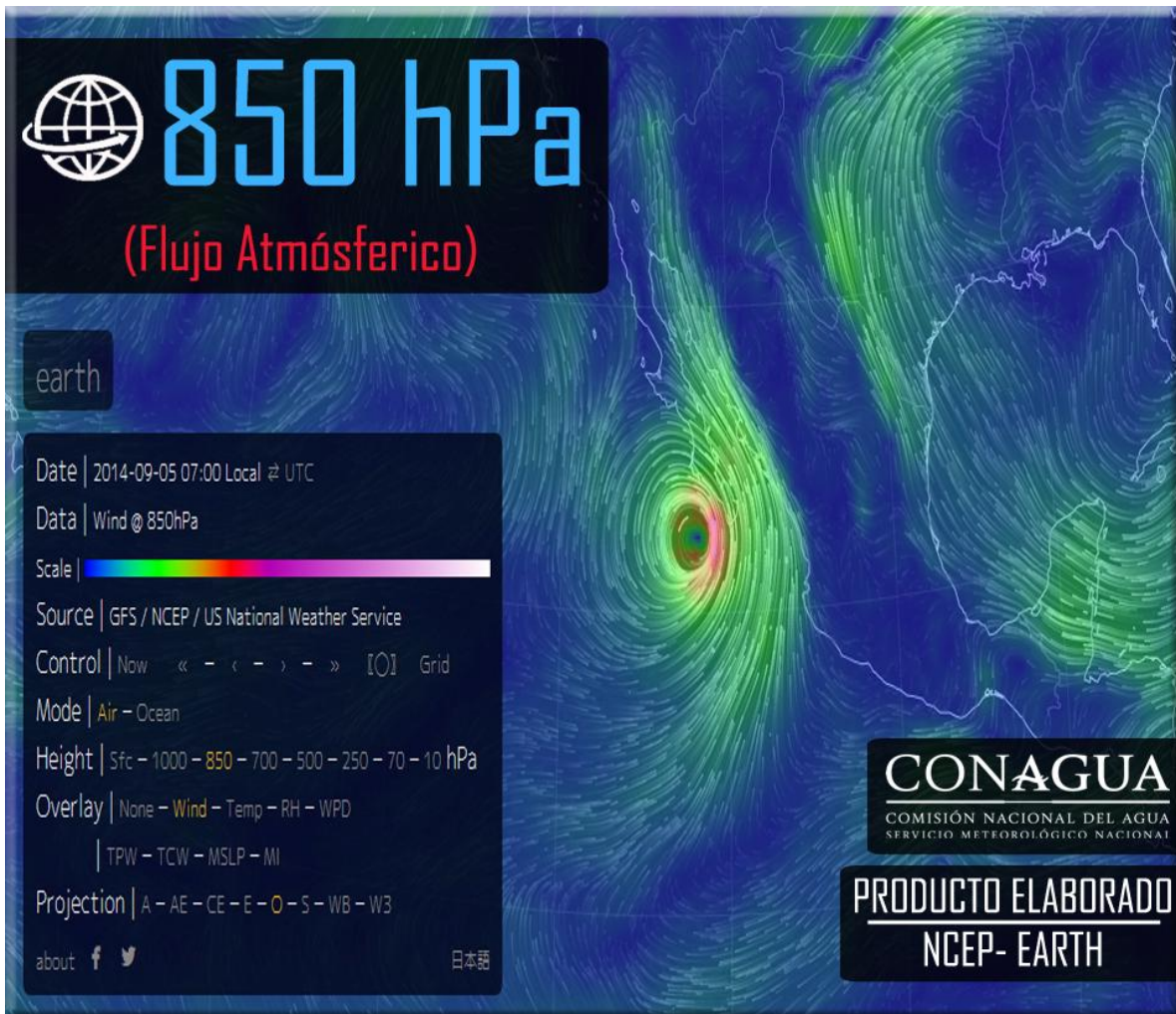
frentes semi-estacionados (líneas con flechas azules y semicírculos rojos), así mismo en ocasiones se observan líneas en colores púrpuras que corresponden a frentes ocluidos, que se producen cuando el frente frío alcanza al frente caliente (oclusión fría), por otra parte las líneas amarillas corresponden a las isobaras que son las líneas que unen los puntos de la superficie con igual valor de presión atmosférica. A estas isobaras suelen darse valores tales como 1008 hPa, 1010 hPa, 1020 hPa, etc, dependiendo su valor en determinada área de la imagen.



(Figura 7.0 Imagen de Análisis de Superficie / NOAA-CONAGUA-SMN)

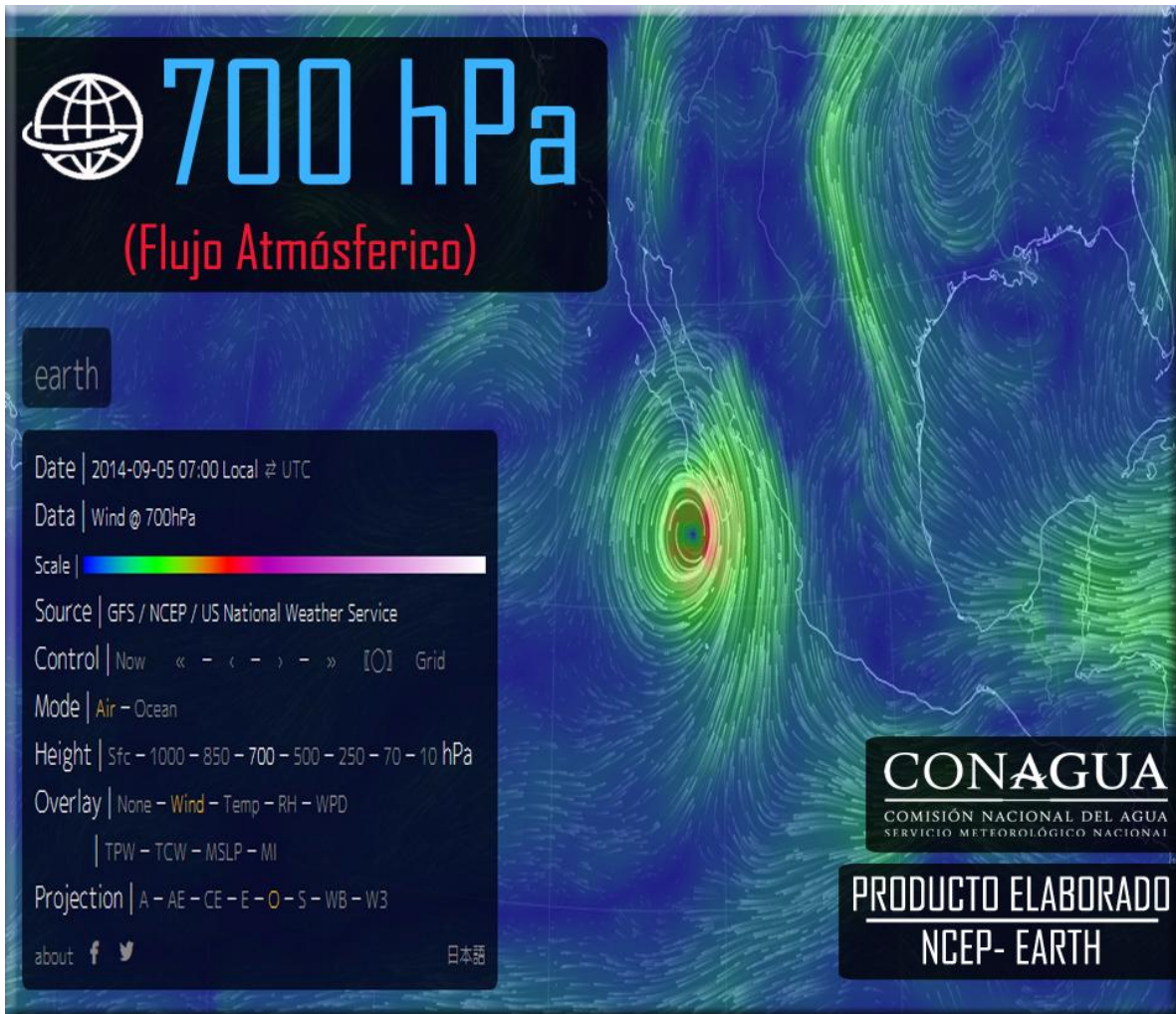
### 3) Cartas de Niveles Atmosféricos

La atmósfera se encuentra perfectamente organizada, que los anticiclones, bajas y frentes de superficie, obedecen estrictamente al flujo que proviene desde los vientos, cuñas y vaguadas de altura. Por lo tanto es de vital importancia que que la situación meteorológica que existe entre los 3 y 13 kilómetros de altura, es lo que rige las condiciones del estado del tiempo. En estas cartas se analiza el flujo del viento en los diferentes niveles de la atmósfera (850 hPa, 700 hPa, 500 hPa y 250 hPa), para poder identificar sistemas de acuerdo al nivel de altura de la carta, como lo son las bajas y altas presiones, corriente en chorro, vórtices, vaguadas, ondas tropicales, ciclones tropicales, etc.

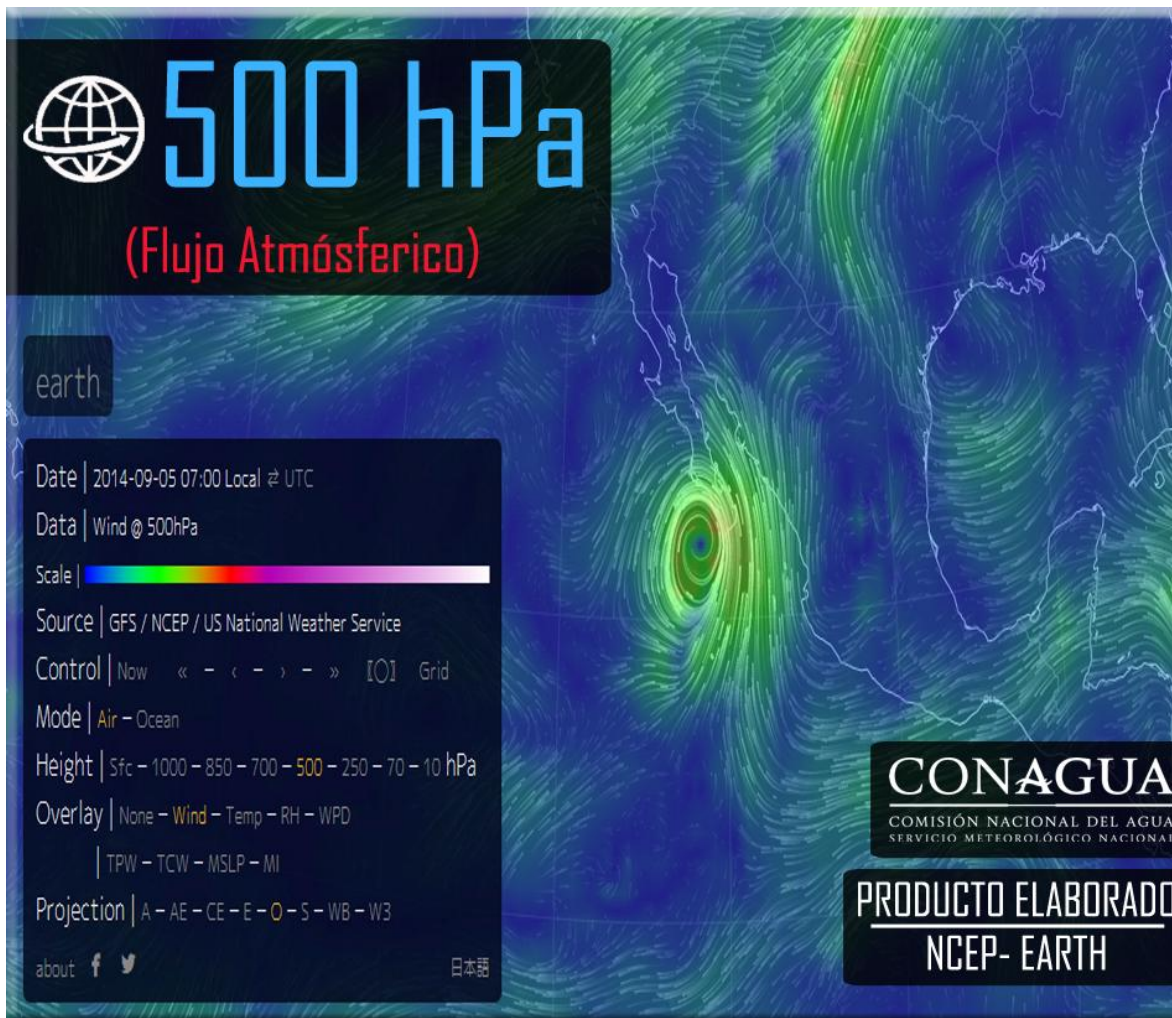


(Figura 8.0 Carta de 850 hPa / NATURAL EARTH-NCEP-CONAGUA-SMN)



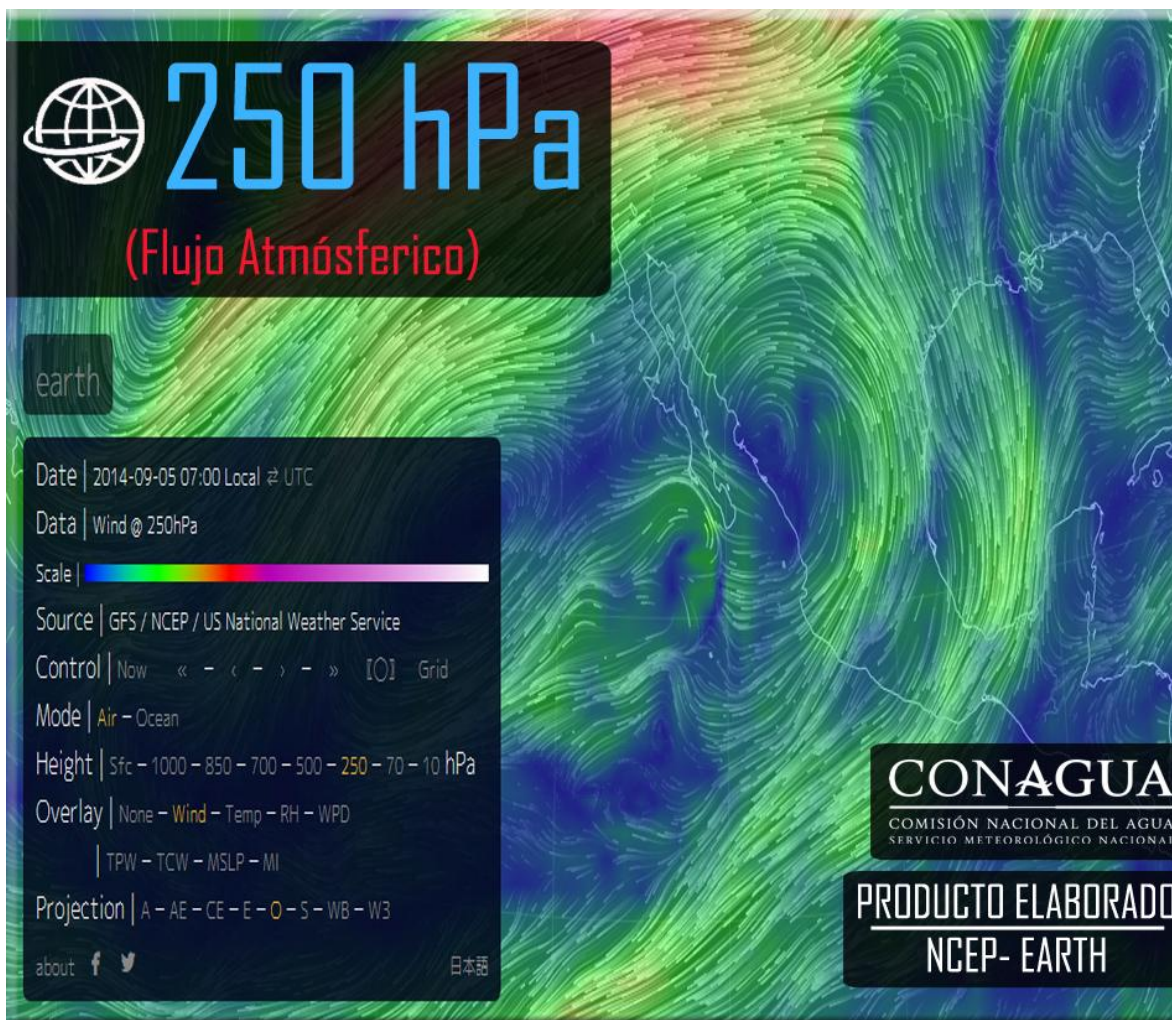


(Figura 9.0 Carta de 700 hPa / NATURAL EARTH-NCEP-CONAGUA-SMN)



(Figura 10.0 Carta de 500 hPa / NATURAL EARTH-NCEP-CONAGUA-SMN)





(Figura 11.0 Carta de 250 hPa / NATURAL EARTH-NCEP-CONAGUA-SMN)

#### 4) Análisis de Termogramas (Radiosondeos)

El análisis del Skew-T (Termograma) corresponde al gráfico que se va generando por el globo, que es lanzado dos veces al día. La función principal del radiosondeo es la observación de las capas altas de la atmósfera. Cada estación realiza mediciones de presión, temperatura, humedad y viento, para saber el comportamiento de la atmósfera (Estable o Inestable) y así poder determinar si habrá condiciones de tormenta o cielo despejado.

Lo que se analizará en el Skew-T es lo siguiente:

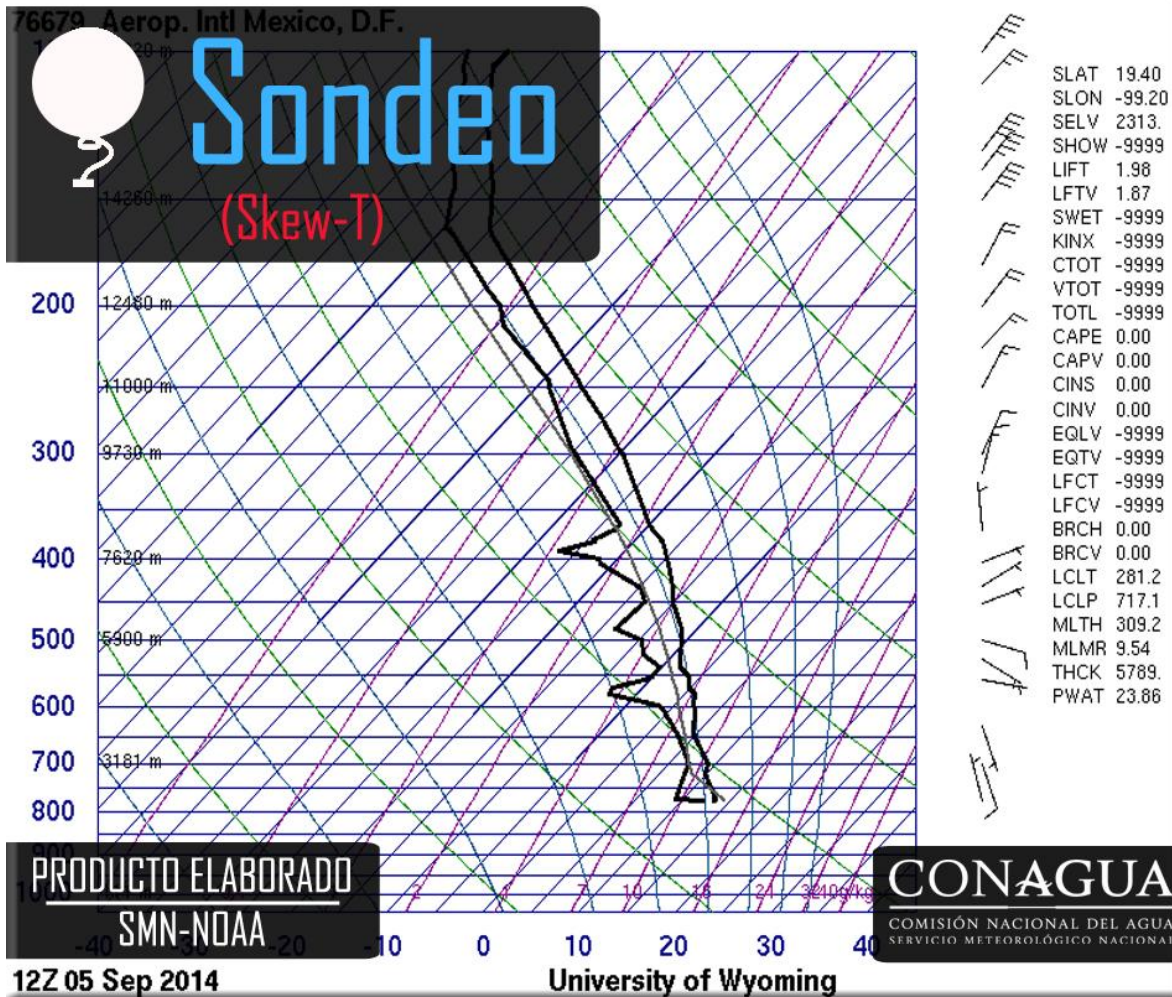
a. Adiabáticas secas: representan las trayectorias (variación de temperatura con la presión-altura) que seguiría en la gráfica un volumen de aire seco (HR=0%) que ascendiese o descendiese adiabáticamente (sin intercambiar calor con el aire adyacente). Siguen, por tanto, el gradiente adiabático del aire seco (es del orden de 1°C cada 100 m).

b. Adiabáticas húmedas saturadas: representan las trayectorias (variación de la temperatura con la presión-altura) que seguiría en la gráfica un volumen de aire saturado que ascendiese o descendiese adiabáticamente (sin intercambiar calor con el aire adyacente). Siguen, por tanto, el gradiente adiabático del aire húmedo (es del orden de 0.6°C cada 100 m).

c. Líneas de razón de mezcla o curva de saturación (g/Kg): indican la cantidad de vapor de agua presente por cada kilogramo de aire seco para una masa de aire saturado (HR=100%). Son útiles por tanto para medir la humedad.

Las principales curvas que se generan en el sondeo son dos curvas irregulares gruesas de color negro: la de la derecha es la curva de estado, que nos va mostrando la temperatura del aire en las distintas alturas del diagrama. La de la izquierda es la curva de los puntos de rocío, que muestra la temperatura de rocío, y por lo tanto indirectamente la humedad, para cada altura. En el eje vertical de la derecha se indica la velocidad y dirección del viento a distintas alturas. La velocidad del viento se indica en cada flecha mediante las rayas: cada raya larga representa 10 nudos (unos 18 km/h) y las cortas 5 nudos (9 km/h).

Para terminar el análisis se toman en cuenta los diferentes índices del Skew-T. Sin embargo, no se utilizan como parámetro esencial para saber si la atmosfera es inestable.



(Figura 12.0 Skew-T (Cd. México) / WYOMING-CONAGUA-SMN)

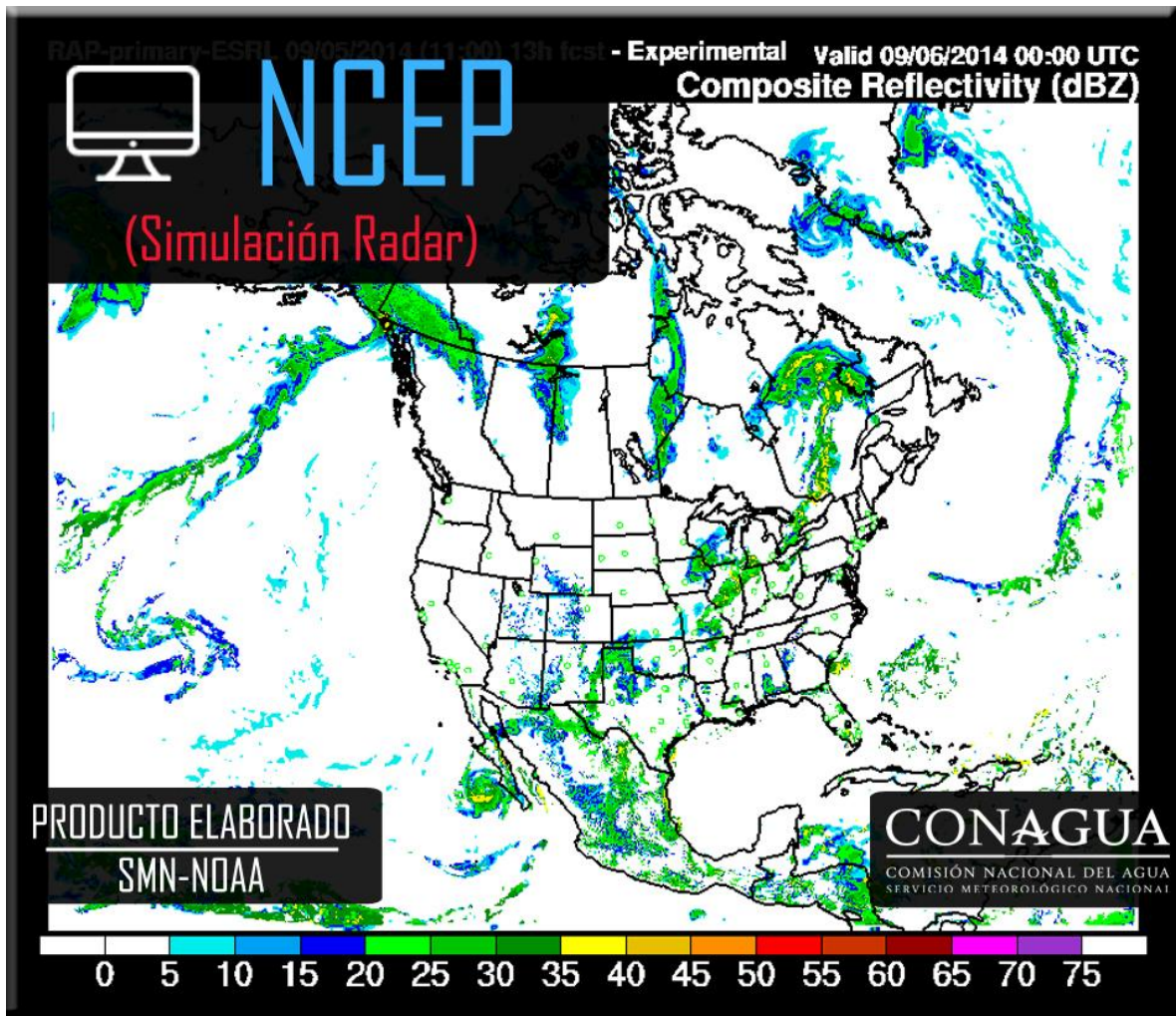
## 5) Modelos Numéricos

Para continuar con el procedimiento para la elaboración del pronóstico meteorológico es el turno de analizar cartas de los diferentes modelos numéricos, aunados al análisis e interpretación previo de la atmósfera.



*Rapid Refresh NCEP-NOAA*

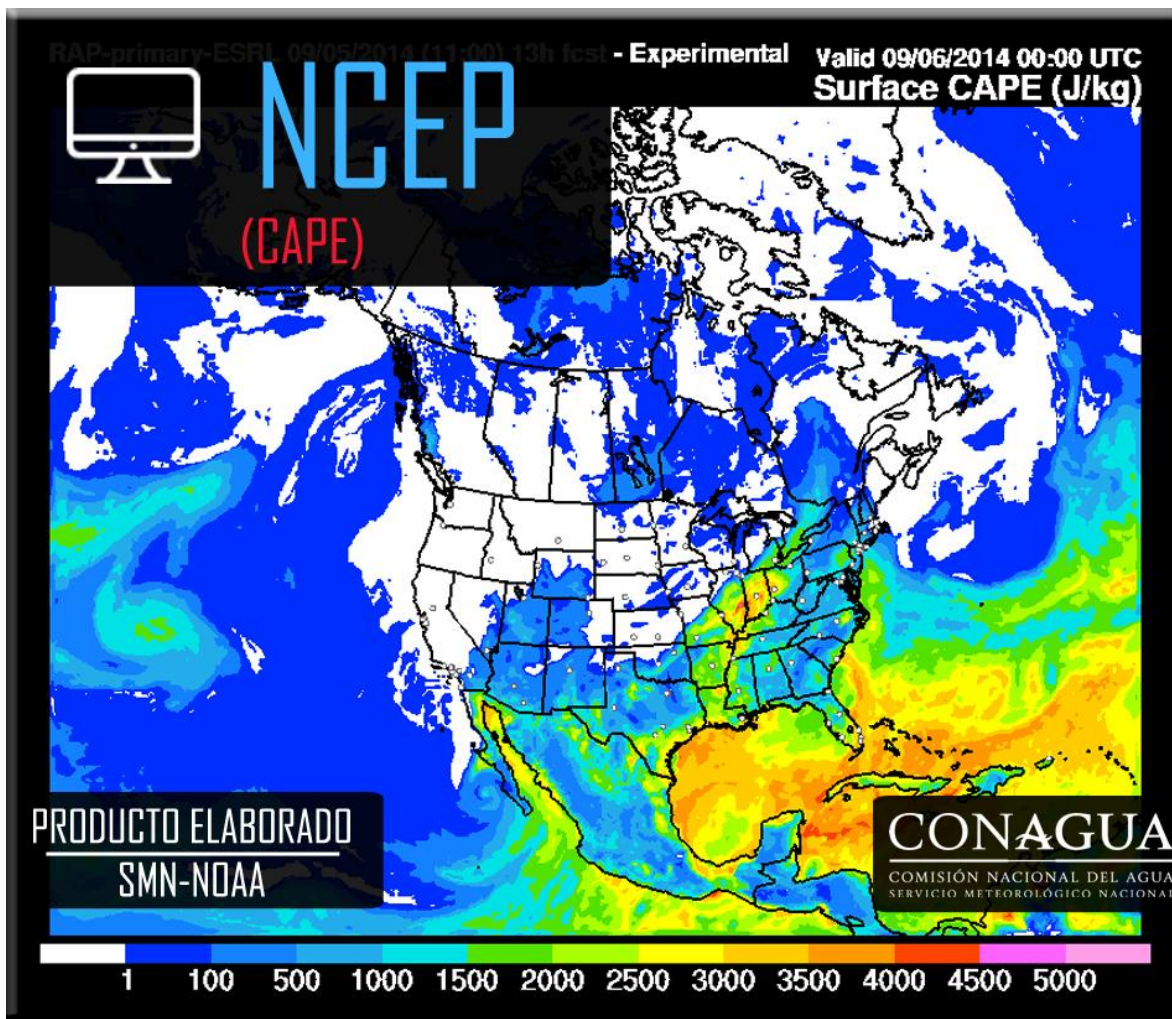
a. Simulación Radar: En esta carta se puede identificar donde existe la mayor reflectividad posible para el territorio nacional, asimismo al tener mayores valores de reflectividad, mayor será la cantidad de lluvia acompañada de tormentas eléctricas y potencial de granizo, dependiendo la zona del territorio nacional.



*(Figura 13.0 Simulación Radar / NOAA-CONAGUA-SMN)*

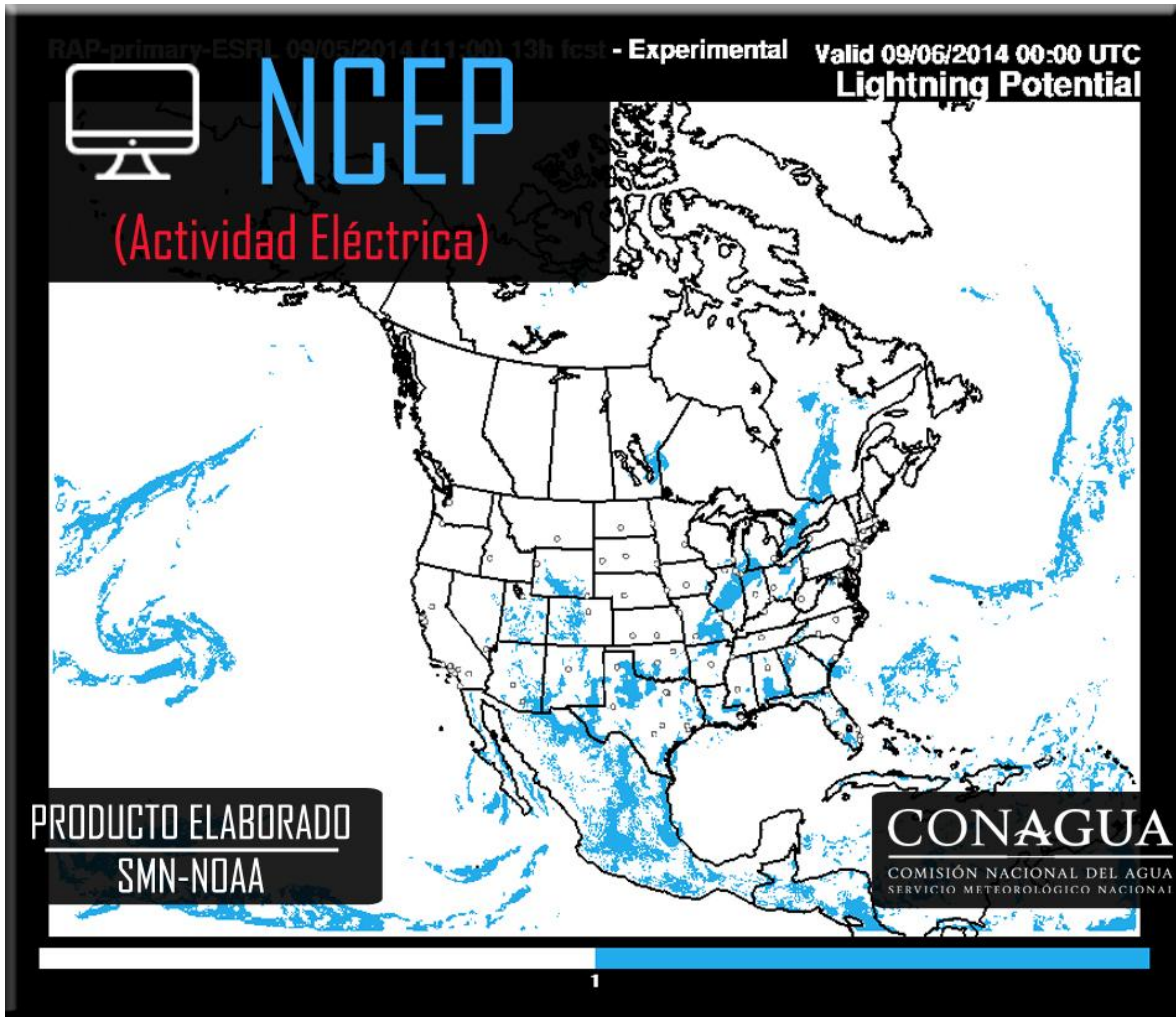


b. CAPE: En la siguiente carta se puede identificar las zonas del país con mayor probabilidad para la generación de tormentas (Valores mayores a 2500 J/Kg).



(Figura 14.0 CAPE / NOAA-CONAGUA-SMN)

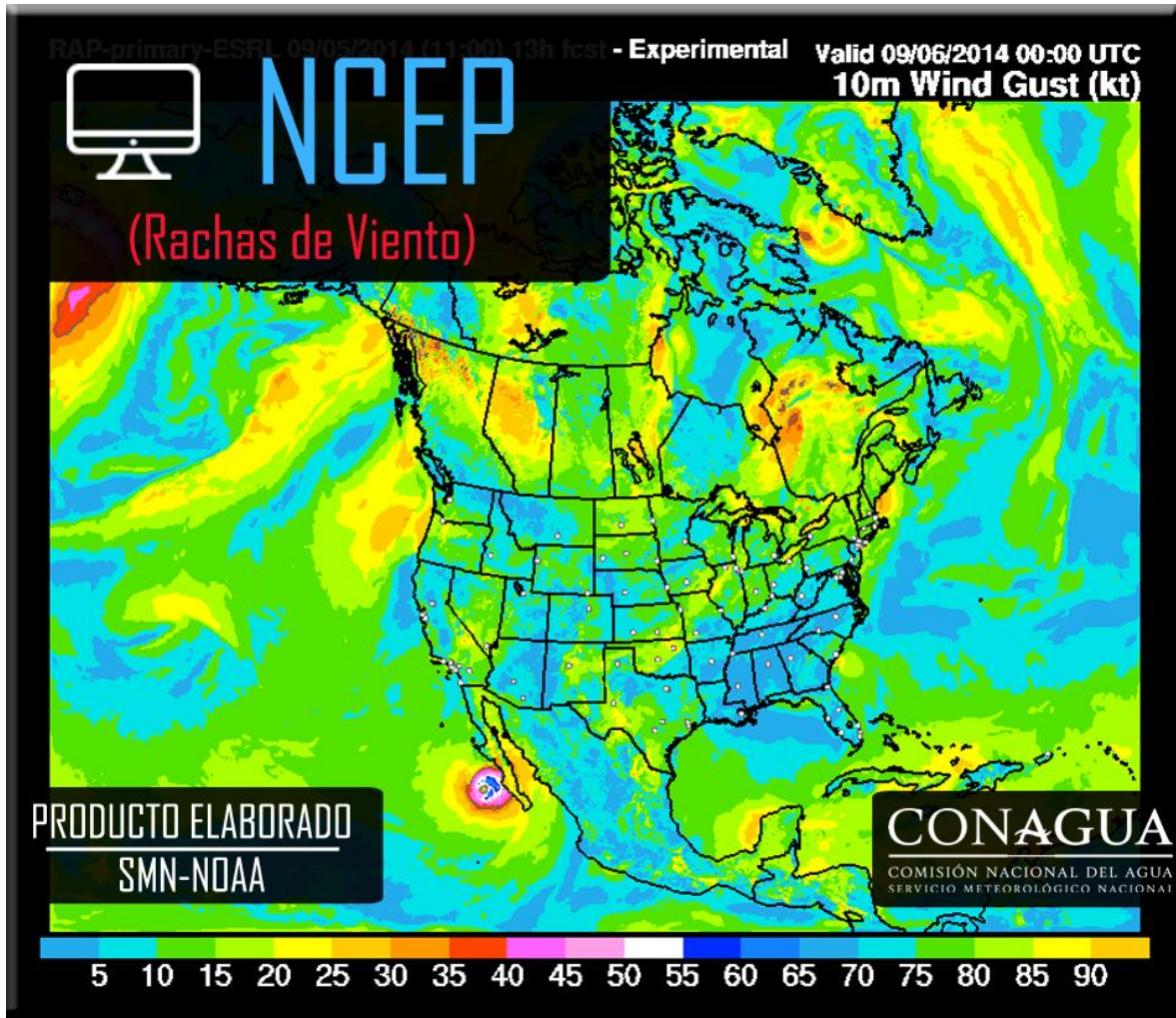
c. Actividad Eléctrica: En esta carta se observan las zonas del país que tienen mayor potencial para la ocurrencia de actividad eléctrica (Tonos azules).



(Figura 15.0 Actividad Eléctrica / NOAA-CONAGUA-SMN)

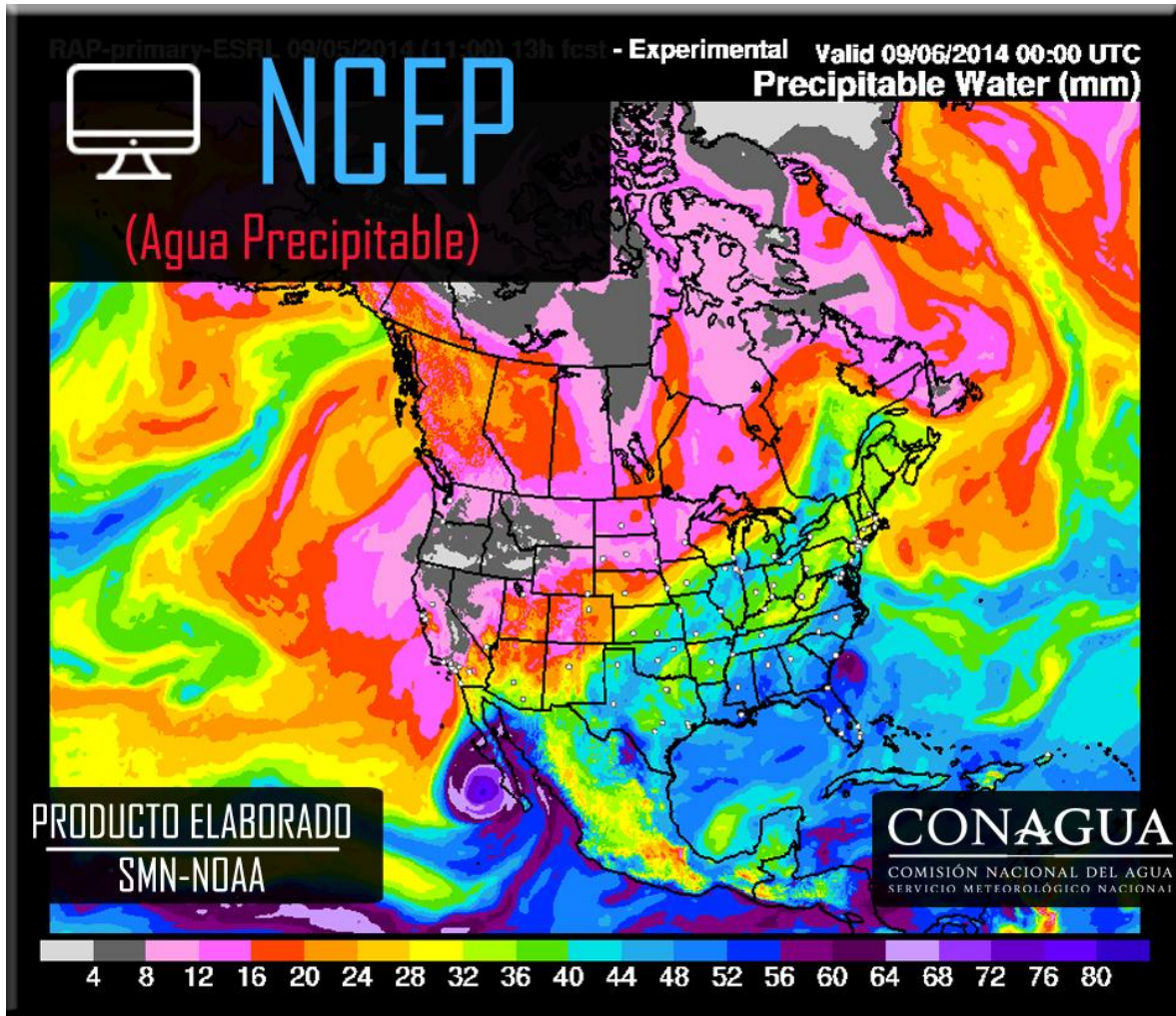


d. Rachas de Viento a 10 m: Esta carta muestra las áreas con potencial de vientos fuertes (>50 Km/h), los cuales pueden generar la caída de árboles, espectaculares y en combinación con otros sistemas y dependiendo la latitud la ocurrencia de tolveneras y tornados.



(Figura 16.0 RACHAS DE VIENTO (10 m) / NOAA-CONAGUA-SMN)

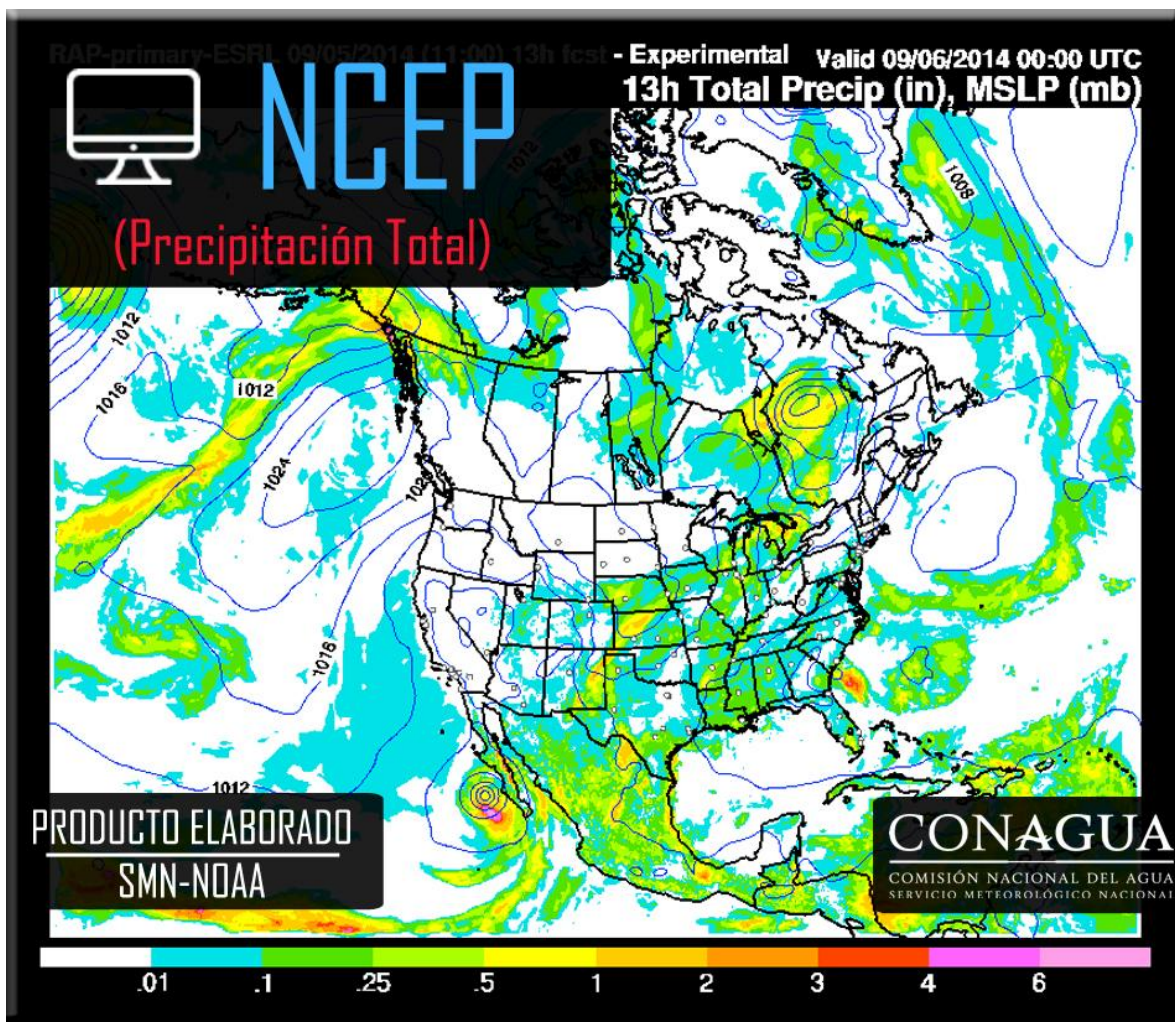
e. Agua Precipitable: Se puede observar en la siguiente carta la cantidad de agua que puede precipitar en milímetros sobre el territorio mexicano, teniendo como objetivo identificar las zonas con mayor cantidad de lluvia.



(Figura 17.0 AGUA PRECIPITABLE / NOAA-CONAGUA-SMN)

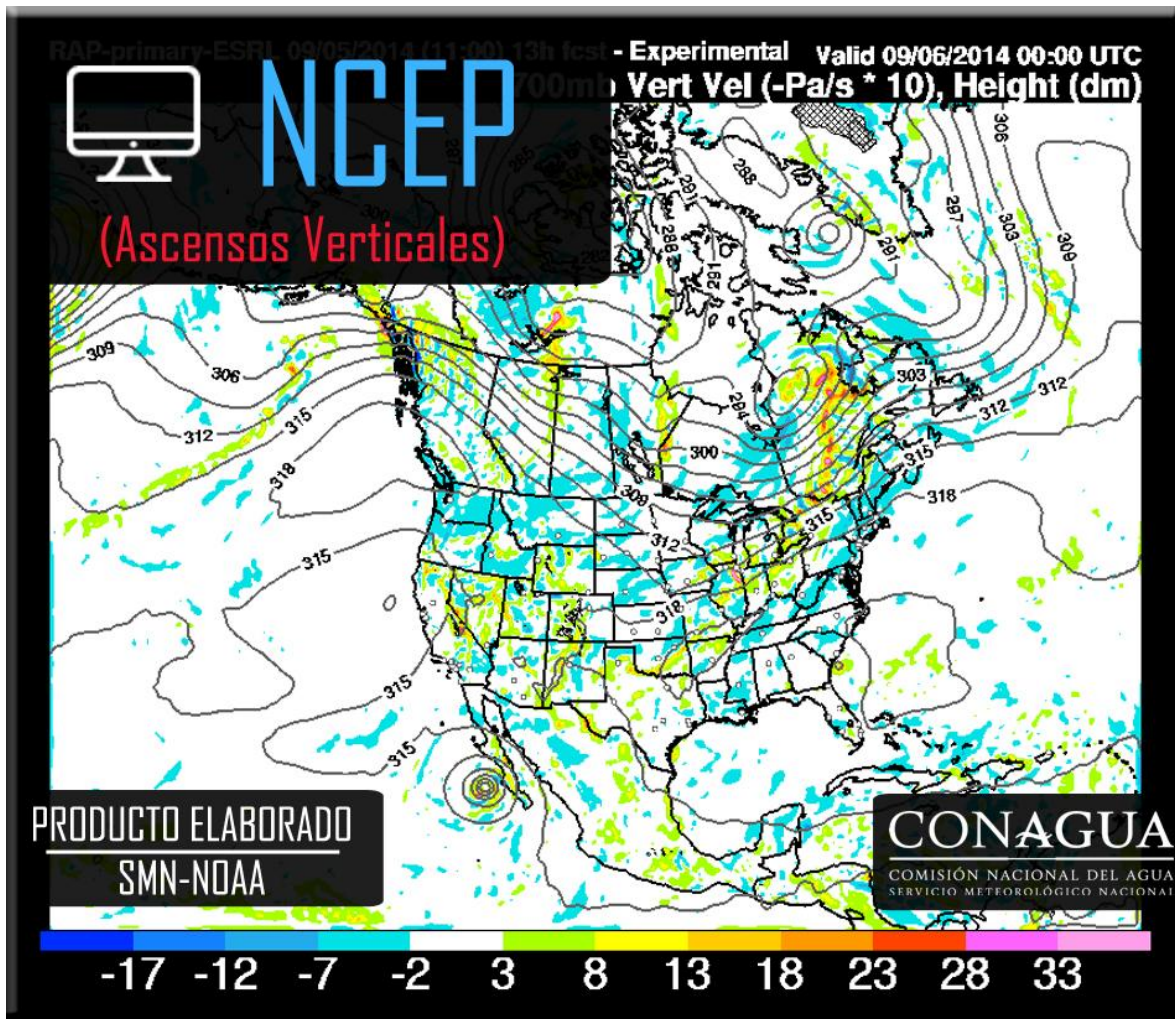


f. Precipitación Total: Esta carta va aunada a la anterior ya que con esta se puede reafirma que zonas pueden presentar mayor cantidad de precipitación, ayudando a determinar los parámetros de cantidad de lluvia. De acuerdo con la escala del Servicio Meteorológico Nacional esta puede ser: (Ligera, moderada, fuerte, intensa y torrencial).



(Figura 18.0 PRECIPITACIÓN TOTAL (13 HRS) / NOAA-CONAGUA-SMN)

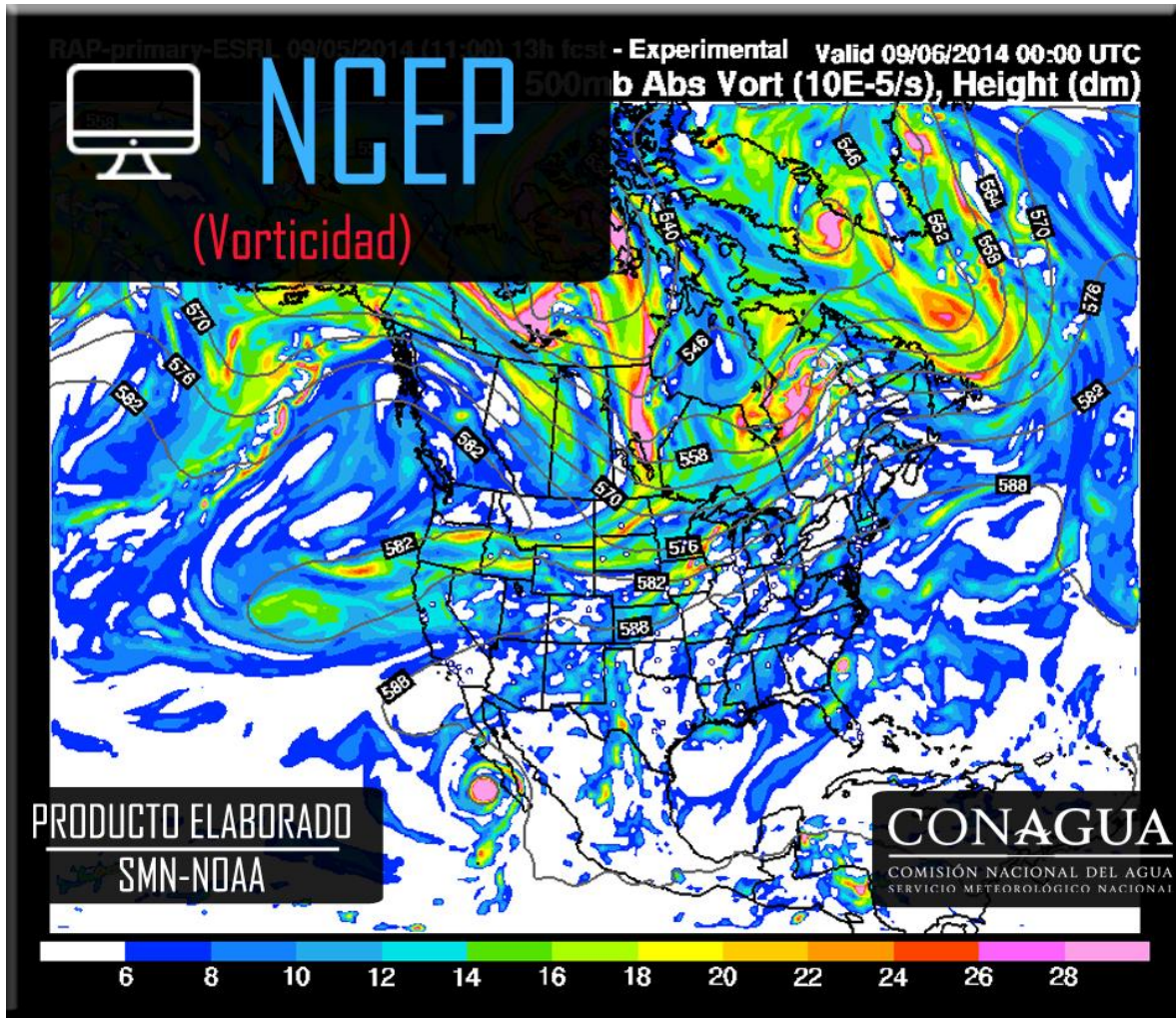
g. Ascensos Verticales en 700 hPa: A continuación se muestran las zonas con mayor potencial de ascensos verticales, ya que son de gran importancia, porque si existen ascensos, se genera convección y por lo tanto tormentas con actividad eléctrica.



(Figura 19.0 ASCENSOS VERTICALES / NOAA-CONAGUA-SMN)

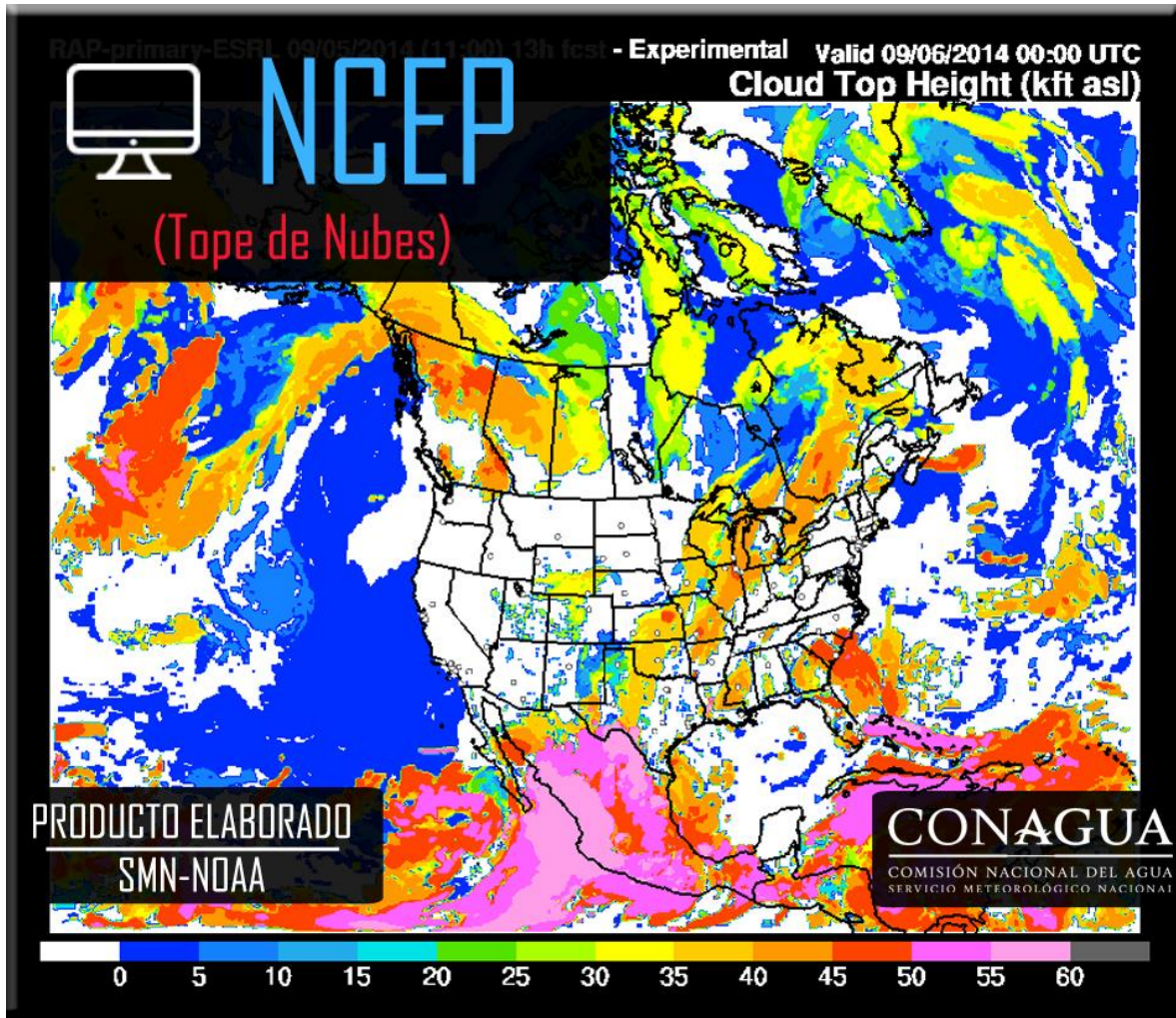


h. Vorticidad en 500 hPa: La siguiente carta nos ayuda a identificar que sistemas tienen mayor giro, por ejemplo los ciclones tropicales que mientras mejor estructura tienen, mayor va ser su vorticidad y por lo tanto incrementarán sus vientos, subiendo de categoría en escala Saffir-Simpson.



(Figura 20.0 VORTICIDAD / NOAA-CONAGUA-SMN)

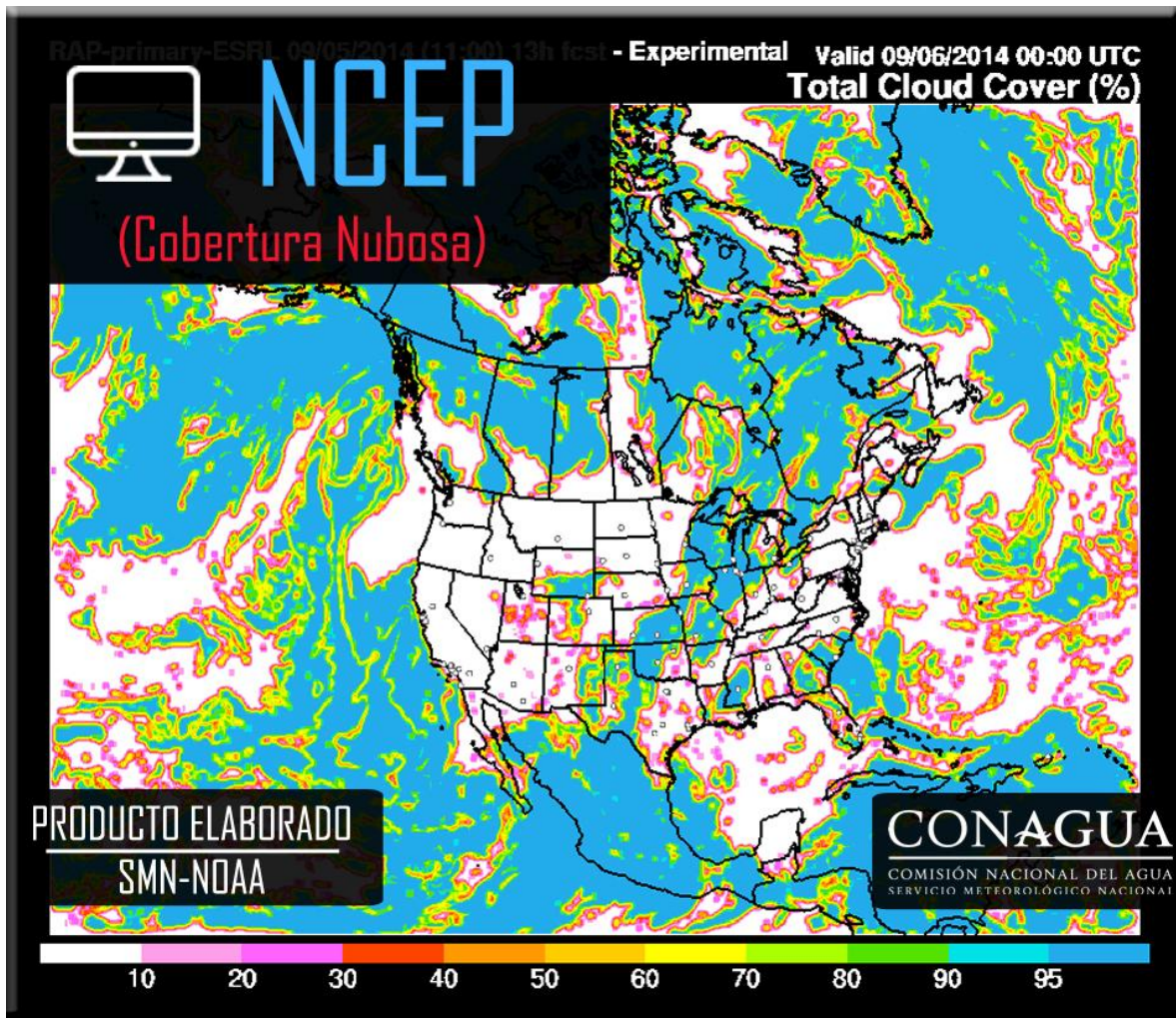
i. Tope de Nubes: Esta carta muestra la altura máxima que pueden alcanzar las nubes, logrando identificar las entidades del país con potencial de formación de nubes tipo Cumulus Congestus. Dicha nubosidad es característica de áreas de inestabilidad atmosférica, lo cual puede ocasionar tiempo significativo.



(Figura 21.0 TOPE DE NUBES / NOAA-CONAGUA-SMN)

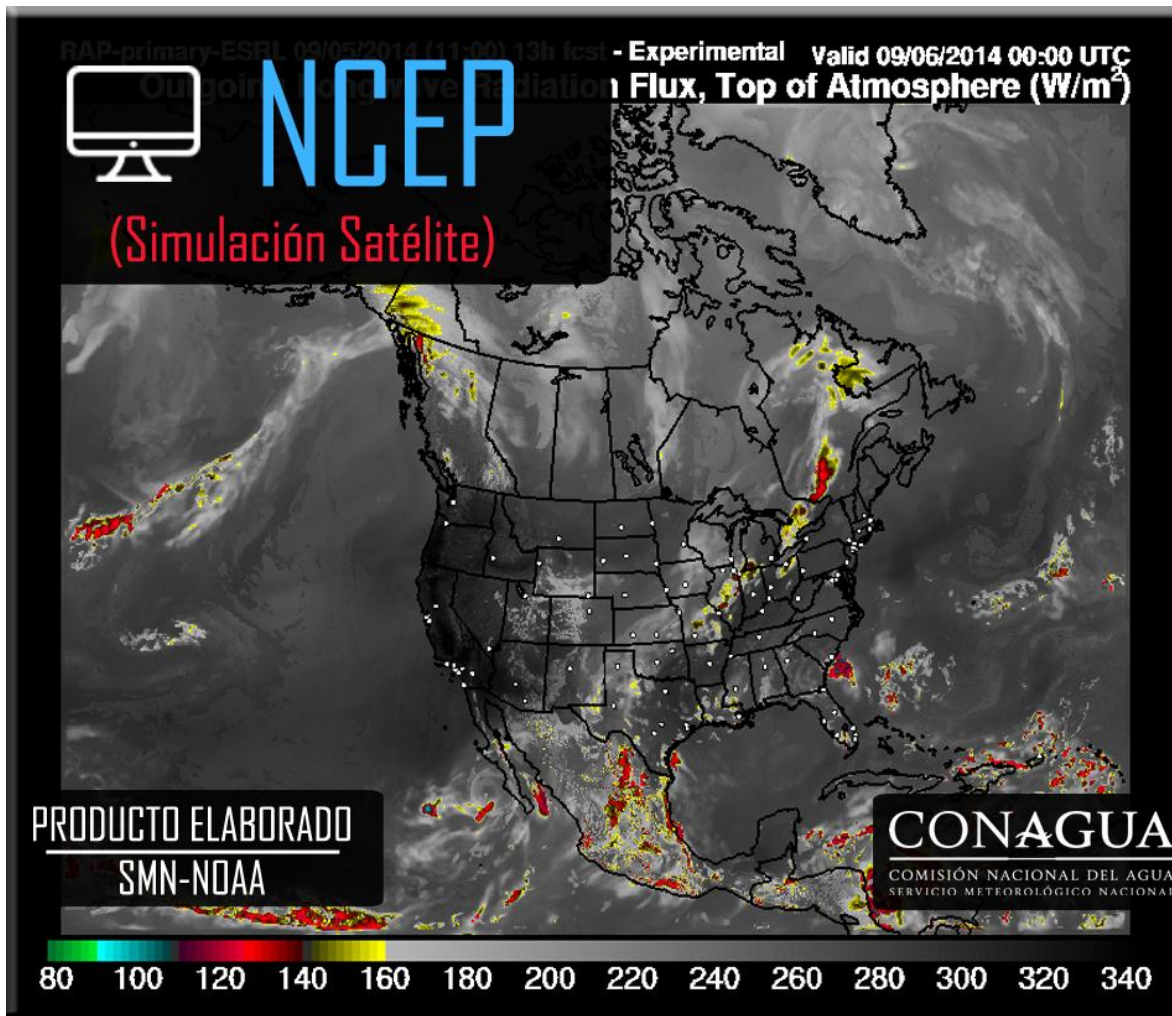


j. Cobertura Nubosa: Esta carta cuantifica el porcentaje de nubosidad sobre el territorio nacional, permitiendo saber las condiciones del estado del cielo.



(Figura 22.0 COBERTURA NUBOSA / NOAA-CONAGUA-SMN)

k. Simulación Satélite: La carta que se muestra a continuación es una de las más recientes en cuanto a modelos meteorológicos, muestra el pronóstico de la imagen de satélite, infiriendo como se comportará la nubosidad.

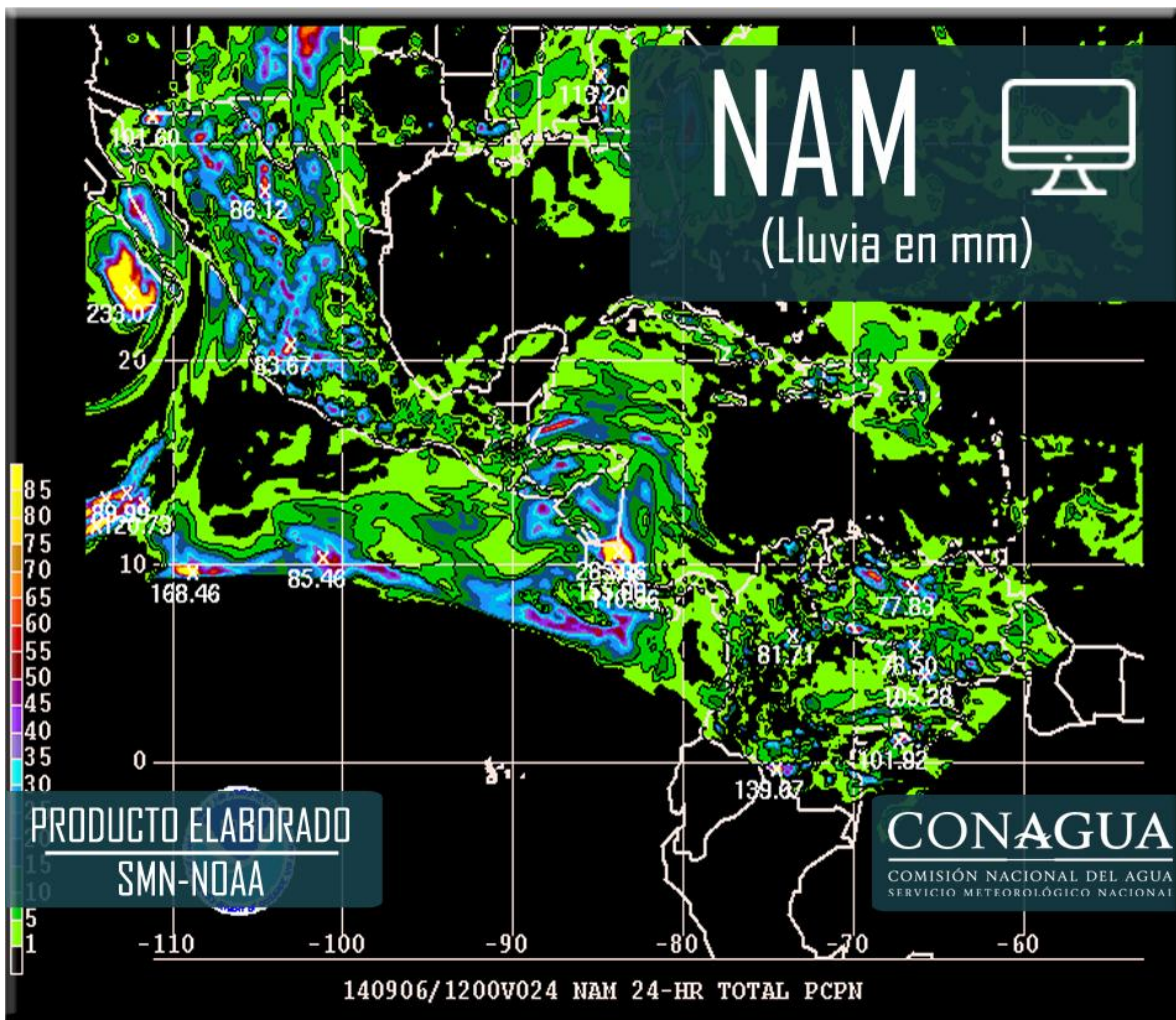


(Figura 23.0 SIMULACIÓN SATELITE / NOAA-CONAGUA-SMN)



NAM-NOAA

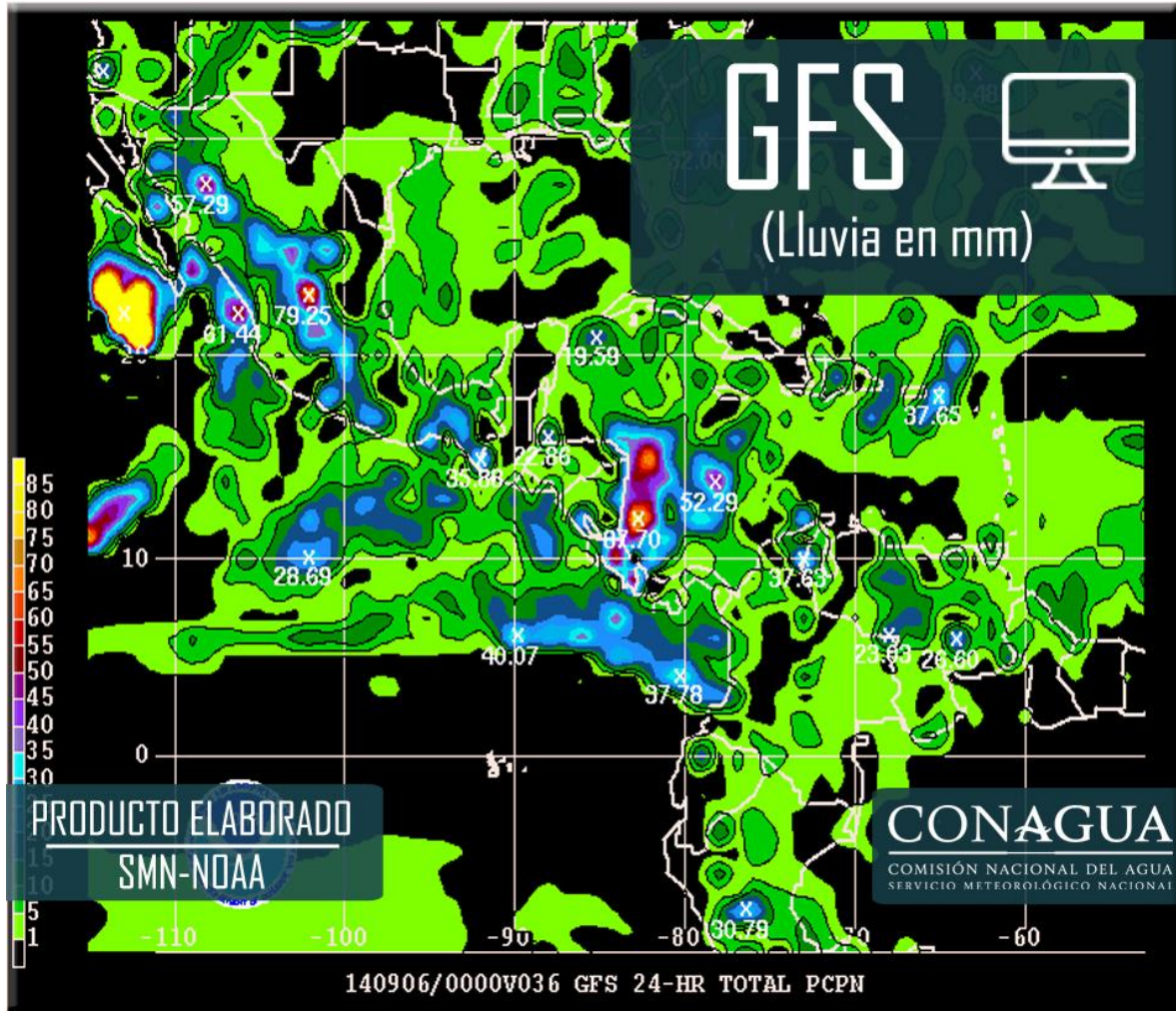
a. Modelo NAM: En la siguiente carta se visualiza la probabilidad de lluvia en unidad de milímetros, que afectará al territorio mexicano.



(Figura 24.0 MODELO DE LLUVIA NAM / NOAA-CONAGUA-SMN)

GFS-NOAA

a. Modelo GFS: La presente carta va aunado al modelo anterior, ya que de igual forma muestra la probabilidad de lluvia en unidad de milímetros, que afectará a México.

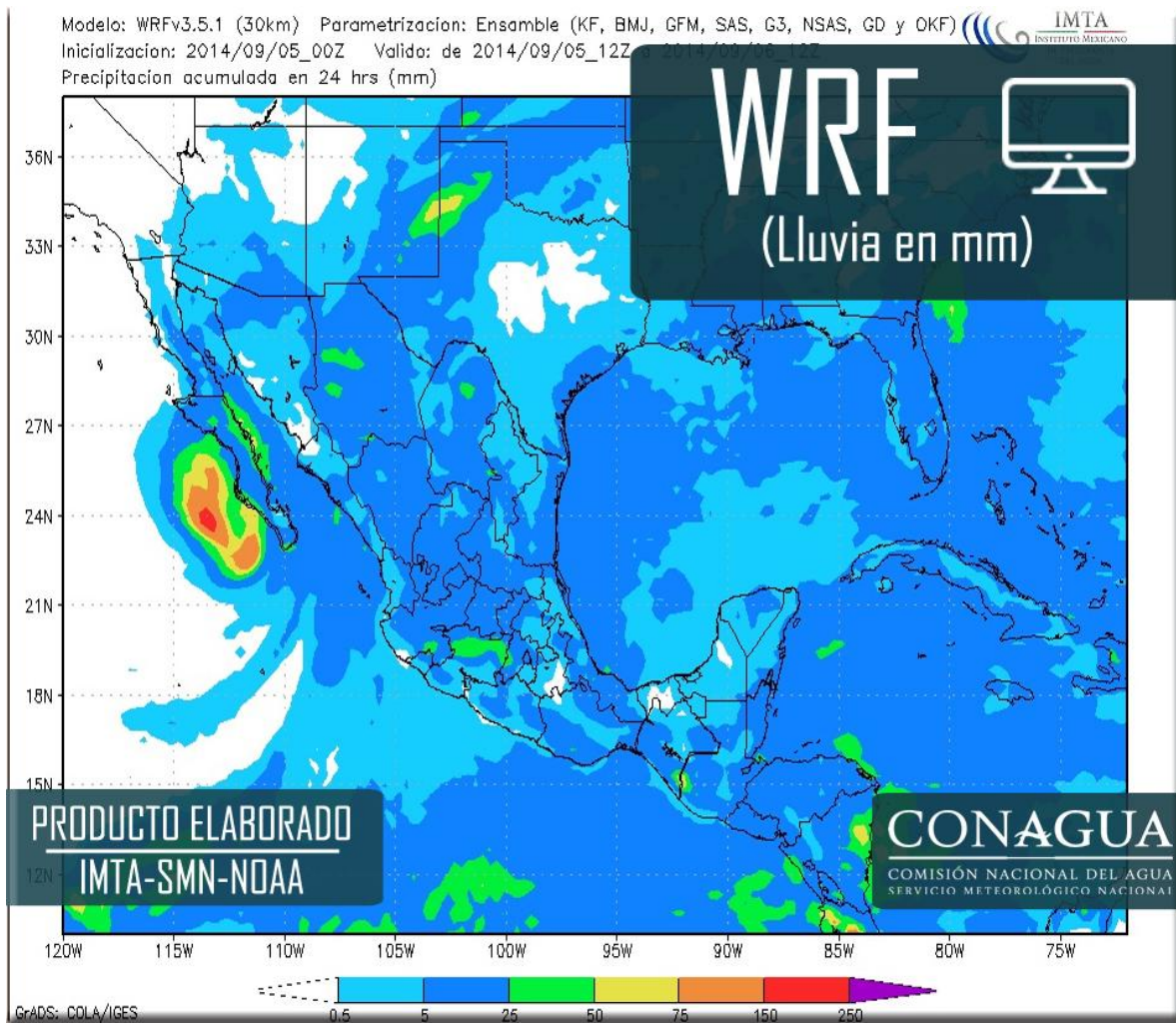


(Figura 25.0 MODELO DE LLUVIA GFS / NOAA-CONAGUA-SMN)



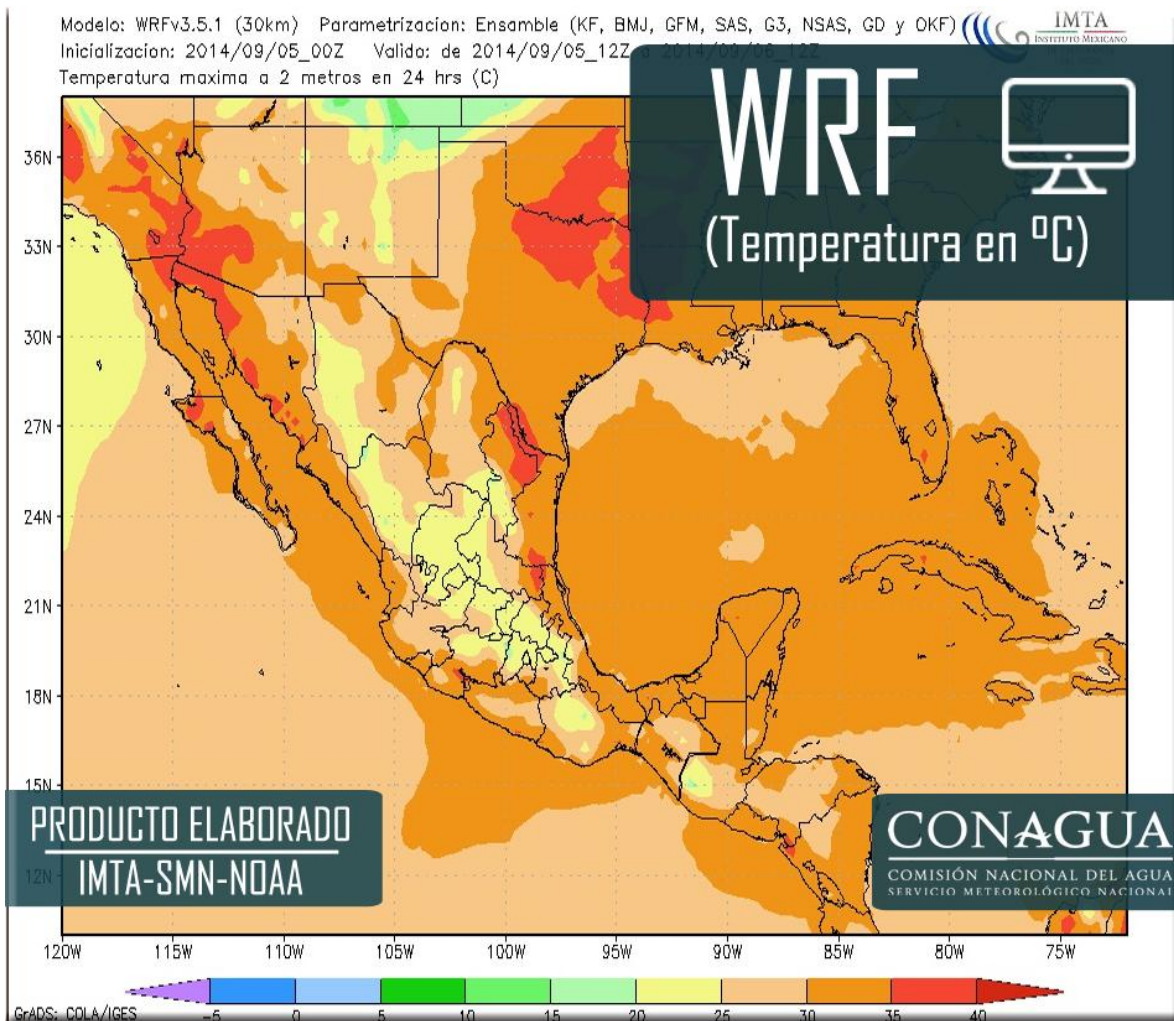
WRF-Ensamble IMTA / CONAGUA- SMN

a. Modelo WRF (Ensamble) Lluvia: Esta carta también se relaciona con los modelos anteriores de lluvia, en la cual se observa la probabilidad de lluvia en unidad de milímetros, que afectará a México. A diferencia de las otras cartas, las corridas por tratarse de un modelo de ensamble presenta proyecciones que son promediadas y más confiables.



(Figura 26.0 MODELO DE LLUVIA WRF LLUVIA / NOAA-CONAGUA-SMN)

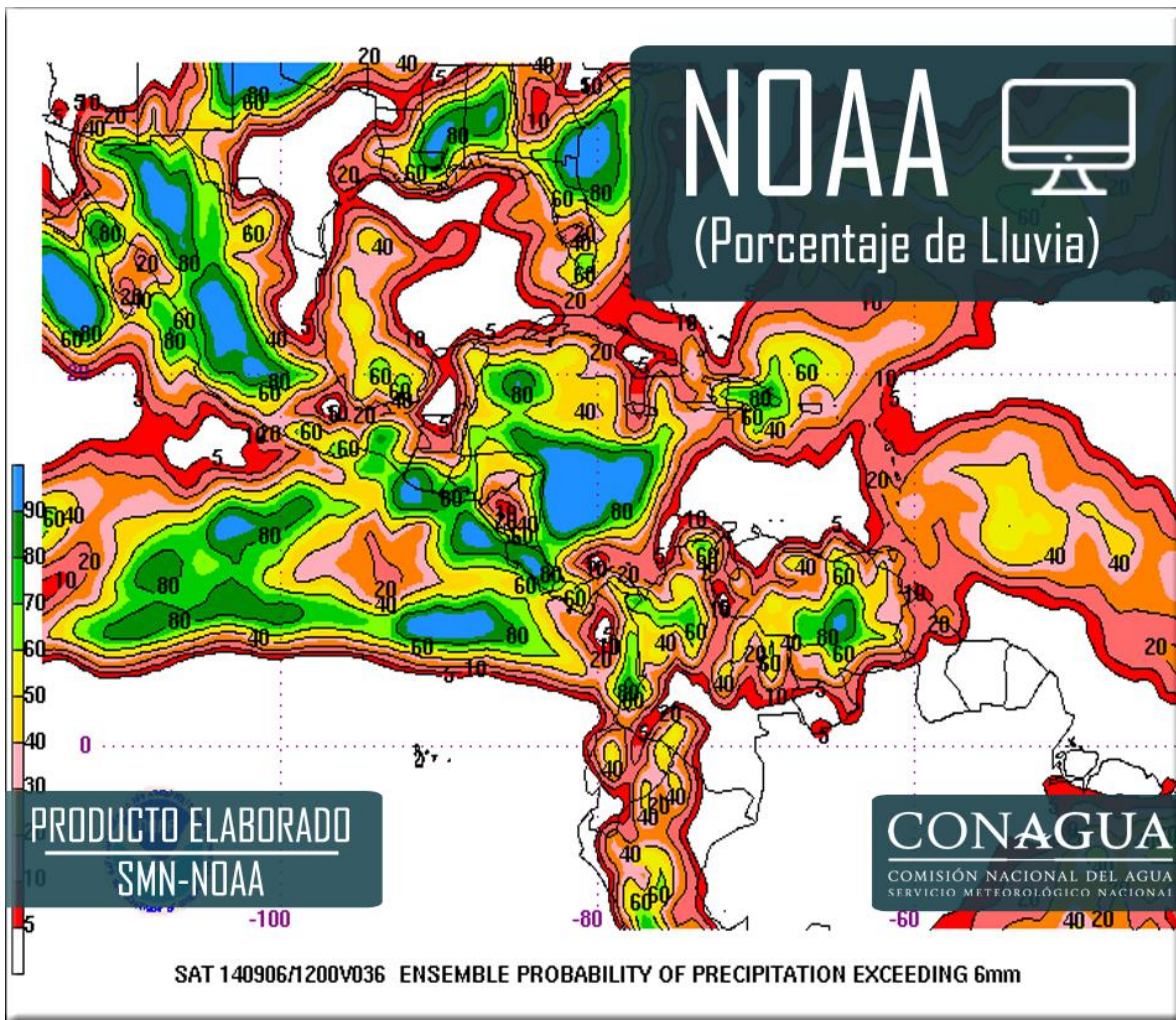
b. Modelo WRF (Ensamble) Temperatura: En esta carta se puede interpretar el comportamiento de las temperaturas para el período de pronóstico establecido, de tal manera que se pueden prevenir donde habrá temperaturas frías y cálidas que pudieran estar afectando México.



(Figura 27.0 MODELO WRF TEMPERATURA / NOAA-CONAGUA-SMN)



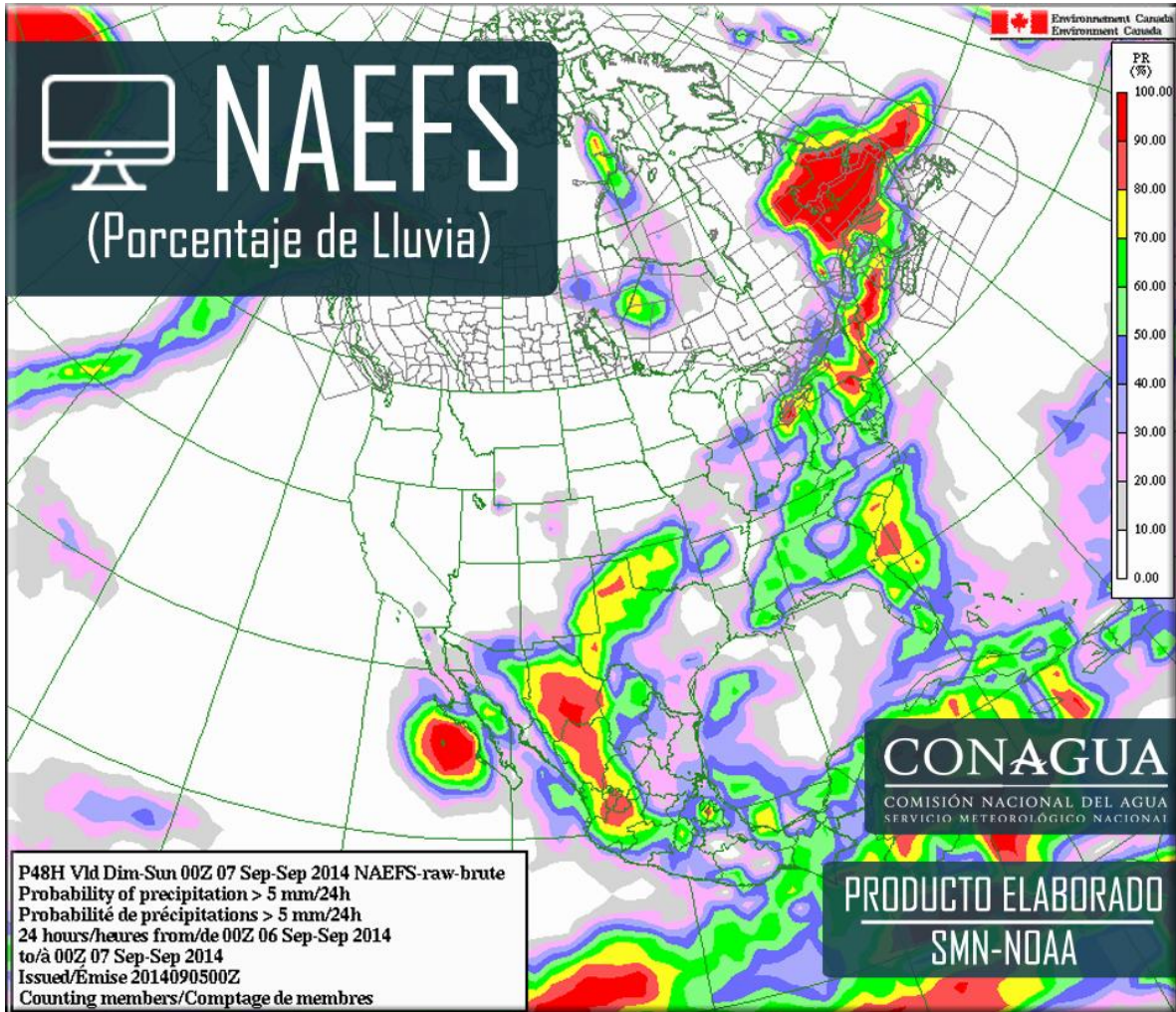
a. Modelo de Porcentaje de Lluvia: La siguiente carta muestra el porcentaje de probabilidad de la presencia de lluvias en las diversas entidades del país.



(Figura 28.0 MODELO DE PORCENTAJE LLUVIA WRF LLUVIA / NOAA)

NAEFS-CMC

a. Modelo de Porcentaje de Lluvia: Esta carta también muestra el porcentaje de probabilidad de la presencia de lluvias, teniendo mayor confiabilidad por ser un modelo de ensamble.

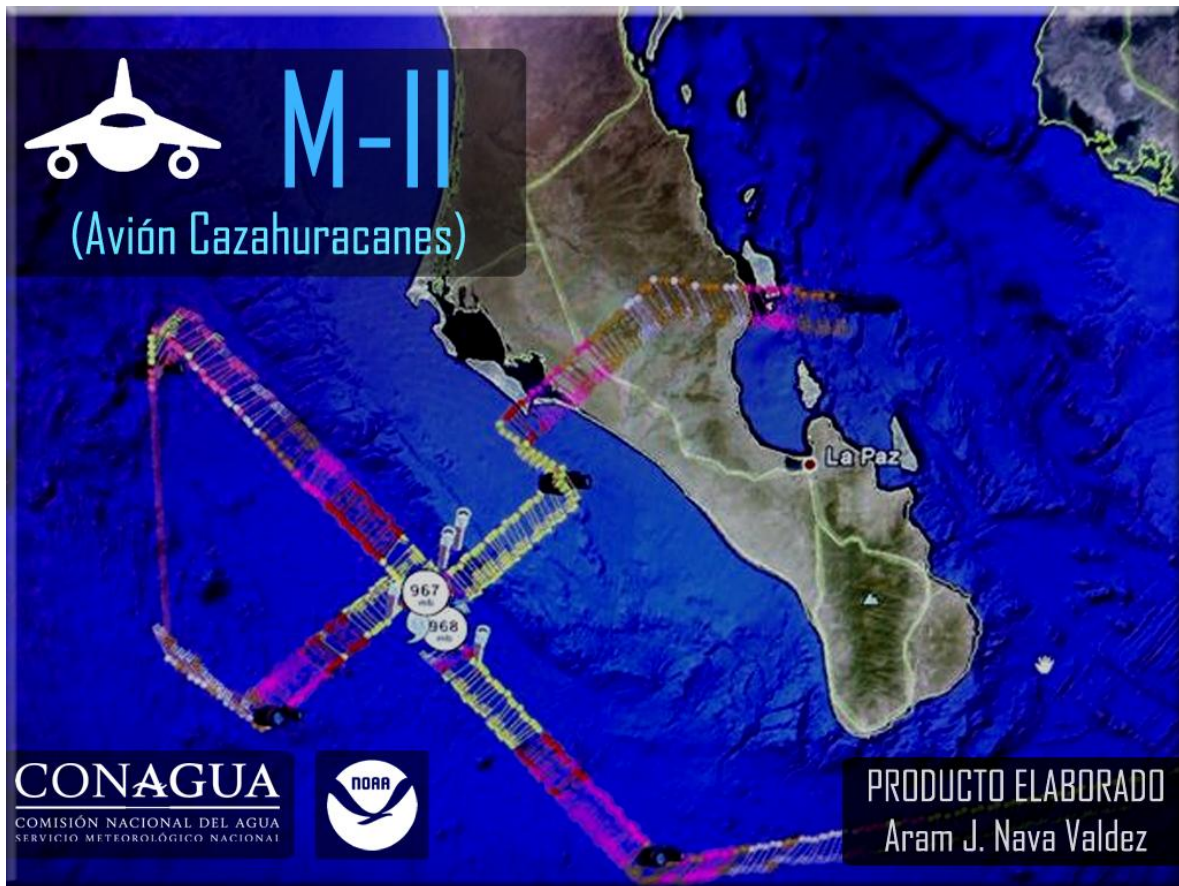


(Figura 29.0 MODELO DE PORCENTAJE LLUVIA NAEFS LLUVIA / CMC)



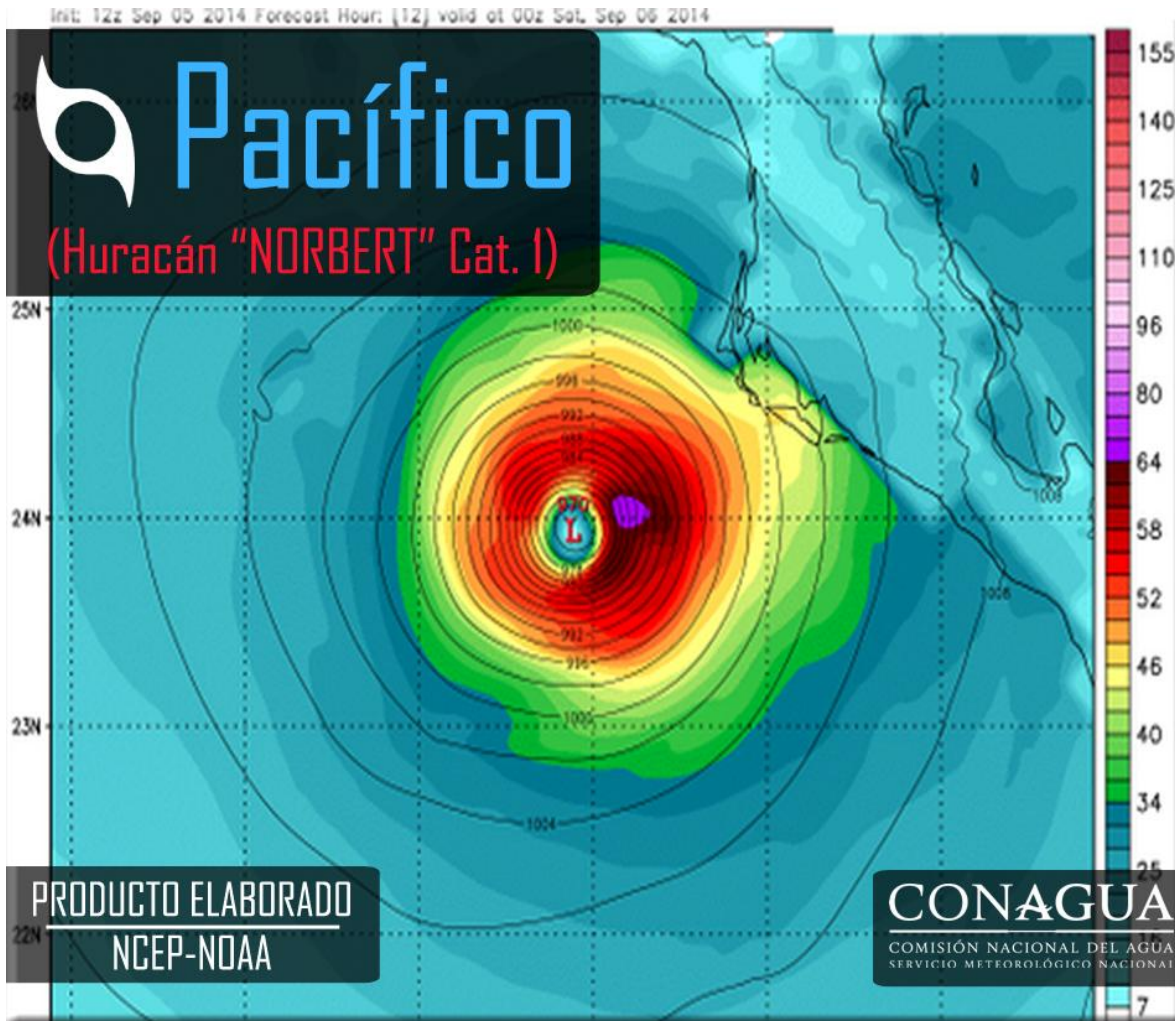
## CICLONES TROPICALES (NOAA-CONAGUA-SMN)

a. Vuelo Avión Cazahuracanes: En este gráfico se puede observar la trayectoria del vuelo de la misión (No.II-Norbert) del avión tipo Hércules C-130 (Avión Cazahuracanes), para poder recabar datos de viento e ingresar dichos datos en los modelos de posibles trayectorias.



(Figura 30.0 M-II NORBERT AVIÓN CAZAHURACANES NOAA / CONAGUA-SMN)

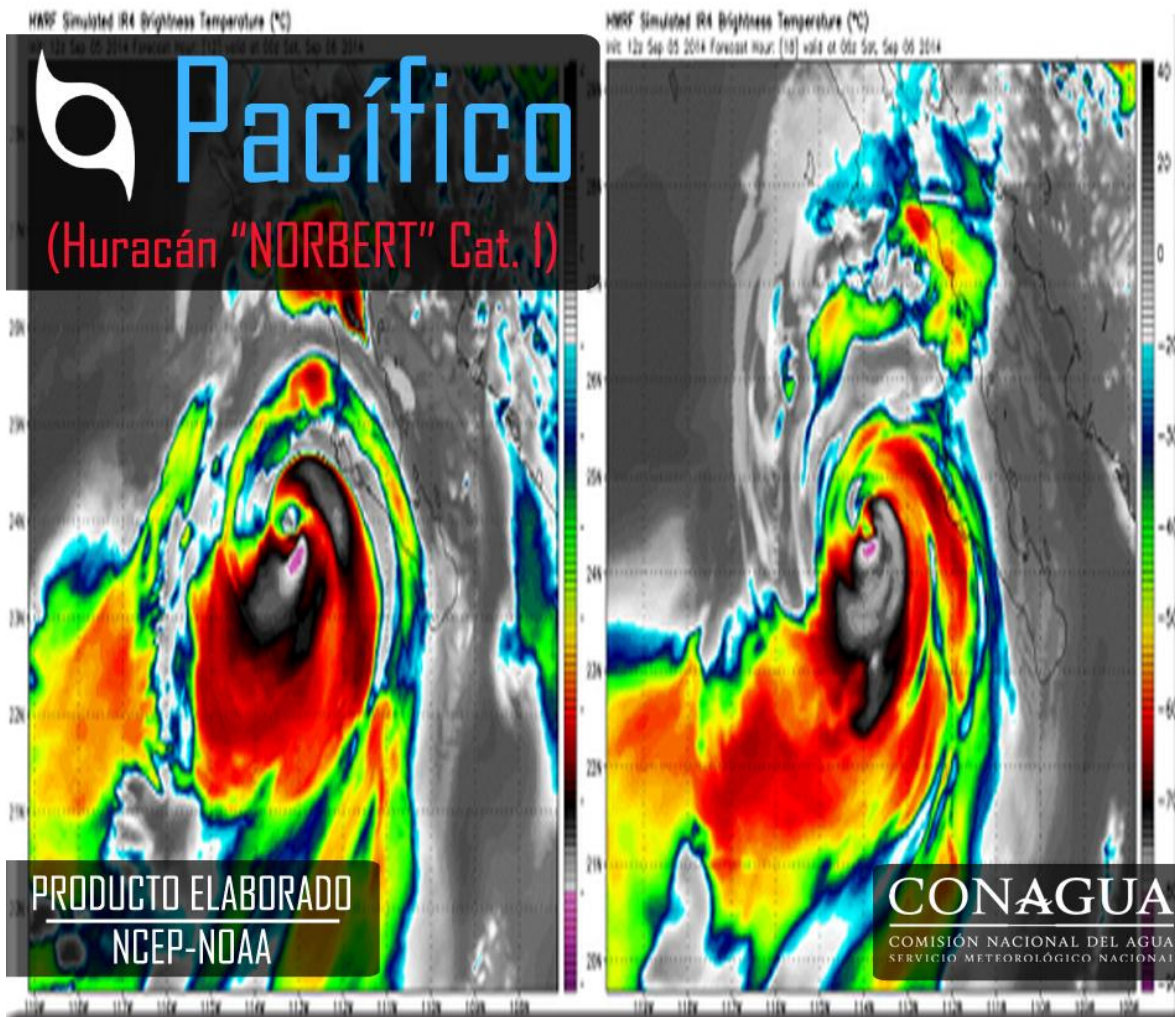
b. Radio de Vientos: La siguiente imagen muestra la estimación del huracán "Norbert" para la tarde-noche del día 05 de Septiembre de 2014, donde se puede identificar que aún continua como huracán categoría I en escala Saffir-Simpson.



(Figura 31.0 RADIO DE VIENTOS NOAA / CONAGUA-SMN)

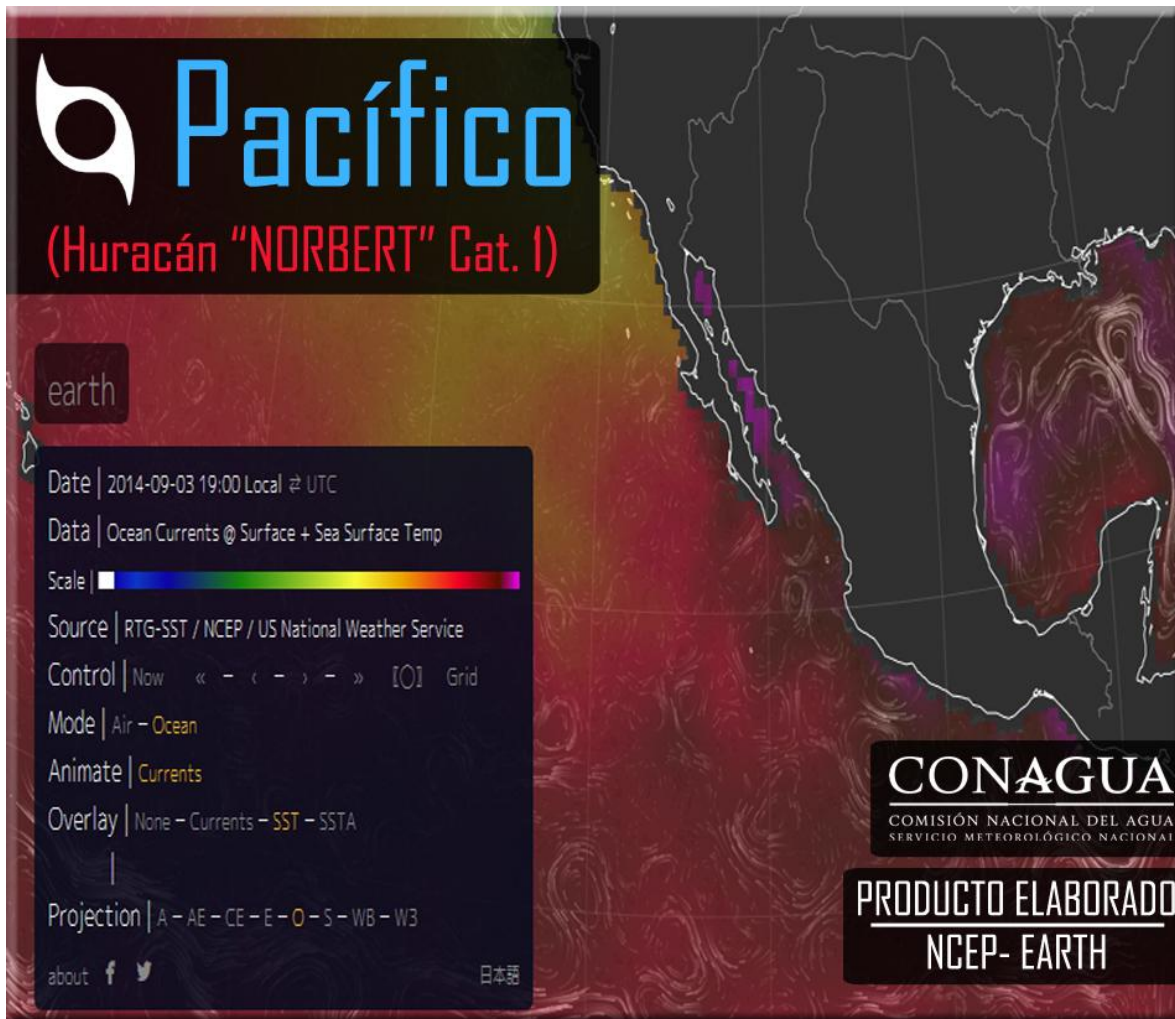


c. Simulación Satélite: En este gráfico se puede observar cómo se comportará la nubosidad para la tarde-noche del 05 de septiembre y primeras horas del 06 de Septiembre respecto al huracán "Norbert" categoría I en escala Saffir-Simpson, donde se puede identificar una fuerte banda sobre Baja California Sur.



(Figura 32.0 SIMULACIÓN SATÉLITE NOAA / CONAGUA-SMN)

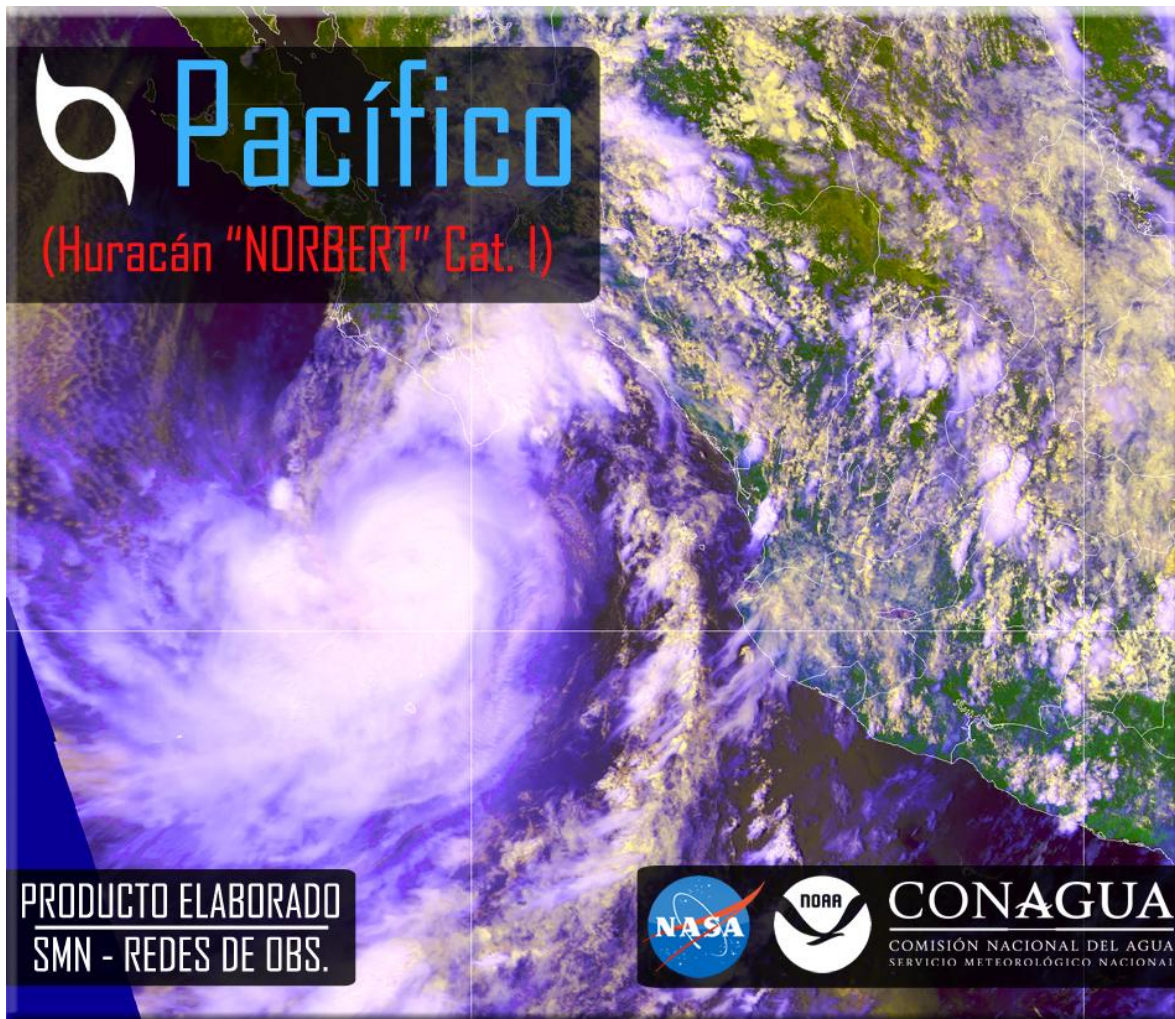
d. Temperatura del Océano: En el siguiente gráfico se puede identificar el comportamiento de la temperatura oceánica, contribuyendo a saber qué aguas son cálidas para deducir hacia qué área se desplazará el huracán “Norbert”.



(Figura 33.0 TEMPERATURA OCEANO NOAA / CONAGUA-SMN)

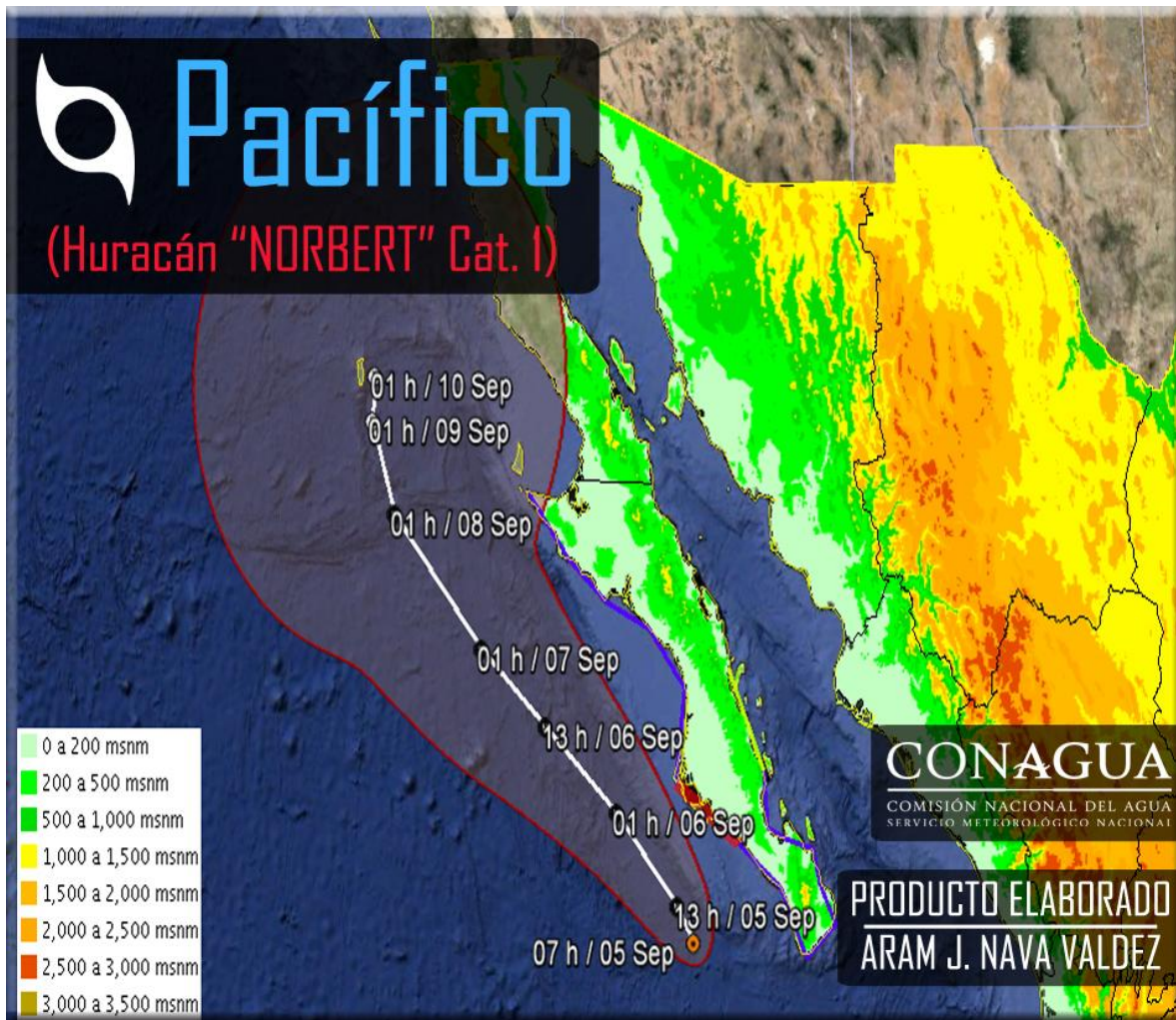


e. Imagen de Satélite Alta Resolución: La siguiente imagen muestra la circulación del huracán "Norbert" categoría I en escala Saffir-Simpson al suroeste de la Península de Baja California y una banda externa al sur del Golfo de California.



(Figura 34.0 SATÉLITE ALTA RESOLUCIÓN "NORBERT" NASA / CONAGUA-SMN)

e. Trayectoria Ciclón Tropical: El siguiente mapa muestra la hipsometría de México y la posible trayectoria e intensidad a la cual evolucionará el huracán “Norbert” en las siguientes 72 horas a partir de las 07:00 hrs del día 05 de Septiembre de 2014, entendiendo que hasta ese momento era la posición actual del ciclón tropical.

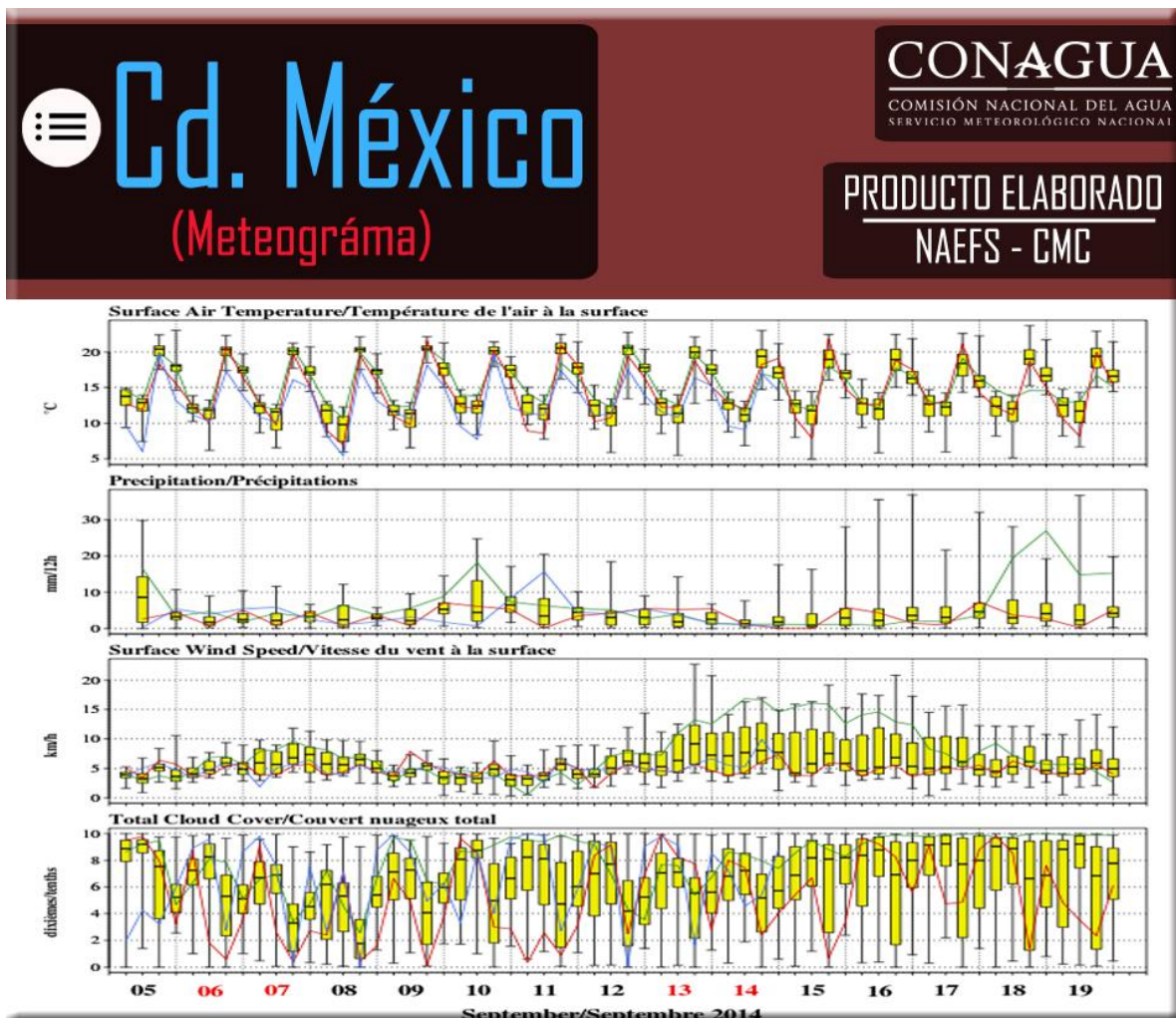


(Figura 35.0 TRAYECTORIA H-I "NORBERT" NOAA / CONAGUA-SMN)



## METEOGRAMA (NAEFS-CONAGUA-SMN)

a. Meteograma Ciudad de México: El producto que se muestra a continuación es un meteograma a partir de un modelo de ensamble, en el cual se identifican 4 factores meteorológicos (Temperatura, precipitación, viento y cobertura del cielo). Esto es válido para el análisis de un pronóstico de hasta 15 días sin embargo, en este caso solo se utilizará para las próximas 24 hrs a partir de la fecha establecida en este trabajo.



(Figura 36.0 METEOGRAMA CD. MÉXICO NAEFS / CONAGUA-SMN)

## CÓDIGO METAR / TAF (AWC-CONAGUA-SMN)

a. Metar y Taf: En la siguiente tabla se identifican las condiciones actuales y pronóstico para la ciudad de México, tomando como referencia el código internacional METAR, el cual se maneja en todos los aeropuertos del mundo y sirve como herramienta de consulta para la elaboración de un pronóstico meteorológico.

Data at: 1355 UTC 05 Sep 2014	
<b>METAR for:</b>	MMMX (Mexico City Intl, --, MX)
<b>Text:</b>	<b>MMMX 051523Z 13003KT 5SM BKN020 BKN080 18/13 A3040 NOSIG RMK 8/ 830 HZY</b>
<b>Temperature:</b>	18.0°C ( 64°F)
<b>Dewpoint:</b>	13.0°C ( 55°F) [RH = 73%]
<b>Pressure (altimeter):</b>	30.40 inches Hg (1029.5 mb)
<b>Winds:</b>	from the SE (130 degrees) at 3 MPH (3 knots; 1.5 m/s)
<b>Visibility:</b>	5 miles ( 8 km)
<b>Ceiling:</b>	2000 feet AGL
<b>Clouds:</b>	broken clouds at 2000 feet AGL, broken clouds at 8000 feet AGL
<b>TAF for:</b>	MMMX (Mexico City Intl, --, MX) issued at 1127 UTC 05 Sep 2014
<b>Text:</b>	<b>TAF MMMX 051127Z 0512/0618 03005KT 4SM HZ SCT020 OVC080 TX24/0521Z TN14/0512Z</b>
<b>Forecast period:</b>	1200 to 1500 UTC 05 September 2014
<b>Forecast type:</b>	FROM: standard forecast or significant change
<b>Winds:</b>	from the NNE (30 degrees) at 6 MPH (5 knots; 2.6 m/s)
<b>Visibility:</b>	4 miles ( 6 km)
<b>Ceiling:</b>	8000 feet AGL
<b>Clouds:</b>	scattered clouds at 2000 feet AGL, overcast cloud deck at 8000 feet AGL



**Weather:** HZ (haze)

**Text:** **FM051500 16005KT P6SM SCT020 BKN250**

**Forecast period:** 1500 to 2100 UTC 05 September 2014

**Forecast type:** FROM: standard forecast or significant change

**Winds:** from the SSE (160 degrees) at 6 MPH (5 knots; 2.6 m/s)

**Visibility:** 6 or more miles (10+ km)

**Ceiling:** 25000 feet AGL

**Clouds:** scattered clouds at 2000 feet AGL, broken clouds at 25000 feet AGL

**Text:** **FM061600 12010KT P6SM SCT020 BKN250**

**Forecast period:** 1600 to 1800 UTC 06 September 2014

**Forecast type:** FROM: standard forecast or significant change

**Winds:** from the ESE (120 degrees) at 12 MPH (10 knots; 5.1 m/s)

**Visibility:** 6 or more miles (10+ km)

**Ceiling:** 25000 feet AGL

**Clouds:** scattered clouds at 2000 feet AGL, broken clouds at 25000 feet AGL

***(Figura 37.0 METAR-TAF AWC / CONAGUA-SMN)***

Para concluir con la metodología para la realización de un pronóstico meteorológico, se obtendrá como resultado las condiciones de la atmósfera en el territorio nacional para los días 05 y 06 de septiembre de 2014.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

*Descripción del Pronóstico Meteorológico como producto final*

#### **Pronóstico Meteorológico a 24 hrs. / (Territorio Nacional)**

05 de Septiembre de 2014

Hora de emisión: 09:00 hrs. (Tiempo del Centro de México).

#### **Fenómenos Significativos (Actúales y siguientes 24 hrs).**

- “Norbert” mantendrá el potencial de lluvias muy fuertes a intensas en la Península de Baja California y el noroeste del territorio nacional.
- Se prevén lluvias muy fuertes a intensas acompañadas de tormentas eléctricas sobre el sur, sureste, oriente y porciones del centro del país, ocasionadas por el paso de dos ondas tropicales.

#### **Sistemas Meteorológicos (Viernes 05 de Septiembre de 2014).**

[1] El huracán “Norbert” se localiza muy cerca de las costas de Baja California Sur, aproximadamente a 145 km al suroeste de Santa Fe, BCS., con vientos de 150 km/h y rachas de 185 km/h. Su amplia circulación favorece el fuerte aporte de humedad hacia la Península de Baja California, el occidente y noroeste del territorio, así como oleaje de 2 a 4 metros de altura y vientos con rachas de hasta 65 km/h en costas desde Colima hasta Sinaloa y Baja California Sur.

[2] La zona de inestabilidad generada por una línea de convergencia continúa afectando al noroeste, norte y porciones del centro del país, ocasionando

potencial de lluvias fuertes a muy fuertes acompañadas de tormentas eléctricas y granizadas sobre las regiones mencionadas.

**[3] La onda tropical** se extiende sobre el sureste mexicano, en su avance hacia el oeste provocará lluvias fuertes a muy fuertes en la Península de Yucatán, el sur, sureste y oriente del país.

**Los sistemas meteorológicos mencionados provocarán los siguientes efectos:**

- **Lluvias intensas (75 a 150 mm):** en Chihuahua, Baja California Sur y Sinaloa.
- **Lluvias muy fuertes (50 a 75 mm):** en Sonora, Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Guanajuato, Nuevo León, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Durango, Zacatecas, Veracruz, Jalisco y Nayarit.
- **Lluvias fuertes (25 a 50 mm):** en San Luis Potosí, Michoacán, Colima, Morelos, Querétaro, Hidalgo, Campeche, Tabasco y Yucatán.
- **Lluvias ligeras a moderadas (0.1 a 25 mm):** en Tamaulipas, Puebla, Distrito Federal, Estado de México, Tlaxcala y Quintana Roo.

### **Sistemas Meteorológicos (Sábado 06 de Septiembre de 2014).**

**[1] El huracán “Norbert”** de categoría 1 se localizará por la mañana a 197 km al oeste de Cabo San Lázaro, BCS. Seguirá desplazándose hacia el noroeste manteniendo una trayectoria paralela a la costa. Su amplia circulación mantendrá fuerte aporte humedad hacia la Península de Baja California y el noroeste del territorio nacional, reforzando el potencial de lluvias de muy fuertes a intensas en dichas regiones. A su vez, mantendrá oleaje de 2 a 4 metros de altura y vientos con rachas de hasta 65 km/h en las costas de Sinaloa y la Península de Baja California. Se prevé que comience a degradarse durante la tarde.

**[2] Onda tropical** se extenderá sobre el oriente y sur del territorio nacional, en su avance hacia el oeste provocará lluvias fuertes a muy fuertes en el sureste, sur, oriente y porciones del centro del país.

**[3] Una nueva onda tropical** se aproximará a la Península de Yucatán en rápido avance hacia el oeste. Provocará lluvias fuertes a muy fuertes en dicha península y el sureste del país, con puntuales intensas en Chiapas.

**[4] Zona de inestabilidad** generada por una línea de convergencia continuará afectando al noroeste, norte, occidente y porciones del centro del país, ocasionando potencial de lluvias fuertes a muy fuertes acompañadas de tormentas eléctricas y granizadas sobre las regiones mencionadas.

**[5] Sistema frontal** se aproximará al norte de Chihuahua y Coahuila, ocasionará potencial de lluvias fuertes con tormentas eléctricas en los estados del norte del país.

**Los sistemas meteorológicos antes mencionados, ocasionarán los siguientes potenciales de lluvias:**

- **Lluvias intensas (75 a 150 mm):** en Baja California, Nayarit, Durango, Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Chiapas.
- **Lluvias muy fuertes (50 a 75 mm):** en Baja California Sur, Coahuila, Tabasco, Veracruz y Oaxaca.
- **Lluvias fuertes (25 a 50 mm):** en Zacatecas, Jalisco, Hidalgo, Puebla, Estado de México, Michoacán, Guerrero, Campeche y Quintana Roo.
- **Lluvias ligeras a moderadas (0.1 a 25 mm):** en Nuevo León, Tamaulipas, Tlaxcala, Aguascalientes, Distrito Federal, Morelos, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Colima y Yucatán.

**NOTA: Las zonas de tormentas pueden generar relámpagos, granizo, fuertes ráfagas de viento y probable formación de torbellinos en las entidades federativas señaladas.**

## Pronóstico Meteorológico a 24 hrs. / (Ciudad de México)

05 de Septiembre de 2014

Hora de emisión: 10:00 hrs. (Tiempo del Centro de México).

### Fenómenos Significativos (Actúales y siguientes 24 hrs).

- Flujo de humedad proveniente del Golfo de México hacia el centro del país mantendrá nublados con zonas de lluvias ligeras a moderadas en la Ciudad de México.

### Condiciones Meteorológicas (05 y 06 de Septiembre de 2014).



(Figura 38.0 PRONÓSTICO CD. MÉXICO / CONAGUA-SMN)



## CONCLUSIONES

Después de realizar cualquier trabajo de índole técnico-científico, es de gran importancia dar a conocer las conclusiones a las que se llegó, ya que el objetivo principal del Servicio Meteorológico Nacional es identificar y alertar mediante pronósticos meteorológicos de aquellos fenómenos atmosféricos que puedan afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas, por tal motivo se presentan a continuación:

- Para realizar el pronóstico meteorológico es vital realizar un análisis a detalle de todos los niveles de la atmósfera, así mismo las condiciones actuales y corto plazo para poder emitir un pronóstico confiable.
- Las imágenes de satélite y radar son herramientas que se utilizan para saber las condiciones actuales y de now casting (Pronóstico a muy corto plazo), jamás se usarán para pronosticar a más de 3 horas.
- Los radiosondeos son de vital importancia en el pronóstico meteorológico ya que al analizar e interpretar el Skew-T, se podrá tener un mejor panorama si la atmósfera se hará inestable, asimismo el tiempo significativo que se podría generar.
- Los modelos numéricos son de gran ayuda en la realización del pronóstico, sin embargo sí no se realiza un buen análisis de la atmósfera y solo se determina el pronóstico por dichos modelos, existe un alto porcentaje de que se vuelva completamente erróneo.
- Por último la mejor forma de verificar si se realizó un pronóstico confiable, es checar los datos de las estaciones meteorológicas del territorio nacional o bien consultar el “Informe meteorológico especial de lluvias” emitido por el Servicio Meteorológico Nacional, para comprobar que esta metodología ayudo a realizar un pronóstico de gran confiabilidad tanto, para el país como para la Ciudad de México. Para tal fin se adjunta los informes de lluvias del período de pronóstico.

<b>Informe meteorológico especial de lluvias</b>	<b>Servicio Meteorológico Nacional</b>
--	--

México, D.F. a 06 de septiembre de 2014 Informe No. 247	Emisión: 11:00 horas
--	----------------------

Validez del reporte de las 08:00 horas del día 05 de septiembre las 08:00 horas del día 06 de septiembre de 2014

**Estados en el litoral del Pacífico**

Estado	Lluvia intensa a extraordinaria > 75 mm	Lluvia fuerte a muy fuerte De 25 a 75 mm	Lluvia < 25 mm	Lugar de lluvia Máxima	Fenómenos reportados
<b>BCS</b>	83.0			Santa Rosalía	<b>T,V</b>
<b>BC</b>					
<b>Sonora</b>		42.3		Bacerac	<b>T,V</b>
<b>Sinaloa</b>		28.9		Huites	<b>T,V</b>
<b>Nayarit</b>		40.0		Gaviotas	<b>T,V</b>
<b>Jalisco</b>		54.9		Río Ameca	<b>T,V</b>
<b>Colima</b>		61.5		Suchitlán	<b>T,V</b>
<b>Michoacán</b>		28.3		Corrales	<b>T,V</b>
<b>Guerrero</b>			1.5	El Caracol	
<b>Oaxaca</b>		51.0		San Felipe Usila	<b>T,V</b>
<b>Chiapas</b>		46.0		Tres Picos	<b>T,V</b>

**Estados en el litoral del Golfo de México**

<b>Tamaulipas</b>		34.8		La Servilleta	<b>T,V</b>
<b>Veracruz</b>		35.0		Cardel	<b>T,V</b>
<b>Tabasco</b>			13.0	San Pedro	
<b>Campeche</b>			6.2	Escárcega	
<b>Yucatán</b>			23.0	Mérida Observatorio	
<b>Quintana Roo</b>		50.5		Cozumel	<b>T,V</b>

**Estados en el interior del país**

<b>Durango</b>	87.0			Villa Hidalgo	<b>T,V</b>
<b>Chihuahua</b>		48.8		Chihuahua	<b>T,V</b>
<b>Coahuila</b>		41.5		Torreón observatorio	<b>T,V</b>
<b>Nuevo León</b>			8.0	Anáhuac	
<b>Zacatecas</b>		71.3		Tayahua	<b>T,V</b>
<b>San Luis Potosí</b>			20.0	Tierra Blanca	
<b>Aguascalientes</b>		38.1		Media Luna	<b>T,V</b>
<b>Guanajuato</b>		67.0		Irapuato	<b>T,V</b>
<b>Querétaro</b>			11.4	San José	
<b>Hidalgo</b>			2.5	San Felipe Orizatlán	
<b>México</b>			10.2	Colorines	
<b>Distrito Federal</b>			9.6	Esc. Nal. de Ciencias Biológicas IPN	
<b>Morelos</b>			1.0	El Rodeo	
<b>Tlaxcala</b>					
<b>Puebla</b>		50.0		Zoquitlán	<b>T,V</b>

Elaboró: Pronosticador Elizabeth Ramos/Juana Díaz

Revisó: Elizabeth Ramos.

**Total de estados con lluvia (mayor o igual a 25 mm): 19**  
**Total de estados con tormentas severas (igual o mayor a 75 mm): 2**

Se reportaron vientos de 30 km/h con rachas de 49 km/h en Los Mochis, Sin.; de 15 km/h con rachas de 46 km/h en Morelia, Mich y de 13 km/h con rachas de 37 km/h en Minatitlán, Ver.

**(Figura 39.0 INFORME DE LLUVIAS No. 247 / CONAGUA-SMN)**

Informe meteorológico especial de lluvias			Servicio Meteorológico Nacional		
México, D.F. a 07 de septiembre de 2014 Informe No. 248			Emisión: 11:00 horas		
Validez del reporte de las 08:00 horas del día 06 de septiembre las 08:00 horas del día 07 de septiembre de 2014					
Estados en el litoral del Pacífico					
Estado	Lluvia intensa a extraordinaria > 75 mm	Lluvia fuerte a muy fuerte De 25 a 75 mm	Lluvia < 25 mm	Lugar de lluvia Máxima	Fenómenos reportados
BCS		48.5		Guerrero Negro	T
BC			4.6	Constitución de 1857	
Sonora		36.0		Altar	T
Sinaloa		52.0		Estación Rancho Viejo	T
Nayarit	102.8			Tepic	T
Jalisco		64.3		Cuale	T
Colima			21.0	Buena Vista	
Michoacán		38.2		Infiernillo	T
Guerrero		45.0		Revolución Mexicana	T
Oaxaca		67.0		Valle Nacional	T
Chiapas	120.0			Tapachula (Malpaso)	T
Estados en el litoral del Golfo de México					
Tamaulipas			18.7	Paso de Molina	
Veracruz		66.4		Sontecomapan	T
Tabasco			24.0	González	V
Campeche		31.0		Monclova, Camp	T, V
Yucatán			21.3	Ticul	
Quintana Roo		62.5		Cozumel	T, V
Estados en el interior del país					
Durango		32.0		Cd. Guadalupe Victoria	T
Chihuahua		58.2		Cumbres de Majalca	T
Coahuila		29.4		Saltillo	T
Nuevo León			18.5	Las Enramadas	
Zacatecas			24.8	Boca del Tesorero	
San Luis Potosí			2.4	Las Adjuntas	
Aguascalientes			14.3	Jocoque	
Guanajuato			4.5	Ignacio Allende	
Querétaro					
Hidalgo			9.4	Huejutla	
México			18.6	Colorines	
Distrito Federal			14.5	Huaytla	
Morelos			6.8	Observatorio Cuernavaca	
Tlaxcala					
Puebla		44.0		Mazatepec	T
<b>Elaboró: Supervisor Eduardo Sánchez</b>					
<b>Total de estados con lluvia (mayor o igual a 25 mm): 16</b> <b>Total de estados con tormentas severas (igual o mayor a 75 mm): 2</b> Se reportaron vientos de 37 km/h con rachas de 57 km/h en Cozumel, Q. Ro.; rachas de 55 km/h en Ciudad del Carmen, Camp. y de 41 km/h en Villahermosa, Tab..					

(Figura 40.0 INFORME DE LLUVIAS No. 248 / CONAGUA-SMN)

## GLOSARIO

**Alcance del Viento (Fetch):**- Longitud del trayecto por encima de una gran superficie de agua de un viento que sopla en una dirección y con una velocidad aproximadamente uniformes.

**Anticiclón (Antyclone):**- Alta, zona de alta presión.

**Aviso de Huracán (Hurricane Warning):**- Mensaje meteorológico para alertar a los que puedan resultar afectados por los efectos peligrosos de un huracán con fuerza 1 o más en la escala de Beaufort, en una zona determinada y / o de un nivel peligrosamente alto de las aguas o de una combinación de un nivel alto de las aguas con olas excepcionalmente altas, incluso si los vientos previstos no son vientos de huracán.

**Banco de Niebla (Fog Bank):**- Niebla, generalmente de origen local, que cubre una zona pequeña de unos cientos de metros de anchura.

**Banda en Espiral (Spiral Band):**- Ordenación característica de los ecos radàricos, en la región de ecos intensos que rodea el “ojo” del huracán, tifón o tormenta tropical, y por medio de la cual es posible situar el centro de la perturbación.

**Bruma (Mist):**- Suspensión en el aire de gotas microscópicas de agua, o partículas higroscópicas húmedas, que reducen la visibilidad en superficie.

**Carta Sinóptica, Mapa Sinóptico o Carta del Tiempo (Synoptic Chart, Weather Chart, Weather Map):**- Mapa geográfico en el que aparecen los datos meteorológicos analizados o previstos para un momento dado, para describir las condiciones atmosféricas a escala sinóptica.

**Crecida Repentina (Flash Flood):**- Crecida que sube repentinamente, con poco o ningún aviso previo. Suele ser el resultado de lluvias intensas caídas sobre una

zona reducida. Hay otras causas posibles, como atascos por hielo, roturas de presas, etc.

**Ciclogénesis (Cyclogenesis):**- Proceso de una iniciación o intensificación de una circulación ciclónica.

**Ciclón o Depresión (Cyclone):**- Región de la atmósfera donde la presión en un nivel es baja en relación a su contorno al mismo nivel. Esta representada, en un mapa sinóptico, por una serie de isóbaras a un nivel dado o de isohipsas a una presión dada, las cuales rodean los valores de baja relativa de la presión (o la altitud).

**Ciclón Tropical (Tropical Cyclone):**- Término genérico que designa un ciclón de escala sinóptica no frontal que se origina sobre las aguas tropicales o subtropicales y presenta una convección organizada y una circulación ciclónica caracterizada por el viento de superficie.

**Cortante del Viento o Vector de cizalladura (Wind Shear):**- Variación en el espacio del vector velocidad del viento, o de una de sus componentes, en una dirección determinada.

**Convergencia (Convergence):**- Contracción de un campo vectorial. Divergencia de signo negativo.

**Corriente en Chorro (Jet Stream):**- Corriente de aire con forma de tubo aplastado, casi horizontal, en general cercana a la tropopausa. Su eje lo forma la línea de velocidades máximas y se distingue por las grandes velocidades del viento y por la presencia de fuertes cizalladuras verticales y horizontales del viento.

**Dorsal (Ridge):**- Región de la atmósfera en la que la presión en un nivel es alta en relación con la de las regiones vecinas al mismo nivel. Se representa, en un mapa sinóptico, como una serie de isóbaras o isohipsas casi paralelas, con una forma aproximada de "u", con la concavidad hacia el anticiclón..



**Depresión Tropical (Tropical Depression):**- Subclasificación de un ciclón tropical en donde la velocidad del viento es de hasta 33 nudos. (62 Km/h o 38 millas por hora), o menos.

**Divergencia (Divergence):**- Expansión o extensión de un campo vectorial. Magnitud escalar definida para un campo de vectores  $V$  (por ejemplo, el vector viento) por la relación:  $\text{div } V = (\partial u/\partial x) + (\partial v/\partial y) + (\partial w/\partial z)$ , donde  $u$ ,  $v$  y  $w$  son las componentes del vector  $V$  según los ejes rectangulares  $x, y, z$ . La “divergencia horizontal” se define omitiendo el termino  $\partial w/\partial z$ .

**Frontogénesis (Frontogenesis):**- Proceso de formación o de intensificación de un frente o zona frontal por influencias físicas (por ejemplo, radiación) o cinemáticas (por ejemplo, el movimiento del aire)

**Fuerza del Viento (Wind Force):**- Número de una escala progresiva (escala de Beaufort) asociado a los efectos producidos por el viento en cierto intervalo de velocidades. Fuerza ejercida por el viento sobre un edificio, objeto, etc.

**Granizo (Hail):**- glóbulo o trozo de hielo con un diámetro de 5 a 50 mm o incluso mas, cuya caída constituye la granizada. Los granizos están constituidos casi totalmente por hielo transparente o por una serie de capas de hielo transparente, de un espesor de 1 mm por lo menos, que alternan con capas translúcidas.

**Humo (Smoke):**- Partículas pequeñas producidas por combustión y que están en suspensión en la atmósfera.

**Huracán (Hurricane):**- 1.- Nombre dado en el Atlántico norte, el caribe, el golfo de México y la parte oriental del pacífico norte a un ciclón tropical de núcleo caliente en el que la velocidad máxima del viento es igual o superior a 118 km/h (64 nudos) (viento de huracán). 2.- Ciclón tropical con vientos de huracán en el pacífico sur y en el sudeste del océano indico.

**Imágenes de satélite (Satellite Imagery):**- Representación de la tierra y de su atmósfera obtenida por medio de un radiómetro de barrido instalado en un satélite.

**Inversión de temperatura (Temperature Inversion):**- Distribución vertical de la temperatura de modo que ésta aumenta con la altitud.

**Isalóbara (Isalobaric):**- Línea que une puntos de igual cambio de la presión durante un intervalo de tiempo dado.

**Isóbara (Isobaric):**- Línea que une puntos con igual valor de la presión en una superficie dada (superficie de nivel, sección transversal, etc.).

**Isoyeta (Isoyet):**- Línea que, en un mapa, une los puntos con idéntica precipitación en un periodo dado.

**Isotaca (Isotach):**- Línea que une puntos donde la velocidad del viento es la misma.

**Línea de `Turbonada (Line Squall):**- Turbonada que se desarrolla a lo largo de una línea

**Llovizna (Drizzle):**- Precipitación bastante uniforme compuesta exclusivamente de finas gotas de agua (de diámetro inferior a 0.5 mm), muy próximas unas de otras, que caen de una nube.

**Lluvia (Rain) :-** Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro superior a 0.5 mm. o de gotas más pequeñas y muy dispersas.

**Mar de Leva o Mar de Fondo (Swell):**- Cualquier sistema de olas que se proponga fuera de su zona de origen.

**Marea de Tempestad (Storm Surge):**- Diferencia debida a la acción de una perturbación meteorológica (marea de tempestad) entre el nivel real del agua y el nivel que habría alcanzado en ausencia de la perturbación meteorológica (esto es, marea astronómica).

**Masa de Aire (Air Mass):**- Volumen extenso de la atmósfera cuyas propiedades físicas, en particular la temperatura y la humedad en un plano horizontal, muestran solo diferencias pequeñas y graduales. Una masa puede cubrir una región de varios millones de kilómetros cuadrados y poseer varios kilómetros de espesor.

**METAR (Metar) :**- Clave para un mensaje de observación meteorológica regular destinado a la aviación.

**Nube (Cloud):**- Hidrometeoro consistente en una suspensión en la atmósfera de partículas minúsculas de agua líquida o de hielo, o de ambas a la vez, que en general no tocan el suelo. Este conjunto puede también contener partículas de agua líquida o de hielo de mayores dimensiones y partículas no acuosas o partículas sólidas procedentes, por ejemplo de gases industriales, humo o polvo.

**Nudo (Knot):**- Unidad de velocidad igual a una milla náutica por hora (1852 km h-1).

**Observación (Observation):**- Evaluación de uno o varios elementos meteorológicos.

**Ojo del Ciclón Tropical (Eye):**- Zona relativamente clara y tranquila dentro de un muro circular de nubes convectivas, cuyo centro geométrico es el centro del ciclón tropical.

**Oscilación del Sur (EL NIÑO) (E.N.O.S):**-Calentamiento anómalo del agua oceánica frente a las costas occidentales sudamericanas, acompañado habitualmente de fuertes lluvias en las regiones costeras de Perú y Chile.

**Perturbación Tropical (Tropical Disturbance):**- Vientos de superficie ligeros con indicios de circulación ciclónica.

**Presión a Nivel del Mar (Sea Level Pressure):**- Presión atmosférica al nivel medio del mar, obtenida a partir de la presión observada en la estación.

**Presión Atmosférica (Atmospheric Pressure):**- Presión (fuerza por unidad de área) ejercida por la atmósfera sobre cualquier superficie en virtud de su peso. Equivale al peso de una columna de aire de sección transversal unitaria que se extiende desde un nivel dado hasta el límite superior de la atmósfera.

**Pronóstico Climatológico (Climatologic Forecast):**- Predicción basada en el clima de una región en vez de considerar las implicaciones dinámicas del estado presente de la atmósfera.

**Pronóstico Estadístico (Statistical Forecast):**- Predicción objetiva basada en el examen estadístico del comportamiento pasado de la atmósfera, expresado bajo la forma de ecuaciones de regresión, de probabilidades, etc.

**Pronóstico Meteorológico (Weather Forecast):**- Juicio emitido por un predictor sobre las condiciones futuras de la atmósfera, basado en un análisis.

**Pronóstico Numérico (Numerical Weather Prediction NWP) o predicción numérica (Numerical Forecast):**- Predicción de los campos de variables meteorológicas por resolución numérica de las ecuaciones hidrodinámicas, en general con ayuda de una computadora.

**Racha o Ráfaga (Gust):**- Aumento breve y repentino de la velocidad del viento respecto a su valor medio.

**Recurvatura (Recurvature):**- Cambio de dirección de un ciclón tropical desde su movimiento hacia el oeste hasta su movimiento hacia el polo y después con un componente hacia el este.

**Subsidencia (Subsidence):**- Descenso lento de una masa de aire sobre una zona amplia, generalmente acompañado por una divergencia horizontal en las capas bajas. El aire que desciende resulta comprimido y calentado y generalmente su estabilidad inicial aumenta.

**Tifón (Typhoon):**- Nombre dado a un ciclón tropical en la parte occidental del pacifico norte caracterizado por vientos sostenidos de una velocidad máxima de 64 nudos o más cerca del centro.

**Tormenta (Storm):**- Alteración atmosférica que comprende perturbaciones de los campos de presión y de viento predominantes, en escalas que van desde los tornados (1 km) a los ciclones extratropicales (2000 a 3000 km).

**Tormenta Tropical (Tropical Storm):**- Subclasificación de un ciclón tropical en donde la velocidad máxima del viento es de 34 a 63 nudos.

**Tornado (Twister):**- Tempestad giratoria muy violenta de pequeño diámetro; es el mas violento de todos los fenómenos meteorológicos. Se produce a causa de una tormenta de gran violencia y toma la forma de una columna nubosa proyectada de la base de un cumulonimbus hacia el suelo.

**Tromba (Spout):**-Fenómeno consistente en un torbellino de viento, con frecuencia intenso, puesto de manifiesto por una columna nubosa o un cono nuboso invertido en forma de embudo, que sobresale de la base de un cumulonimbus, y por un “arbusto” compuesto de gotas de agua elevadas desde la superficie del mar o por polvo, arena o residuos diversos elevados desde el suelo.

**Turbonada (Squall):**- Fenómeno atmosférico caracterizado por cambios muy marcados en la velocidad del viento. Comienza bruscamente, dura unos minutos y disminuye con rapidez. Con frecuencia viene acompañada por chubascos o tormentas.

**Vaguada de Baja Presión (Trough):**- Región alargada de presión atmosférica relativamente baja.

**Viento (Wind):**- Movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra. Excepto cuando se advierta lo contrario, sólo se considera su componente horizontal.

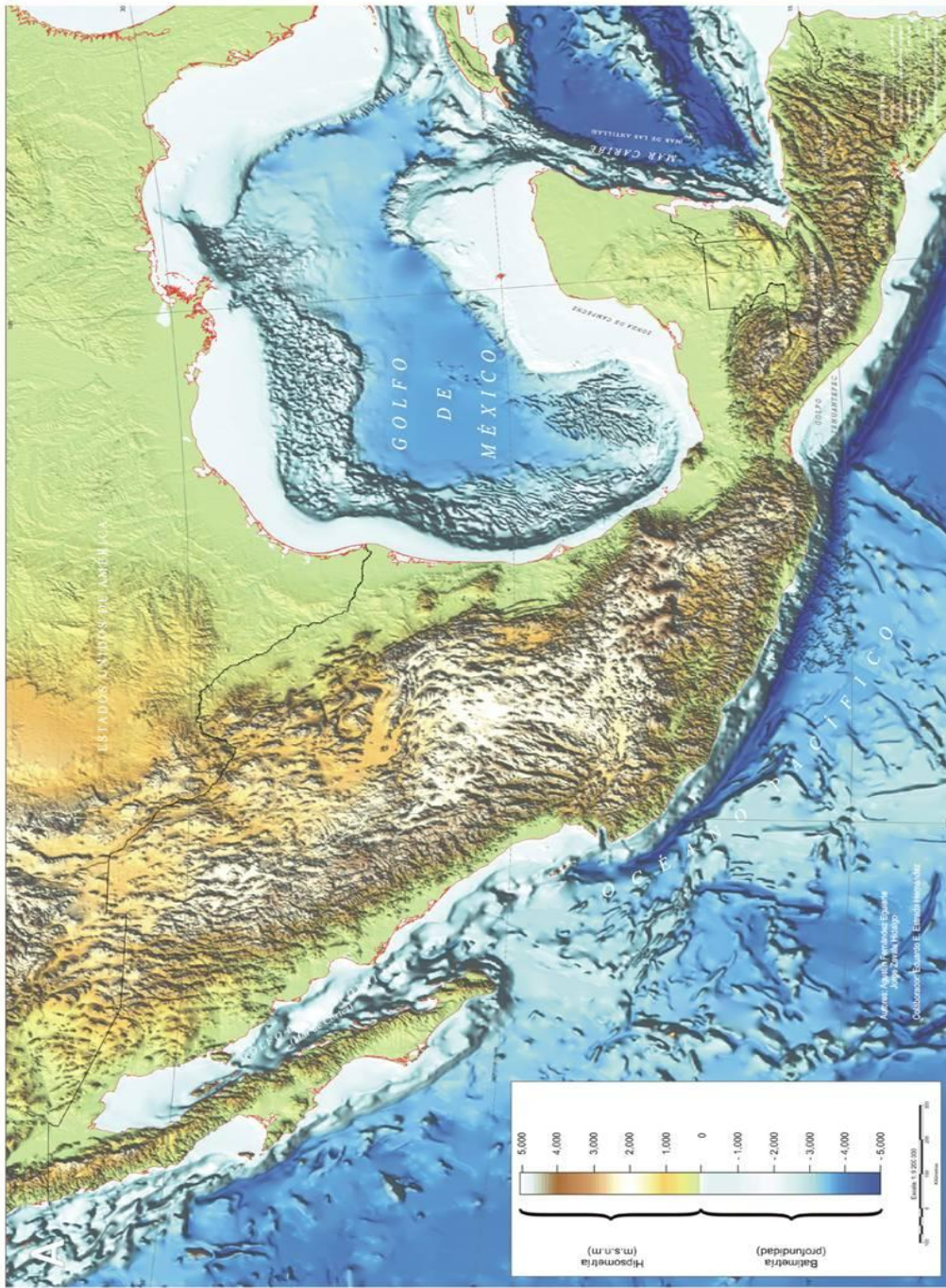


**Viento duro o ventarrón (Gale):**- Viento con una velocidad comprendida entre 34 y 40 nudos (escala de Beaufort: viento de fuerza 8).

**Zona Intertropical de Convergencia o ZITC (Intertropical Convergence Zone ITCZ):**- Zona estrecha donde convergen los alisios de los dos hemisferios.

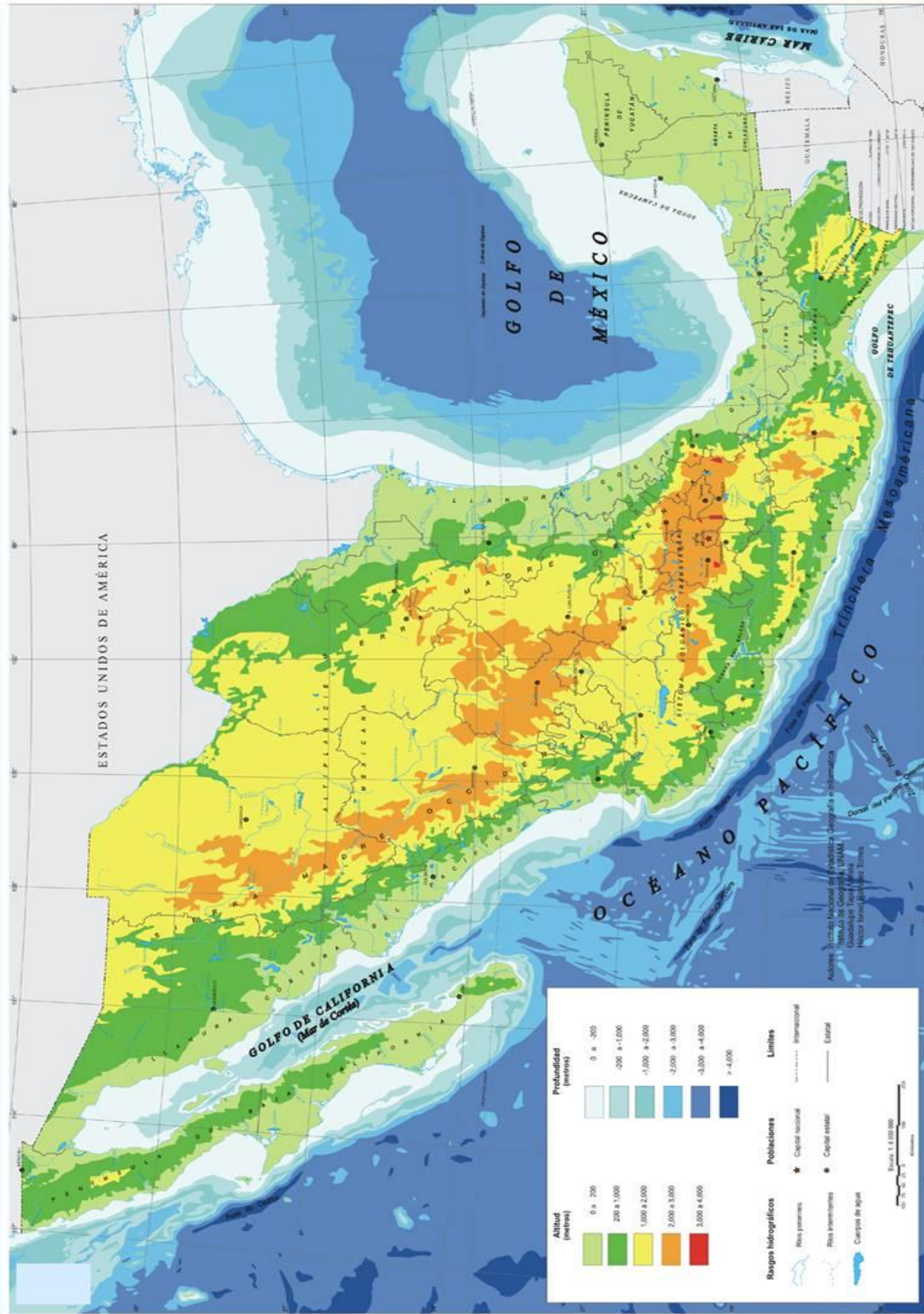
# ANEXOS

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MÉXICO)



(Figura 1.0 Modelo Digital de Elevación – INEGI / UNAM)

# HIPSOMETRÍA - BATIMETRÍA - HIDROLOGÍA (MÉXICO)





(Figura 2.0 Hipsometría – Batimetría – Hidrología INEGI / UNAM)








## BIBLIOGRAFÍA


 Bell, G. D. & Chelliah, M. 2006 Leading tropical modes associated with interannual and multidecadal fluctuations in north Atlantic hurricane activity. *J. Clim.* 19, 590–612. (doi:10.1175/JCLI3659.1)

 Caballero, J. R., Allan, R. J., Folland, C. K., Vellinga, M. & Mann, M. E. 2005 A signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. *Geophys. Res. Lett.* 32, L20 708. (doi:10.1029/2005GL024233)


 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE (2005). Historia de la Meteorología. [usuario.cicese.mx/~sreyes/LIBRO%20METEOROLOGIA/HISTO1.DOC](http://usuario.cicese.mx/~sreyes/LIBRO%20METEOROLOGIA/HISTO1.DOC)  
URL Consultado en Mayo 25, 2014.


 Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, CGSMN, 2014. 135 años de Historia en México (PDF). Págs. 108. Archivado desde el original, el 2014-03-21. Consultado en Mayo 25, 2014.


 Emanuel, K. 2005 Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436, 686–688. (doi:10.1038/nature03906)


 Enfield, D. B., Mestas-Nunez, A. M. & Trimble, P. J. 2001 The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental US. *Geophys. Res. Lett.* 28, 2077–2080. (doi:10.1029/2000GL012745)




 Goldenberg, S. B., Landsea, C. W., Mestas-Nunñez, A. M. & Gray, W. M. 2001 The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. *Science* 293, 474–479. (doi:10.1126/ science.1060040)


 HERNÁNDEZ, A. (1997). Ciclones Tropicales más Intensos que han Penetrado en el Territorio Nacional (PDF). Págs. 108. Archivado desde el original, el 1997-10-03. Consultado en Mayo 25, 2014.


 Hess, J. C. & Elsner, J. B. 1994 Extended-range hindcasts of tropical-origin Atlantic hurricane activity. *Geophys. Res. Lett.* 21, 365–368. (doi:10.1029/94GL00008)


 Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2014). Sección Cuéntame INEGI, Territorio de México. <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/default.aspx?tema=TURL> Consultado en Mayo 25, 2014.


 Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología, INAMHI (2009). Sección Educativa, Meteorología Básica. <http://www.inamhi.gov.ec/educativa/meteorologia.htm>


URL Consultado en Mayo 25, 2014.

 JÁUREGUI, E. (2003). Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico (PDF). *Atmósfera* Págs. 201. Archivado desde el original, el 2006-06-14. Consultado en Mayo 25, 2009.


 Kent, E. C. & Challenor, P. G. 2006 Toward estimating climatic trends in SST. Part II: random errors. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 23, 476–486. (doi:10.1175/JTECH1844.1)


 Kossin, J. P. & Vimont, D. J. In press. A more general framework for understanding Atlantic hurricane trends. *Bull. Am. Meteor. Soc.*


 Klotzbach, P. J. 2006 Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986– 2005). *Geophys. Res. Lett.* 33, L10 805. (doi:10.1029/2006GL025881).


 Landsea, C. W. 1993 A climatology of intense (or major) Atlantic hurricanes. *Mon. Weather Rev.* 121, 1703–1713. (doi:10.1175/1520-0493(1993)121!1703:ACOIMAO2.0.CO;2)


 Landsea, C. W. 2007 Counting Atlantic tropical cyclones back to 1900. *EOS* 88, 197–208.


 Landsea, C. W., Pielke Jr, R. A. & Mestas-Nuñez, A. M. 1999 Atlantic basin hurricanes: indices of climate change. *Clim. Change* 42, 89–129. (doi:10.1023/A:1005416332322)

 Landsea, C. W., Harper, B. A., Horau, K. & Knaff, J. A. 2006 Can we detect trends in extreme tropical cyclones? *Sci. Perspect.* 313, 452–454.


 Lehmler, G. S., Kimberlain, T. B. & Elsner, J. B. 1997 Seasonal prediction models for North Atlantic basin hurricane location. *Mon. Weather Rev.* 125, 1780–1791.

 F. J. Monkhouse. *Diccionario de términos geográficos*. Barcelona: Oikos-Tau Ediciones, 1978, p. 524. Edición original en inglés: *A Dictionary of Geography*. London: Edward Arnold (Publishers) Ltd., 1978


 National Aeronautics and Space Administration, NASA (2006). *Earth Science data and services directory*, (PDF). *The Global Change Master* Págs. 88. Archivado desde el original en 2006. Consultado en Mayo 25, 2014.


 National Hurricane Service (NHS) 2000. *Hurricanes 1955*.  
<http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/1955.htm>


URL Consultado en Mayo 25, 2014.


 National Hurricane Service (NHS) 2000. *Principales Huracanes a Nivel Mundial*.  
<http://atlas.snet.gob.sv/atlas/files/ciclones/PrincipalesHuracanesMundial.html>


URL Consultado en Mayo 25, 2014.


 Neumann, C. J., Jarvinen, B. R., McAdie, C. J. & Elms, J. D. 1993 *Tropical cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871–1992*. NOAA National Climatic Data Center and National Hurricane Center, pp. 193.


 Office of Foreign Disaster Assistance, U.S. Agency for International Development. (1989). Disaster History: Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900-Present. OFDA/USAID. Washington, D.C.


 Organización Meteorológica Mundial, OMM (2000). Tiempo, Clima y Agua OMM-N° 100 (PDF). Págs. 120. Archivado desde el original en 2000. Consultado en Mayo 25, 2014.

 Owens, B. F. & Landsea, C. W. 2003 Assessing the skill of operational Atlantic seasonal tropical cyclone forecasts. *Weather Forecast.* 18, 45–54. (doi:10.1175/1520-0434(2003)018!0045: ATSOAO2.0.CO;2)


 Oouchi, K., Yoshimura, J., Yoshimura, H., Mizuta, R., Kusunoki, S. & Noda, A. 2006 Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric model: frequency and wind intensity analyses. *J. Meteor. Soc. Jpn* 84, 259–276. (doi:10.2151/jmsj.84.259)


 ROMERO, E. (2006). Tropical Cyclone Statistics in the Northeastern Pacific. (UABCS). La Paz, Baja California Sur, México.


 Santer, B. D. et al. 2006 Forced and unforced ocean temperature changes in Atlantic and Pacific tropical cyclone genesis regions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103, 13 905–13 91. (doi:10.1073/ pnas.0602861103)

 Servicio Meteorológico Nacional, SMN (2009). Ciclones Tropicales. <http://smn.cna.gob.mx/>

URL Consultado en Mayo 25, 2014

 Shapiro, L. J. & Goldenberg, S. B. 1998 Atlantic sea surface temperatures and tropical cyclone formation. *J. Clim.* 11, 578–590. (doi:10.1175/1520-0442(1998)011<0578:ASSTATO2.0.CO;2)

 Simpson, R. H. & Pelissier, J. M. 1971 Atlantic hurricane season of 1970. *Mon. Weather Rev.* 99, 269–277. (doi:10.1175/1520-0493(1971)099<0269:AHSOO2.3.CO;2).

 Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A. & Chang, H.-R. 2005 Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309, 1844–1846. (doi:10.1126/science.1116448).