

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

**DESARROLLO DE UN MÓDULO DE ALERTAMIENTO  
EXPERIMENTAL POR INESTABILIDAD DE LADERAS PARA  
FORTALECER LA TOMA DE DECISIONES EN EL ÁMBITO  
LOCAL (1ª ETAPA)**

Martín Jiménez Espinosa  
Viridiana Monroy Cruz  
Betzy Samanta García Castillo

Subdirección de Riesgos por Fenómenos Hidrometeorológicos

Marzo, 2020



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

## Índice

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>R Y PYTHON.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR MUNICIPIOS SUSCEPTIBLES A INESTABILIDAD DE LADERAS .....</b>                     | <b>6</b>  |
| 3.1      | Algoritmo para identificar municipios susceptibles a inestabilidad de laderas disparada por lluvias <sup>8</sup> |           |
| <b>4</b> | <b>EVENTOS ANALIZADOS .....</b>  | <b>13</b> |
| 4.1      | Descripción de los eventos   | 13        |
|          | 4 de septiembre de 2019  | 13        |
|          | 6 de septiembre de 2019  | 18        |
|          | 9 de septiembre de 2019  | 19        |
|          | 11 de septiembre de 2019   | 23        |
|          | 12 de septiembre de 2019   | 24        |
|          | 13 de septiembre de 2019   | 27        |
|          | 18 de septiembre de 2019   | 29        |
|          | 19 de septiembre de 2019   | 31        |
|          | 20 de septiembre de 2019   | 33        |
|          | 21 de septiembre de 2019   | 35        |
|          | 23 de septiembre de 2019   | 37        |
|          | 24 de septiembre de 2019   | 39        |
|          | 25 de septiembre de 2019   | 41        |
|          | 26 de septiembre de 2019   | 43        |
|          | 27 de septiembre de 2019   | 46        |
|          | 28 de septiembre de 2019   | 47        |
|          | 29 de septiembre de 2019   | 49        |
|          | 30 de septiembre de 2019   | 52        |
|          | 2 de octubre de 2019   | 55        |
|          | 4 de octubre de 2019   | 57        |
|          | 5 de octubre de 2019   | 59        |
|          | 11 de octubre de 2019  | 61        |
|          | 13 de octubre de 2019  | 63        |
|          | 14 de octubre de 2019  | 66        |
|          | 15 de octubre de 2019  | 68        |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 16 de octubre de 2019   | 69 |
| 17 de octubre de 2019   | 71 |
| 18 de octubre de 2019   | 73 |
| 19 de octubre de 2019   | 75 |
| 22 de octubre de 2019   | 77 |
| 23 de octubre de 2019   | 79 |
| 24 de octubre de 2019   | 81 |
| 25 de octubre de 2019   | 83 |
| 26 de octubre de 2019   | 85 |
| 12 de noviembre de 2019 | 87 |
| 23 de noviembre de 2019 | 89 |
| 24 de noviembre de 2019 | 91 |
| 25 de noviembre de 2019 | 93 |
| 26 de noviembre de 2019 | 95 |
| Análisis de resultados  | 98 |

**5 CONCLUSIONES ..... 100**

**BIBLIOGRAFÍA..... 101**

## 1 INTRODUCCIÓN

En este informe se describe una metodología para la obtención de un módulo de alertamiento experimental por inestabilidad de laderas. En un principio se decidió utilizar los lenguajes *R* y *Python*, lo que permitiría identificar los municipios con peligro por este fenómeno y hacer recomendaciones para disminuir dicho peligro.

Desafortunadamente no se pudo avanzar en el curso de *R* y *Python* que proporcionó la Facultad de Ciencias Políticas de la UNAM, debido a que se suspendió y no ha vuelto a reactivarse.

En este informe se describe entonces el algoritmo que se usaría en un desarrollo informático que permitiría automatizar el proceso de selección de municipios con alta probabilidad de ocurrencia de inestabilidad de laderas.

El algoritmo propuesto utiliza umbrales de lluvia asociados a periodos de retorno y a magnitudes de inestabilidad de laderas.

Se describe la aplicación de dicho algoritmo a eventos de tormentas ocurridos durante 2019 y que se realizaron con el programa de cómputo *Qgis*.

## 2 R Y PYTHON

Actualmente, personal de la Subdirección de Riesgos por Fenómenos Hidrometeorológicos del CENAPRED (SRH) está llevando a cabo un curso de *R* y *Python* denominado *CODEmpleo: Programación para No Programadores*, brindado por el Laboratorio de Proyectos Sociales (LAPSO), el cual permitirá apoyar la programación en este proyecto (Figura 1).

El curso es gratuito y se realiza en línea; para inscribirse hubo un proceso de selección, así como una evaluación socioeconómica, ya que, en caso de desistir de dicho curso, se tendría que pagar el costo del mismo. Se inscribieron 768 personas. Lo anterior es importante, ya que no ha habido presupuesto para acceder a otro tipo de cursos, por lo que se aprovechan al máximo estas oportunidades y, aunque se dedica parte del tiempo laboral a tomar el curso en línea, así como tiempos en casa, esta capacitación se considera que es útil, no sólo para este proyecto, sino para todos los demás temas en los que participamos: otros proyectos, capacitación, divulgación, etc.



**Figura 1** Curso de *R* y *Python* denominado *CODEmpleo: Programación para No Programadores*

El curso está diseñado en una plataforma en línea y se apoya, a su vez, en videos de la plataforma *Youtube*. La primera parte del curso versa sobre el lenguaje *R* y consta de los siguientes módulos:

- Módulo 1 Semana 1: Entra a la plataforma
- Módulo 1 Semana 2: Empecemos a usar R
- Módulo 1 Semana 3: Operadores y subselecciones
- Módulo 1 Semana 4: Práctica R base
- Módulo 1 Semana 5: Analizar bases de datos
- Módulo 1 Semana 6: Proyecto práctico 1
- Módulo 2 Semana 7: Manipulación de caracteres
- Módulo 2: Ejercicio Manipulación de caracteres
- Semana de dudas
- Módulo 2 Semana 8: Diseño de muestra complejo
- Módulo 2 Semana 9: Graficar con ggplot2
- Módulo 2 Semana 10: Ejercicios de graficación
- Módulo 2 Semana 11: *Web scrapping*

Y cada módulo contiene los temas siguientes:

- Preguntas de la semana
- Vídeos de la sesión
- Ejercicios de la sesión
- Código de la sesión

Los miembros de la SRH han cubierto los módulos anteriores, correspondientes al lenguaje *R*; sin embargo, el curso se ha detenido y no se ha podido avanzar en el otro tema, *Python*; además, no ha habido explicaciones por parte de los organizadores sobre el porqué de esta situación ni cuando se reanudará el curso.

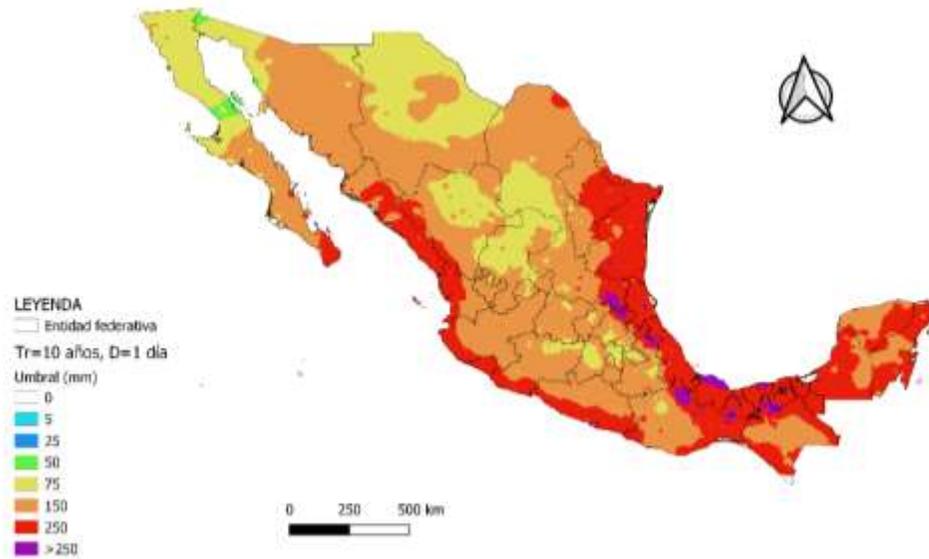
Por lo anterior, no ha sido posible elaborar los módulos de programas de alertamiento como se tenía planeado.

Sin embargo, se elaboraron los algoritmos, que posteriormente se programarán en *R* y *Python*, para aplicarlos de manera manual con la ayuda de *Excel* y *Qgis*. Además, se analizaron algunos casos históricos, los cuales se describen en el capítulo 4 de este documento.

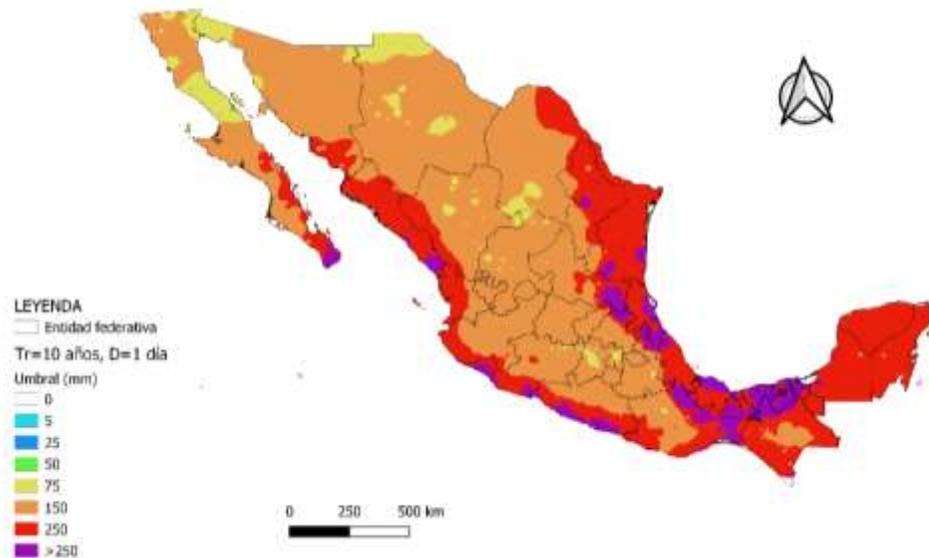
### **3 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR MUNICIPIOS SUSCEPTIBLES A INESTABILIDAD DE LADERAS**

En (Eslava Morales, y otros, 2017) se establecieron las bases para el alertamiento por inestabilidad de laderas disparada por lluvia, mediante umbrales de precipitación asociados a periodos de retorno ( $T_r$ ) de 10, 20 y 50 años, en esa ocasión exclusivamente con duraciones de lluvia de 24 horas o un día. Además, los umbrales asociados a periodos de retorno se estimaron para cada municipio del país.

En este documento se analizan umbrales para duraciones de 1, 2, 3 y 4 días con periodos de retorno de 10, 20 y 50 años (Figura 2, Figura 3 y Figura 4). Un Tr de 10 años indicaría caídos y deslizamientos en tramos carreteros, un Tr de 20, gran deslizamiento y un Tr de 50, deslizamiento de dimensión y volumen grande.



**Figura 2 Umbrales de lluvia con Tr=10 años y duración de un día (en mm)**



**Figura 3 Umbrales de lluvia con Tr=20 años y duración de un día (en mm)**

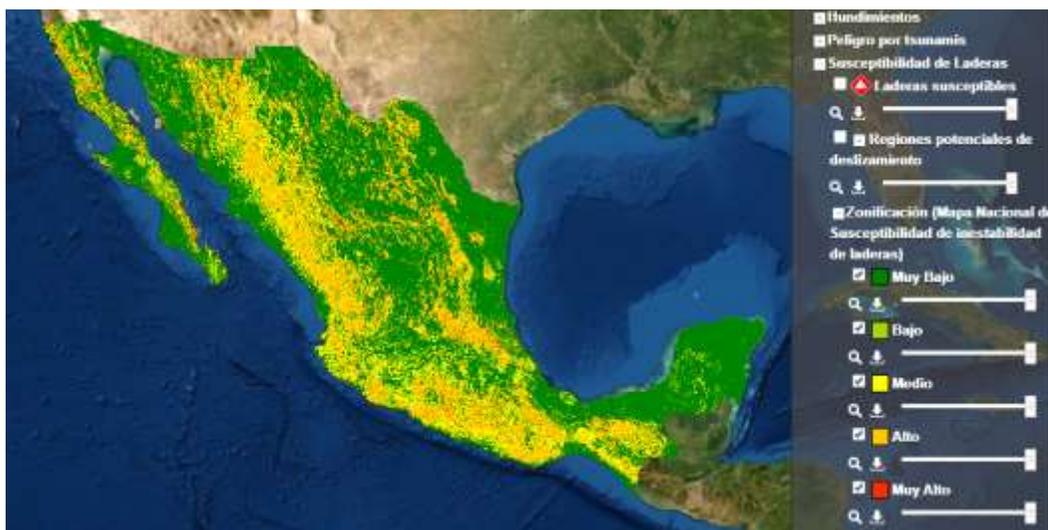


**Figura 4 Umbrales de lluvia con Tr=50 años y duración de un día (en mm)**

Por ejemplo, para un Tr de 50 años se tiene que, para la ciudad de Tijuana, Baja California, el umbral para un día de duración es de 96 mm; mientras que para Villahermosa, Tabasco, es de 242 mm, es decir, un 252% más que Tijuana (Figura 4). Lo anterior significa, entre otras cosas, que la infraestructura para control de inundaciones resulta diferente en ambas ciudades, teniendo que ser mucho más grande en Tabasco que en Baja California, entre otras cosas.

### 3.1 Algoritmo para identificar municipios susceptibles a inestabilidad de laderas disparada por lluvias

El primer paso consiste en identificar los municipios susceptibles a inestabilidad de laderas, a partir del *Mapa Nacional de Susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas* (Figura 5).



**Figura 5 Mapa Nacional de Susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos**

1. Se estiman los eventos de lluvia en cada municipio:
  - a) Suceso A: Lluvia de 0 a 24 h
  - b) Suceso B: Lluvia de 24 a 48 h
  - c) Suceso C: Lluvia a 48 a 72 h
  - d) Suceso D: Lluvia a 72 a 84 h
  - e) Suceso AB: Lluvia de 0 a 48 h
  - f) Suceso BC: Lluvia de 24 a 72 h
  - g) Suceso CD: Lluvia de 72 a 96 h
  - h) Suceso ABC: Lluvia de 0 a 72 h
  - i) Suceso BCD: Lluvia de 24 a 96 h
  - j) Suceso ABCD: Lluvia de 0 a 96 h
  
2. Se revisa si los anteriores eventos rebasan los umbrales correspondientes para las duraciones y periodos de retorno seleccionados en cada municipio. En la hoja de *Excel* 200210\_RH\_trs.xlsx se encuentran los umbrales de lluvia para duraciones de 1 a 4 días (D01... D04) y para periodos de retorno de 10, 20 y 50 años (TR10... TR50). Estos periodos de retorno se han seleccionado *a priori*; una vez en operación el sistema, los Tr seleccionados se pueden ajustar:

| <b>Eventos</b> | <b>Umbrales</b>           |
|----------------|---------------------------|
| A,B,C,D        | D01TR10, D01TR20, D01TR50 |
| AB, BC, CD     | D02TR10, D02TR20, D02TR50 |
| ABC, BCD       | D03TR10, D03TR20, D03TR50 |
| ABCD           | D04TR10, D04TR20, D04TR50 |

3. Si los anteriores eventos rebasan los umbrales correspondientes a las duraciones y periodos de retorno seleccionados en cada municipio, se activa una alerta y se elabora un mapa de alertamiento de acuerdo con la siguiente tabla:

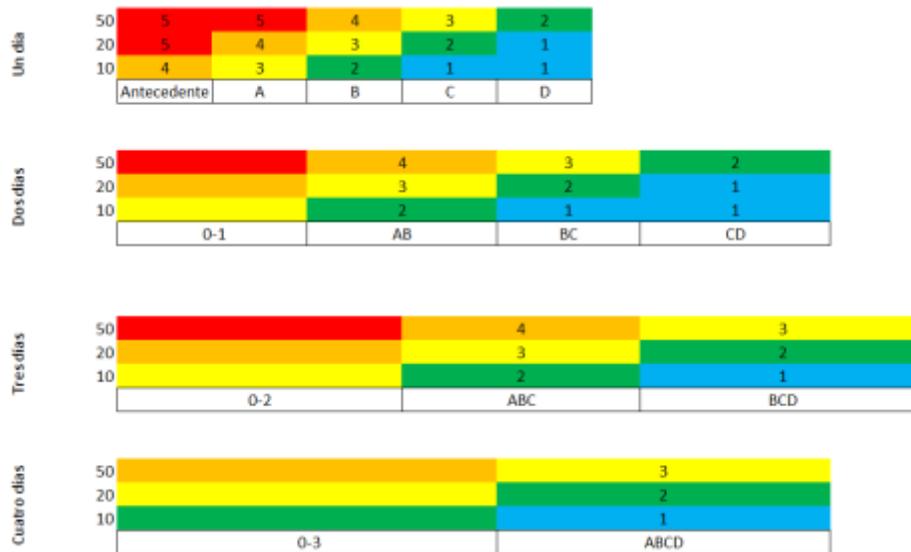


Figura 6 Tablas de alertamiento

La propuesta consiste en que en un solo mapa se muestren los alertamientos obtenidos a partir de las tablas anteriores. Se observa que entre más cercano es el periodo de análisis al tiempo de inicio, y mayor es el periodo de retorno rebasado, más *alto* es el alertamiento (colores rojos o naranjas). Además, un Tr de 10 años indicaría caídos y deslizamientos en tramos carreteros, un Tr de 20, gran deslizamiento y un Tr de 50, deslizamiento de dimensión y volumen grande.

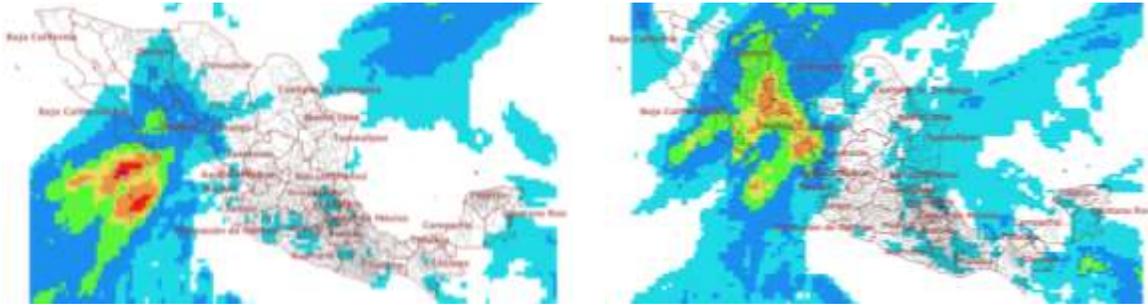
Por ejemplo, se tiene el siguiente pronóstico de lluvia para el 24 de noviembre de 2019, en el que se esperaban lluvias en el país, debidas a canales de baja presión en la zona.



Evento A



Evento B



Evento C

Evento D

**Figura 7 Pronóstico de lluvia del modelo GFS para el 24 de noviembre de 2019**

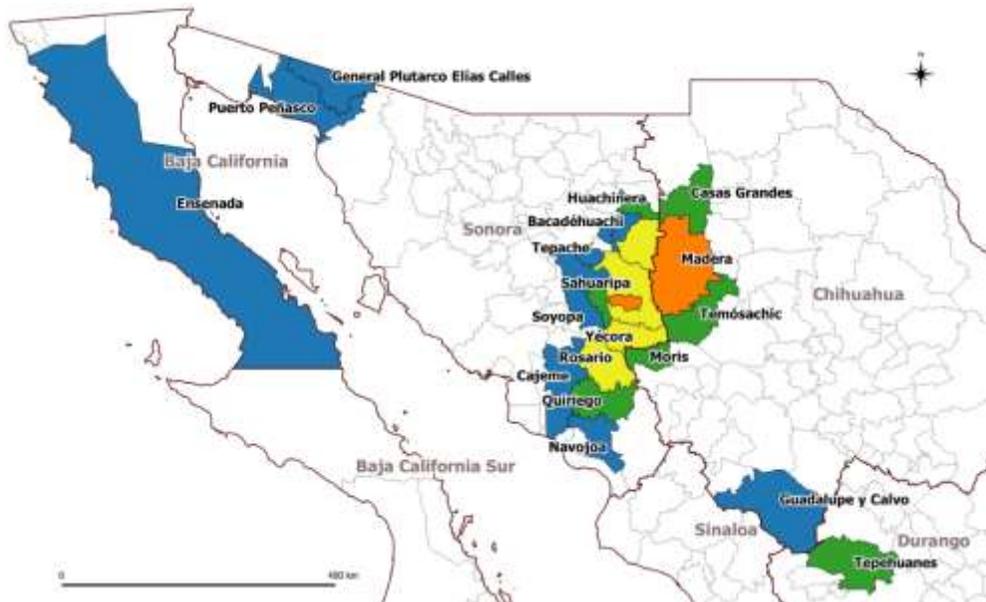
Del pronóstico anterior, se tiene el siguiente mapa de alertamiento:



**Figura 8 Mapa de alertamiento para el 24 de noviembre de 2019**

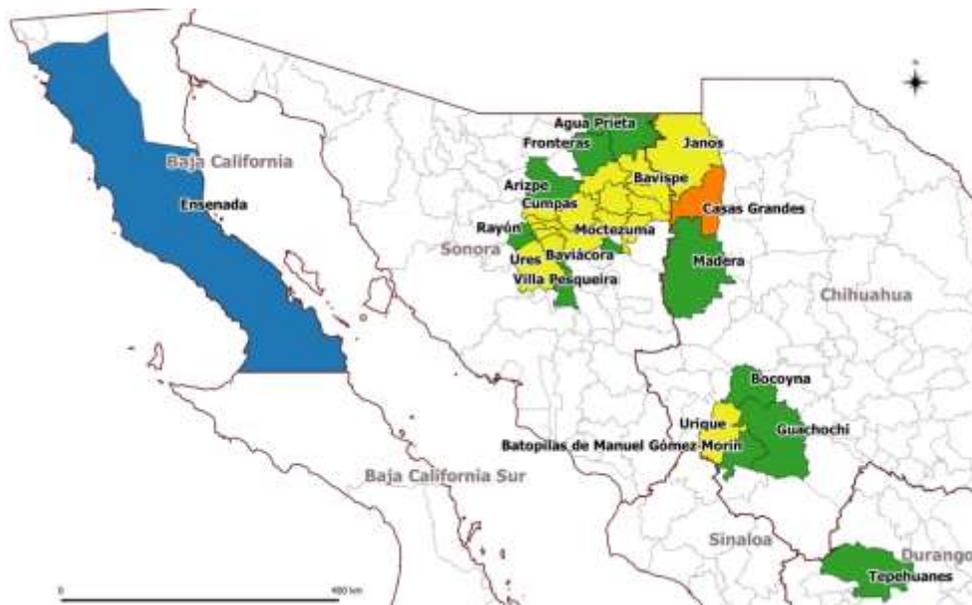
De la Figura 8 se observa que el municipio de Moris, en Chihuahua, se preñe en azul, lo cual indicaría de un deslizamiento de tamaño menor a medio, en un plazo de 2 a 4 días.

De esta manera, se fueron actualizando los mapas de alertamiento para los dos siguientes días:



**Figura 9 Mapa de alertamiento para el 25 de noviembre de 2019**

Para el 25 de noviembre de 2019 (Figura 9), el mapa de alertamiento indica que la lluvia aumentó, lo cual hace que en más municipios se rebasen umbrales y, por lo tanto, se activen sus alertas; por ejemplo, los de color anaranjado rebasan umbrales con periodos de retornos más altos y lluvias más cercanas a la fecha de análisis.



**Figura 10 Mapa de alertamiento para el 26 de noviembre de 2019**

El mapa de alertamiento para el 26 de noviembre de 2019 (Figura 10) indica que la lluvia continúa, incluso más al norte, y se tendría la posibilidad de deslizamientos grandes al siguiente día, mientras que en Baja California se alerta de deslizamientos menores a medios después de un día y hasta 4 días.

## 4 EVENTOS ANALIZADOS

### 4.1 Descripción de los eventos

Los siguientes mapas de alertamiento son el resultado de la aplicación de la metodología para el alertamiento por lluvias con base en umbrales asociados a periodos de retorno, en eventos de tormentas que ocurrieron durante 2019.

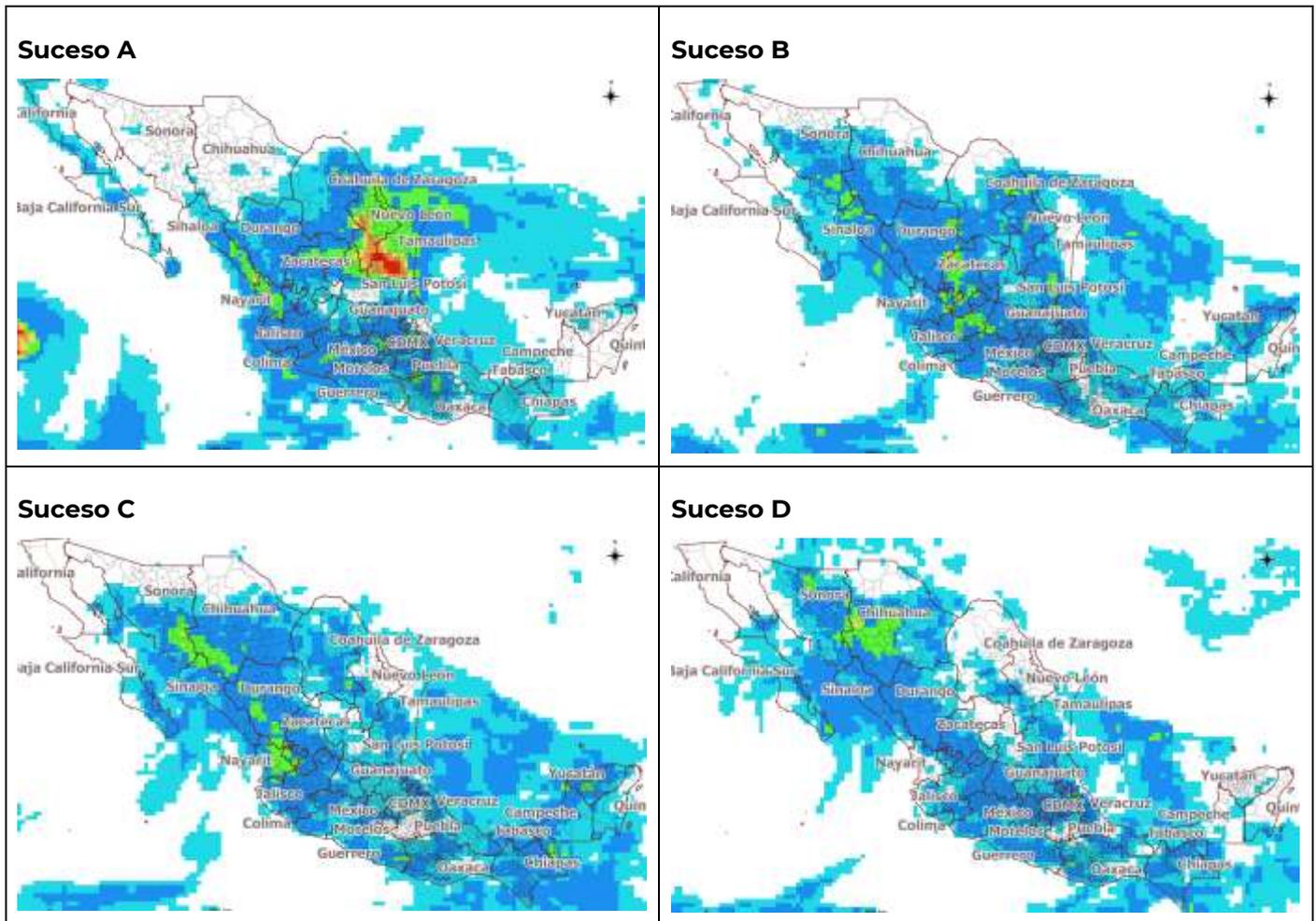
#### 4 de septiembre de 2019

Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: un canal de baja presión que se extendió desde el noroeste hasta el centro del territorio nacional y la tormenta tropical “Fernand” en la costa central de Tamaulipas, además de la onda tropical núm. 34 y el huracán “Juliette”.



**Figura 11 Sistemas meteorológicos del 4 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo de pronóstico GFS, de la página web *Sistema de Alerta Temprana para Lluvias* (SMN, 2019), se muestra en la Figura 12.



**Figura 12 Pronóstico de lluvias del 4 al 8 de septiembre**

Los mapas de alertamiento se elaboraron con base en las lluvias pronosticadas (Figura 13, Figura 14, Figura 15 y Figura 16); además, se muestran los municipios con susceptibilidad de laderas y su grado de peligro (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4).



Figura 13 Alertas por periodo de retorno con duración de 24 horas, del 4 al 5 de septiembre

Tabla 1 Alertas por periodo de retorno con duración de 24 horas, del 4 al 5 de septiembre

| Entidad    | Municipio        | Periodo de retorno | Lluvia (mm) | Susceptibilidad laderas (peligro) |
|------------|------------------|--------------------|-------------|-----------------------------------|
| Tamaulipas | Miquihuana       | >50                | 191.4       | Medio                             |
| Nuevo León | Doctor Arroyo    | >20                | 140.1       | Medio                             |
| Nuevo León | General Zaragoza | >20                | 191.4       | Alto                              |
| Tamaulipas | Jaumave          | >20                | 193.9       | Alto                              |
| Tamaulipas | Bustamante       | >20                | 115.9       | ----                              |
| Nuevo León | Galeana          | >10                | 97.09       | Muy alto                          |
| Nuevo León | Mier y Noriega   | >10                | 85.2        | ----                              |
| Tamaulipas | Hidalgo          | >10                | 182.6       | Alto                              |
| Tamaulipas | Palmillas        | >10                | 115.9       | ----                              |
| Tamaulipas | Victoria         | >10                | 183.7       | Alto                              |
| Tamaulipas | Llera            | >10                | 98.9        | Alto                              |



Figura 14 Alertas por periodo de retorno con duración de 48 horas, del 4 al 6 de septiembre

Tabla 2 Alertas por periodo de retorno con duración de 48 horas, del 4 al 6 de septiembre

| Entidad    | Municipio        | Periodo de retorno | Lluvia (mm) | Susceptibilidad laderas (peligro) |
|------------|------------------|--------------------|-------------|-----------------------------------|
| Tamaulipas | Miquihuana       | >50                | 203.5       | Medio                             |
| Nuevo León | Doctor Arroyo    | >20                | 149.7       | Medio                             |
| Tamaulipas | Jaumave          | >20                | 209.7       | Alto                              |
| Nuevo León | General Zaragoza | >10                | 203.5       | Alto                              |
| Tamaulipas | Bustamante       | >10                | 125.5       | ----                              |
| Tamaulipas | Victoria         | >10                | 198.1       | Alto                              |



Figura 15 Alertas por periodo de retorno con duración de 72 horas, del 4 al 7 de septiembre

**Tabla 3 Alertas por periodo de retorno con duración de 72 horas, del 4 al 7 de septiembre**

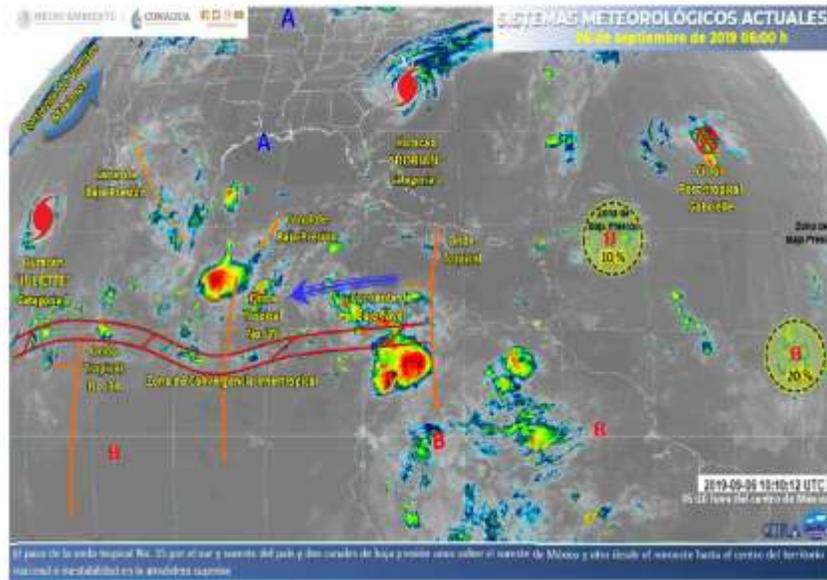
| Entidad    | Municipio        | Periodo de retorno | Lluvia (mm) | Susceptibilidad laderas (peligro) |
|------------|------------------|--------------------|-------------|-----------------------------------|
| Tamaulipas | Miquihuana       | >20                | 208.8       | Medio                             |
| Nuevo León | Doctor Arroyo    | >10                | 156.0       | Medio                             |
| Tamaulipas | Jaumave          | >10                | 217.8       | Alto                              |
| Tamaulipas | Bustamante       | >10                | 129.4       | ---                               |
| Durango    | Vicente Guerrero | >10                | 114.5       | ---                               |
| Zacatecas  | Sombrerete       | >10                | 118.5       | ---                               |


**Figura 16 Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 4 al 8 de septiembre**
**Tabla 4 Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 4 al 8 de septiembre**

| Entidad    | Municipio        | Periodo de retorno | Lluvia (mm) | Susceptibilidad laderas (peligro) |
|------------|------------------|--------------------|-------------|-----------------------------------|
| Tamaulipas | Miquihuana       | >20                | 215.2       | Medio                             |
| Nuevo León | Doctor Arroyo    | >10                | 160.9       | Medio                             |
| Tamaulipas | Jaumave          | >10                | 225.2       | Alto                              |
| Coahuila   | Ramos Arizpe     | >10                | 113.9       | Alto                              |
| Durango    | Vicente Guerrero | >10                | 126.3       | ---                               |
| Zacatecas  | Sombrerete       | >10                | 130.6       | ---                               |

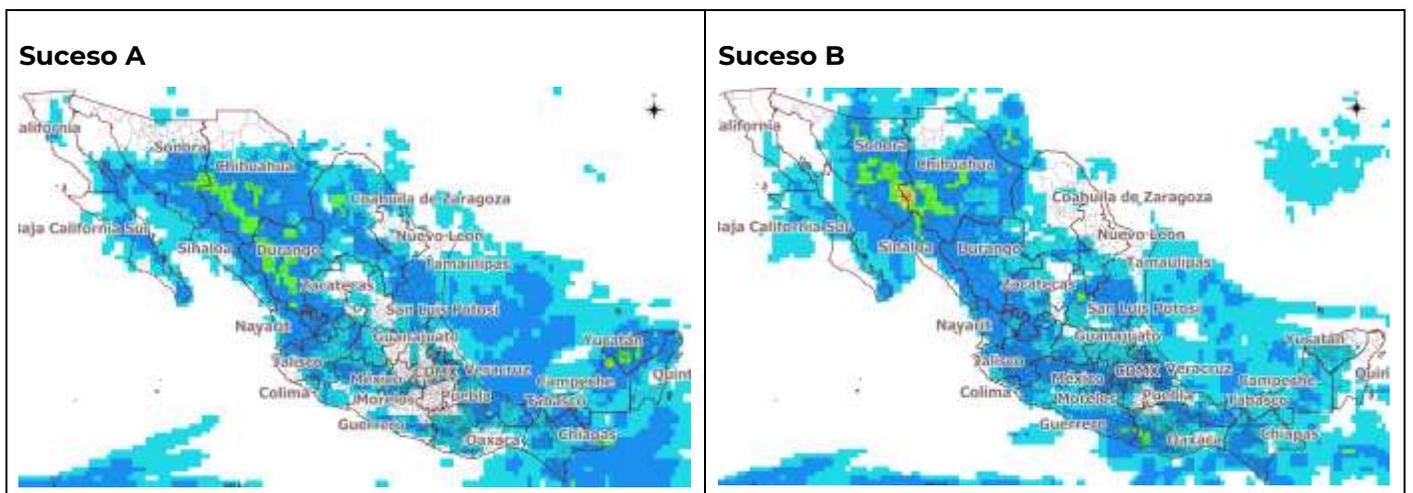
**6 de septiembre de 2019**

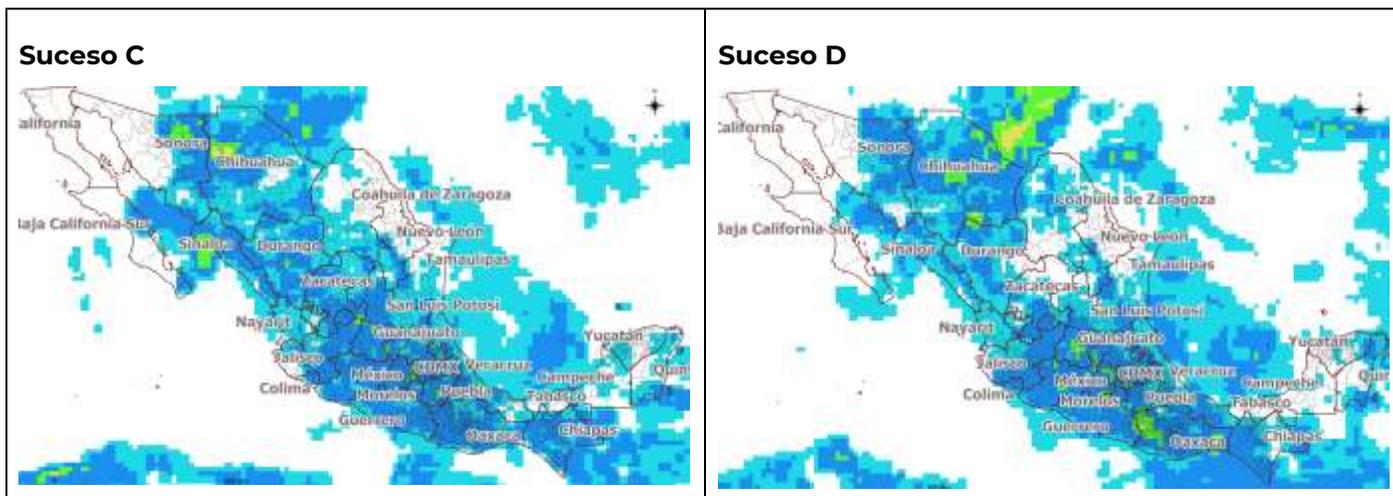
Los fenómenos que afectaron al país fueron: dos canales de baja presión (uno sobre el sureste de México y otro desde el noroeste hasta el centro del territorio nacional) y la onda tropical núm. 35 (su paso fue por el sur y sureste del país).



**Figura 17 Sistemas meteorológicos para el 6 de septiembre de 2019**

El pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la Figura 18:





**Figura 18 Pronóstico de lluvias del 6 al 10 de septiembre**

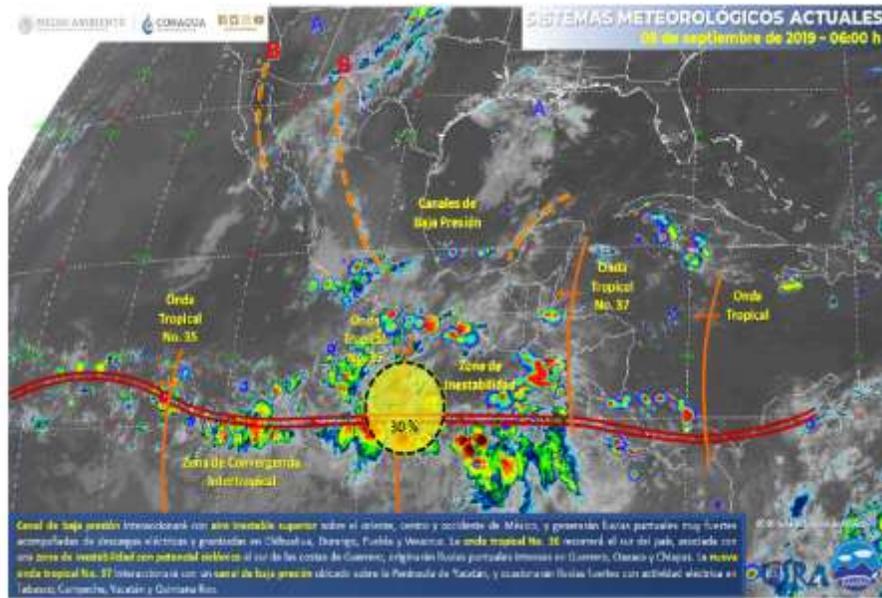
El mapa de alertamiento generado, con las lluvias pronóstico y aplicando la metodología, es el siguiente:



**Figura 19 Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 6 al 10 de septiembre. Ambos municipios rebasan solamente el periodo de retorno de 10 años**

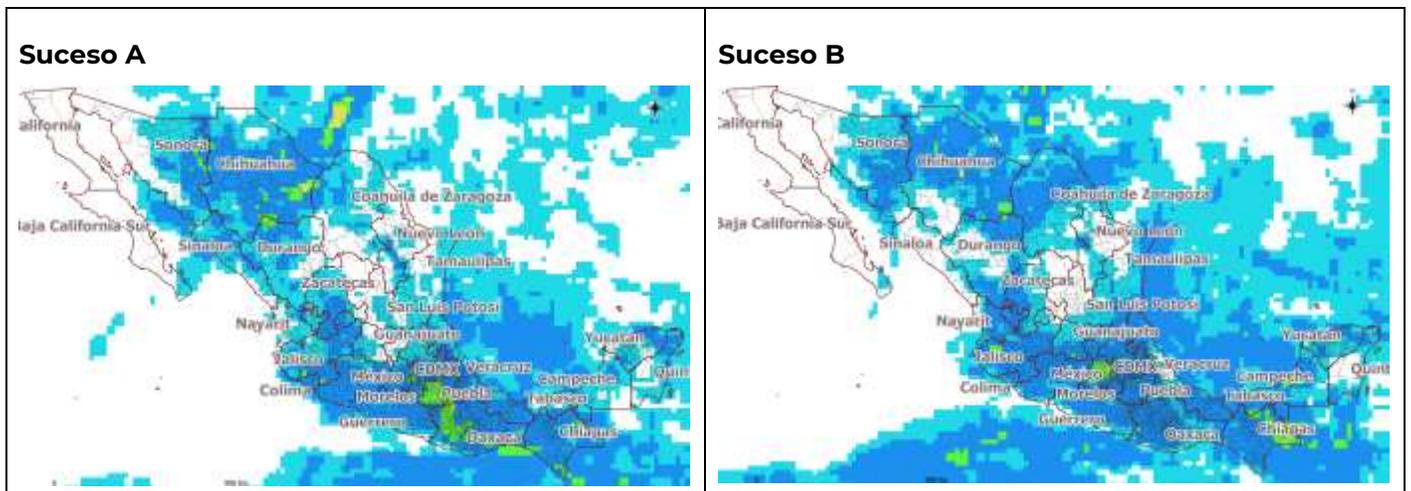
**9 de septiembre de 2019**

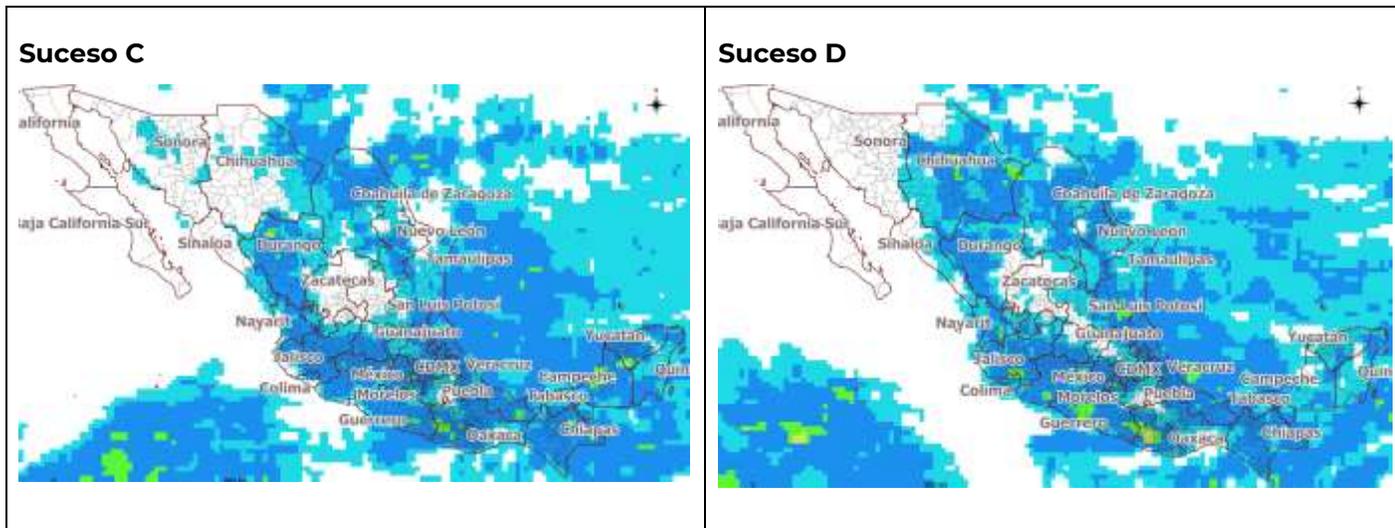
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: un canal de baja presión que interactuó con aire inestable superior sobre el oriente, centro y occidente de México; la onda tropical núm. 36 recorrió el sur del territorio nacional, asociada con una zona de inestabilidad con potencial ciclónico al sur de las costas de Guerrero y la onda tropical núm. 37 que interactuó con un canal de baja presión ubicado sobre la península de Yucatán.



**Figura 20 Sistemas meteorológicos para el 9 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 21 Pronóstico de lluvias del 9 al 13 de septiembre**

Los mapas de alertamiento generados con las lluvias pronóstico son los siguientes.



**Figura 22 Alertas por periodo de retorno con duración de 24 horas, del 9 al 10 de septiembre**

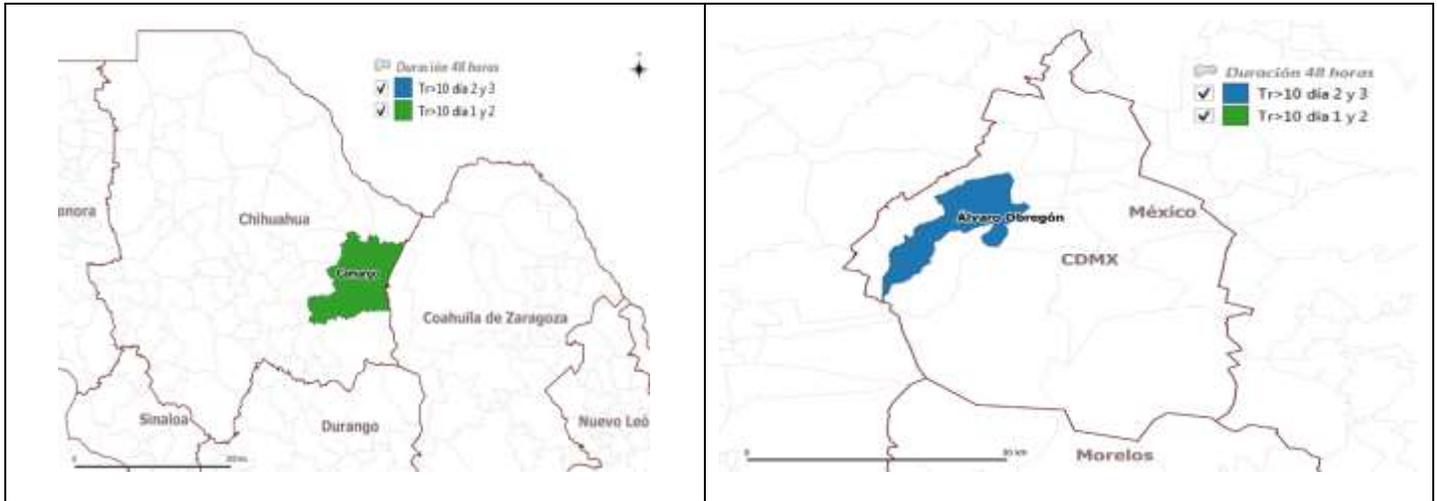


Figura 23 Alerts por periodo de retorno con duración de 48 horas, del 9 al 11 y del 10 al 12 de septiembre

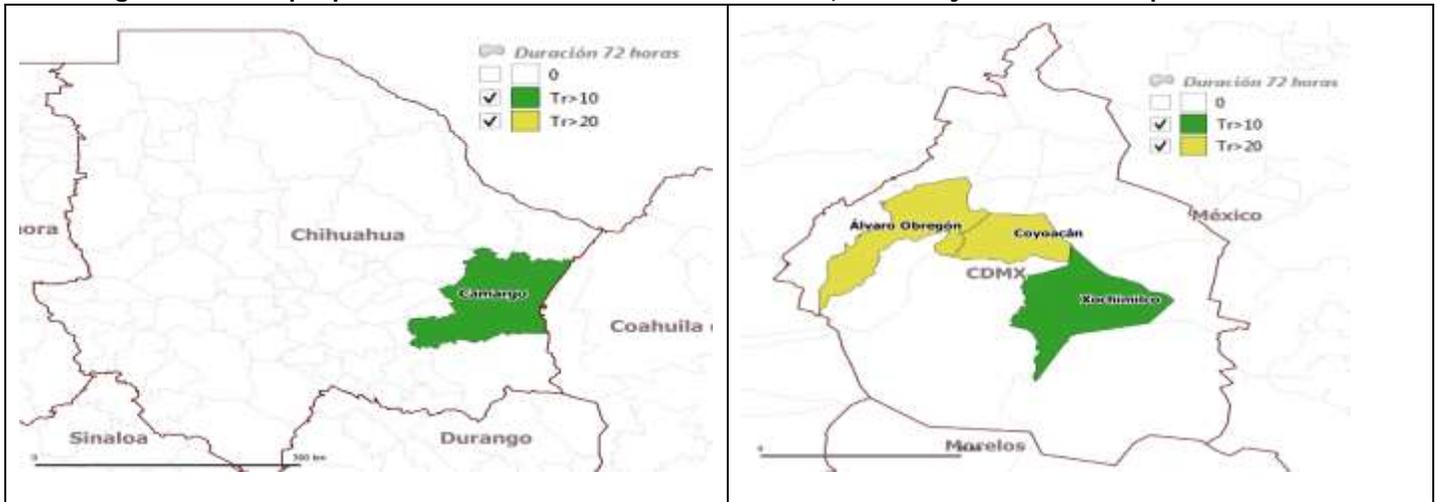


Figura 24 Alerts por periodo de retorno con duración de 72 horas, del 9 al 12 de septiembre

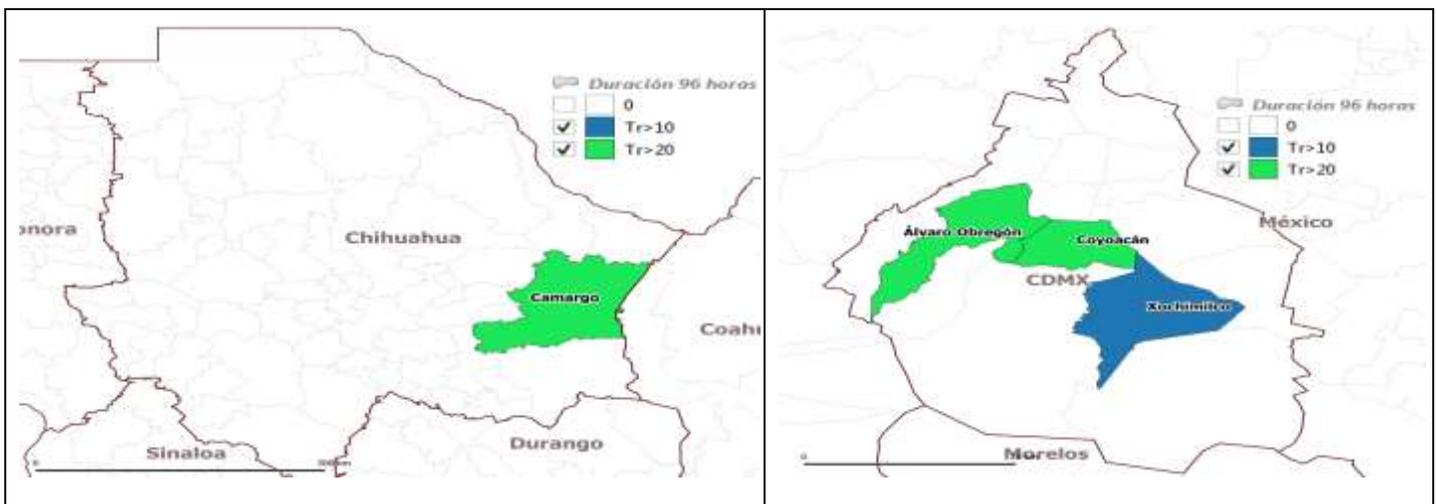
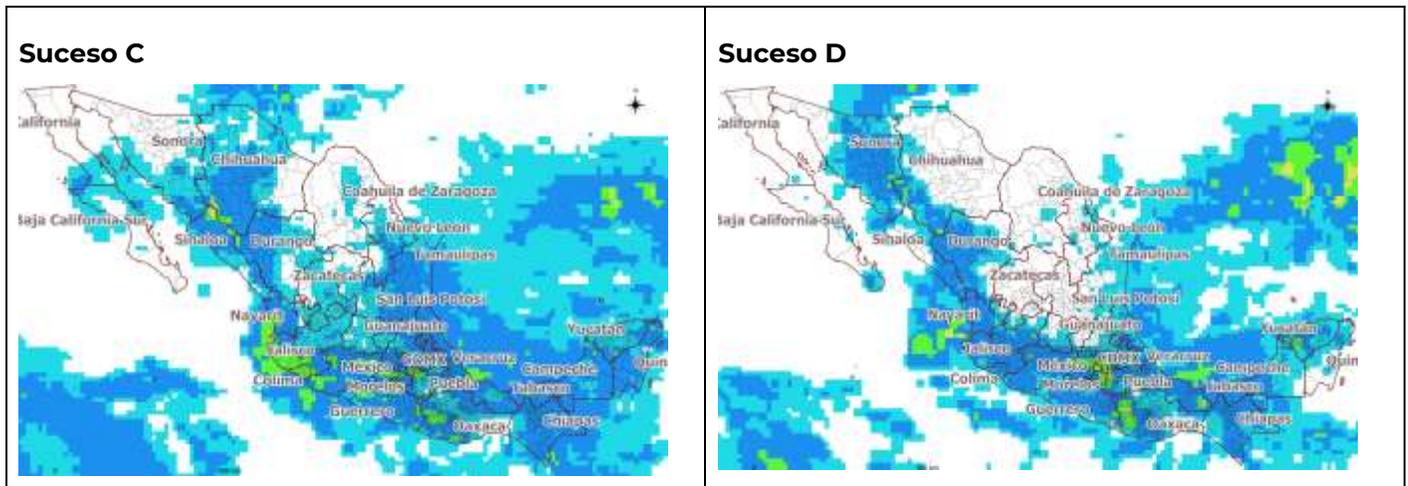


Figura 25 Alerts por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 9 al 13 de septiembre





**Figura 27** Pronóstico de lluvias del 11 al 15 de septiembre

El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 28** Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 11 al 15 de septiembre

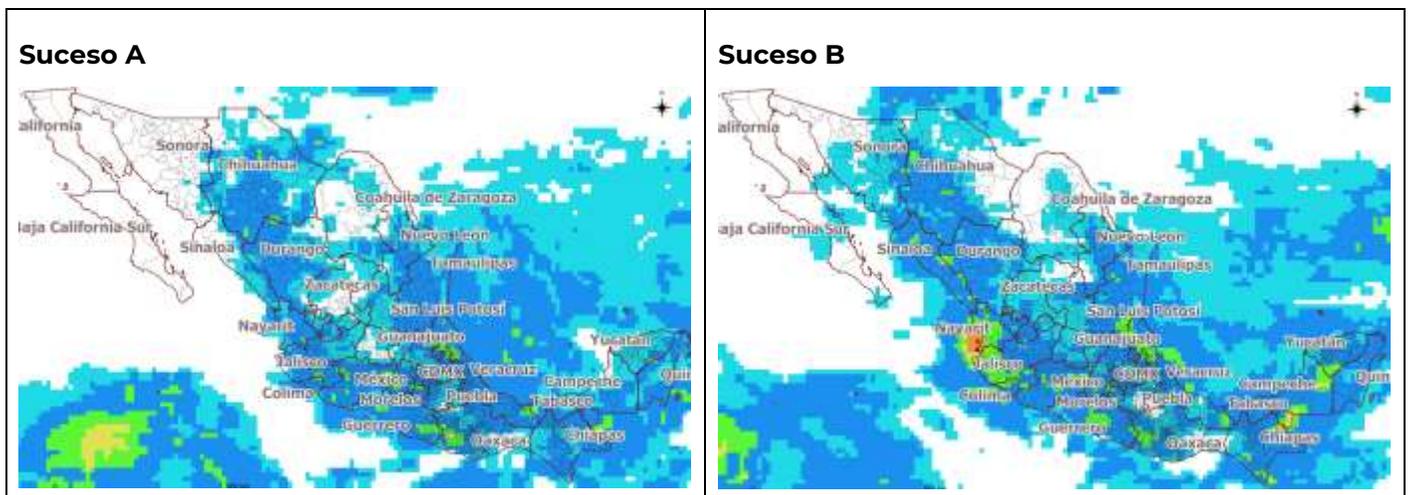
**12 de septiembre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: dos canales de baja presión: uno sobre el noroeste y occidente del país y otro sobre la Península de Yucatán; la onda tropical núm. 37 frente a las costas de Jalisco y Colima y la onda tropical núm. 38 al sureste de México.



**Figura 29 Sistemas meteorológicos para el 12 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.



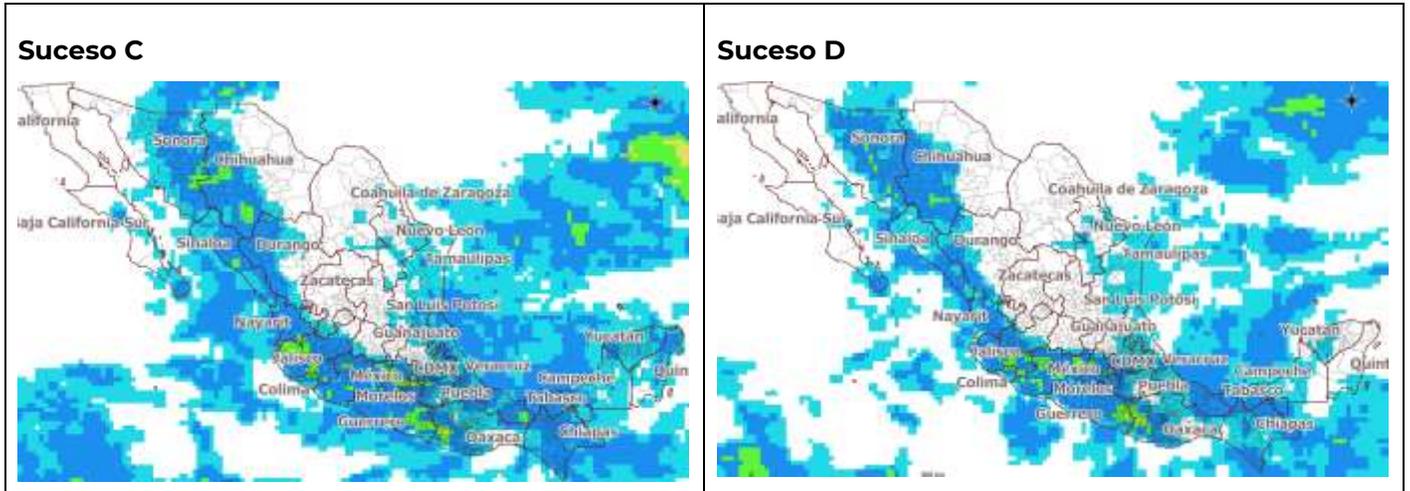


Figura 30 Pronóstico de lluvias del 12 al 16 de septiembre

Los mapas de alertamiento son los siguientes.

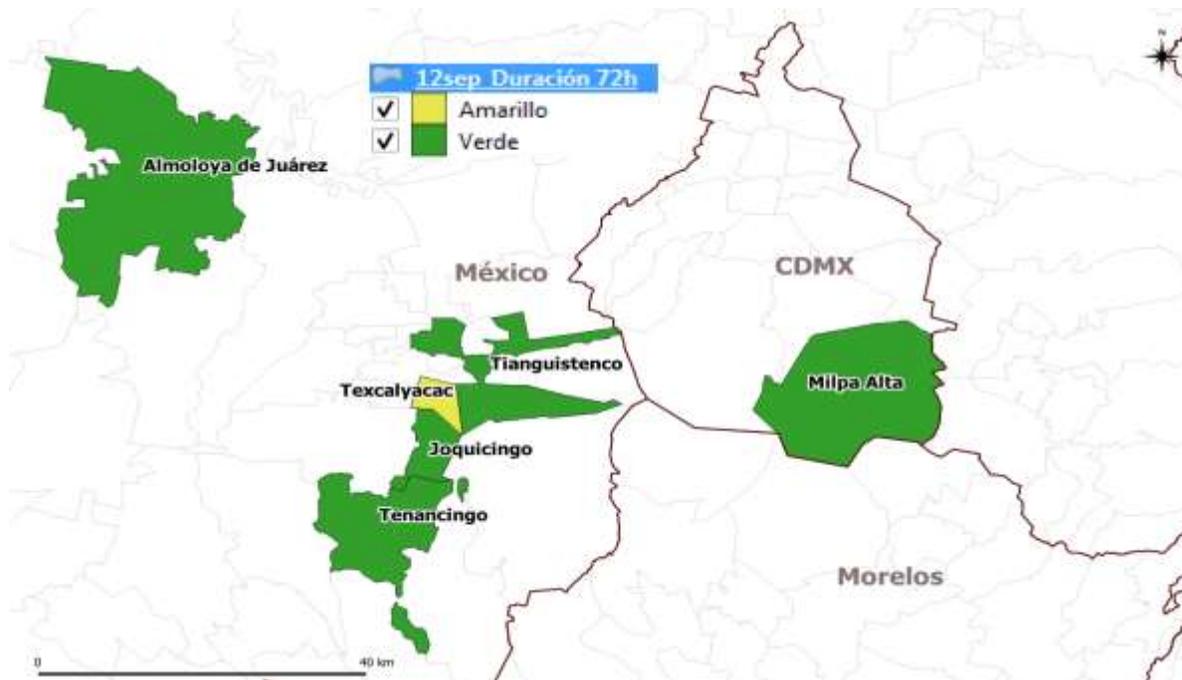


Figura 31 Alertas por periodo de retorno con duración de 72 horas, del 12 al 15 de septiembre (verde  $Tr > 10$ , amarillo  $Tr > 20$ )

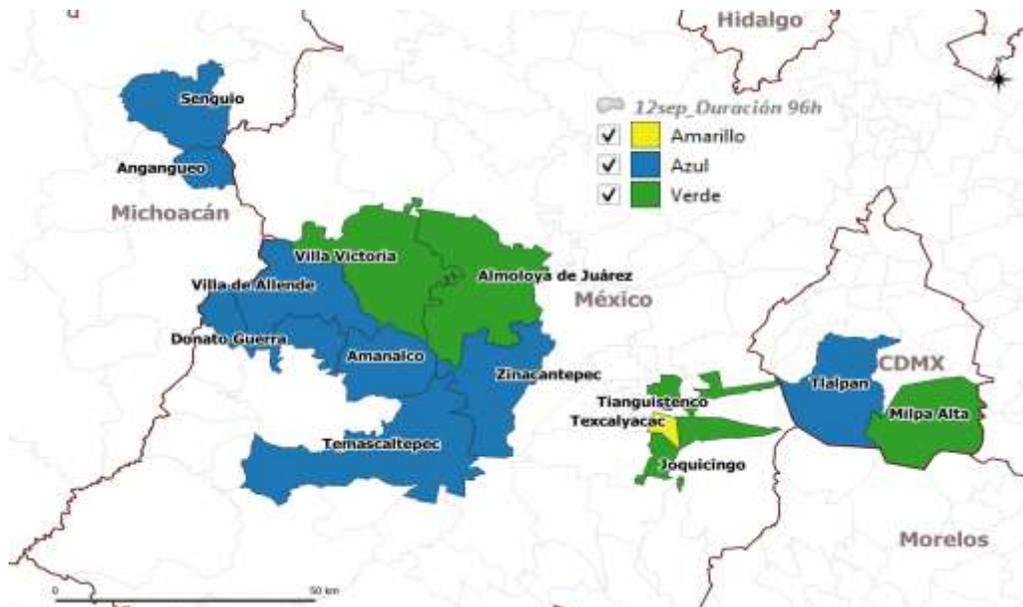


Figura 32 Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 12 al 16 de septiembre (azul  $Tr > 10$ , verde  $Tr > 20$ , amarillo  $Tr > 50$ )

### 13 de septiembre de 2019

Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: zona de inestabilidad con probabilidad de desarrollo ciclónico al sur de las costas de Jalisco y Colima, asociada con la onda tropical núm. 37, un canal de baja presión sobre el noroeste y occidente de México, la onda tropical núm. 38, un canal de baja presión sobre la península de Yucatán, además de la tormenta tropical “Kiko”, en el océano Pacífico, se localizó al suroeste de Baja California Sur.

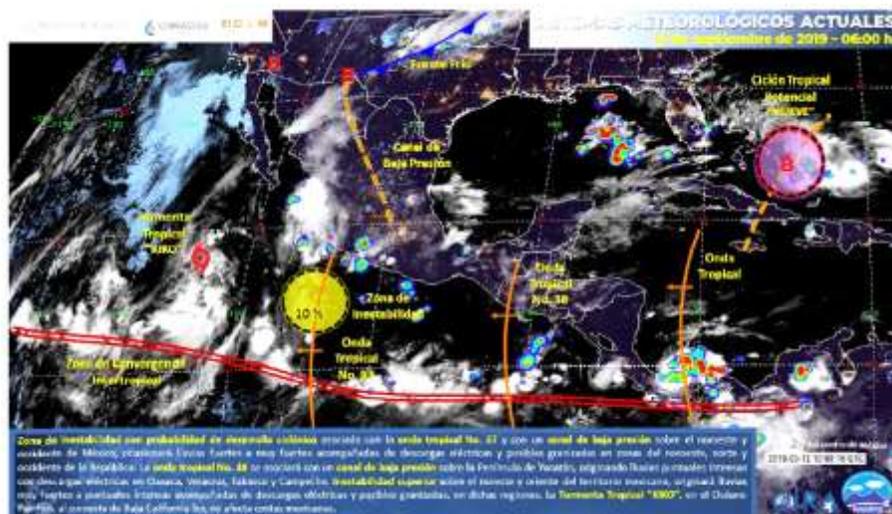
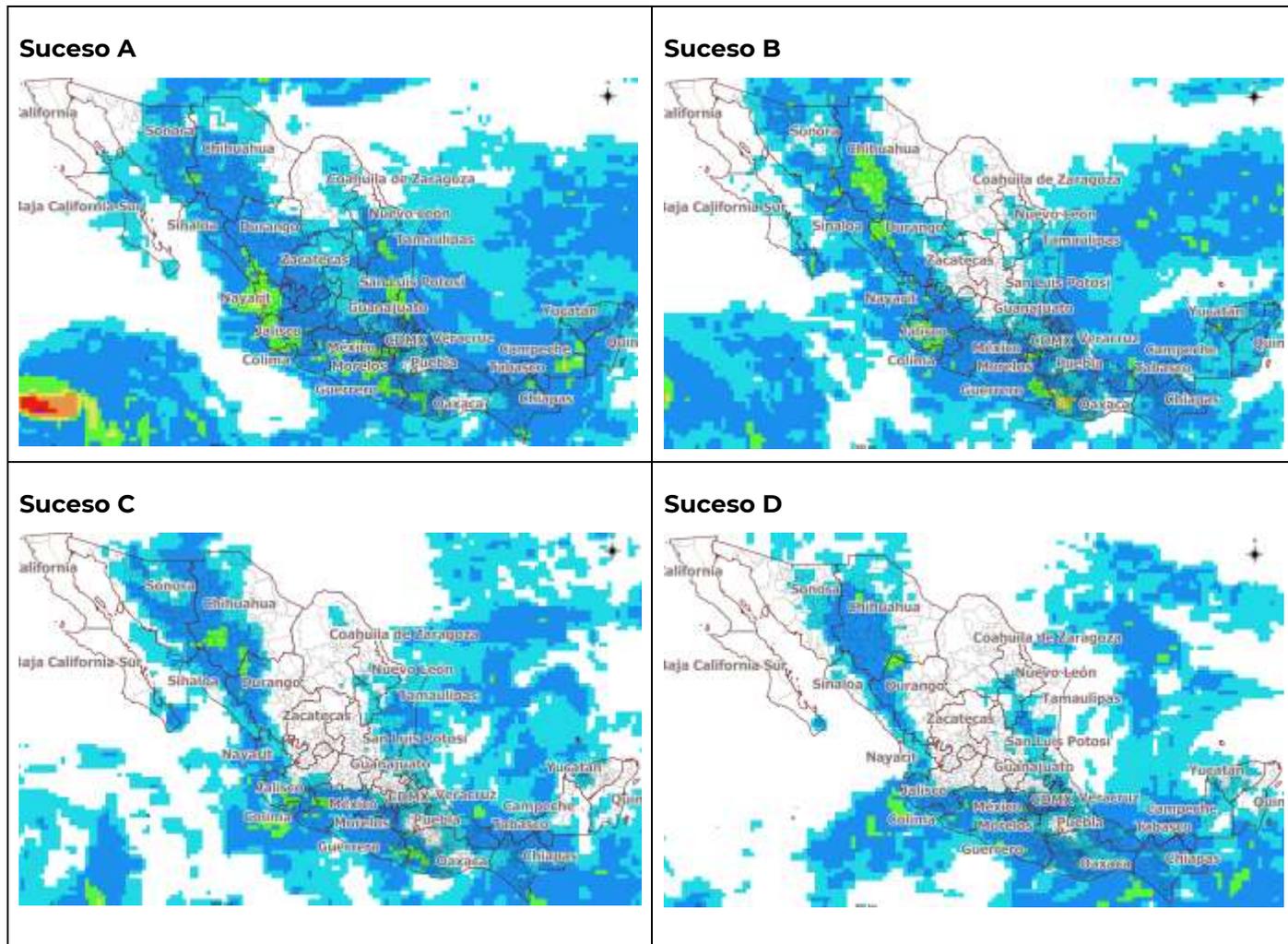


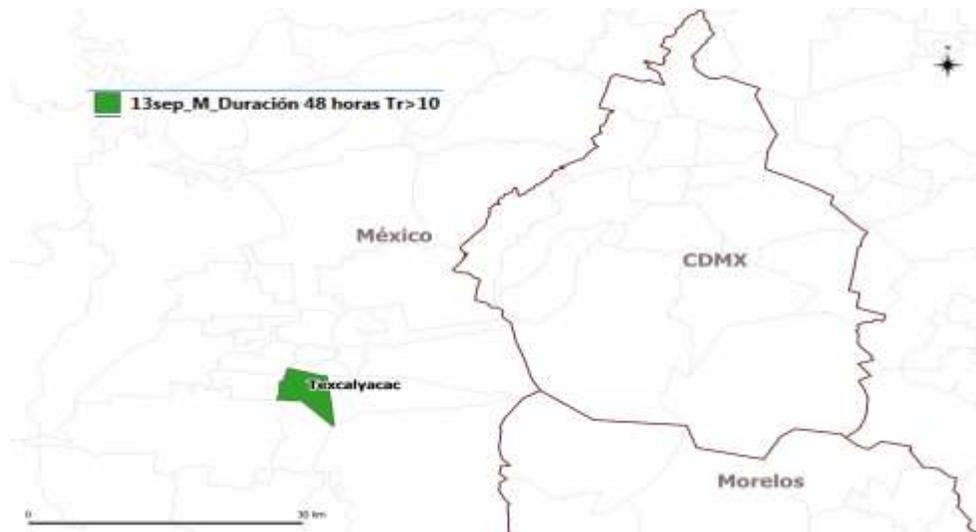
Figura 33 Sistemas meteorológicos para el 13 de septiembre de 2019

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



**Figura 34 Pronóstico de lluvias del día 13 al 17 de septiembre**

Los mapas de alertamiento son los siguientes.



**Figura 35 Alertas por periodo de retorno con duración de 48 horas, del 13 al 15 de septiembre**



**Figura 36 Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 13 al 17 de septiembre**

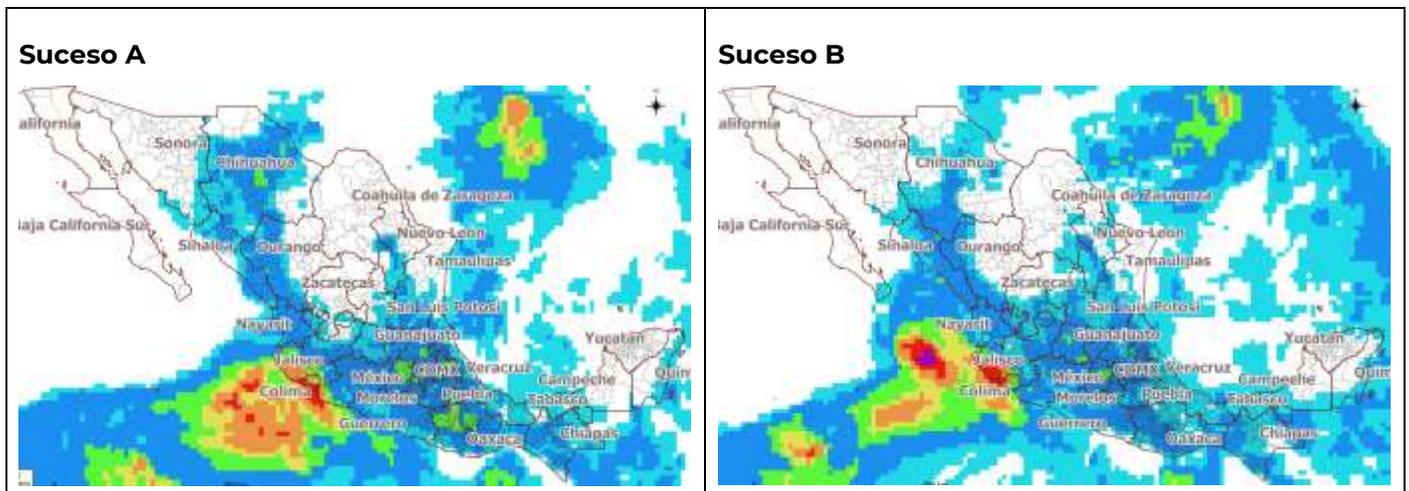
**18 de septiembre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: un canal de baja presión que se extendió desde el noroeste hacia el occidente del México, el cual interactuó con la entrada de humedad del océano Pacífico, la tormenta tropical “Lorena” frente a las costas de Guerrero y Michoacán, la tormenta tropical “Mario” al sur de las costas de Baja California Sur y la onda tropical núm. 40 al sureste del territorio nacional.



**Figura 37** Sistemas meteorológicos para el 18 de septiembre de 2019

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



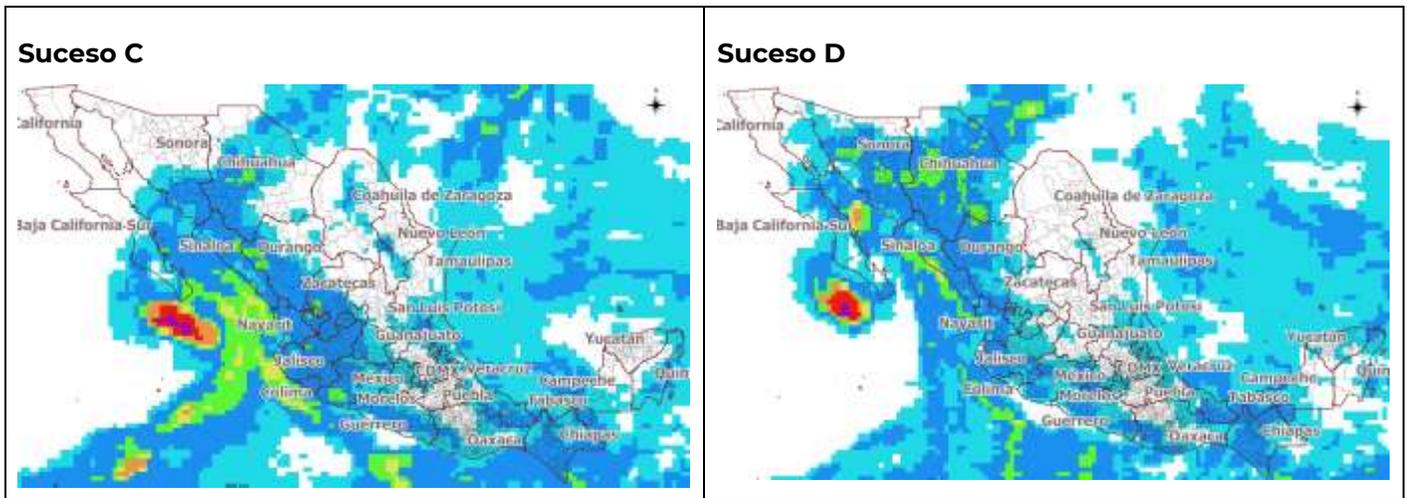


Figura 38 Pronóstico de lluvias del 18 al 22 de septiembre

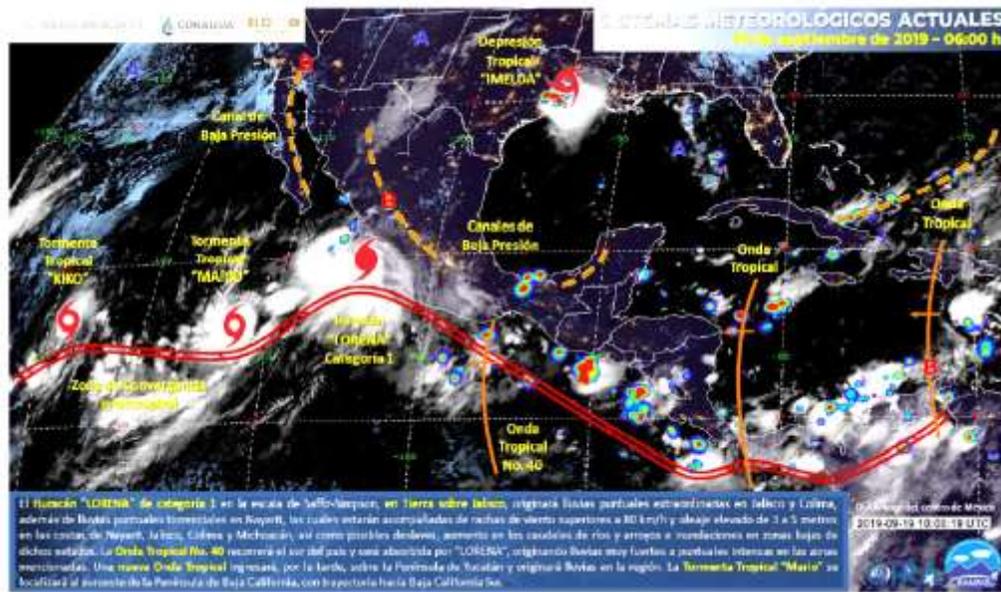
El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 39 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 18 al 22 de septiembre. (El achurado representa una lluvia antecedente que superó un periodo de retorno de 20 años)

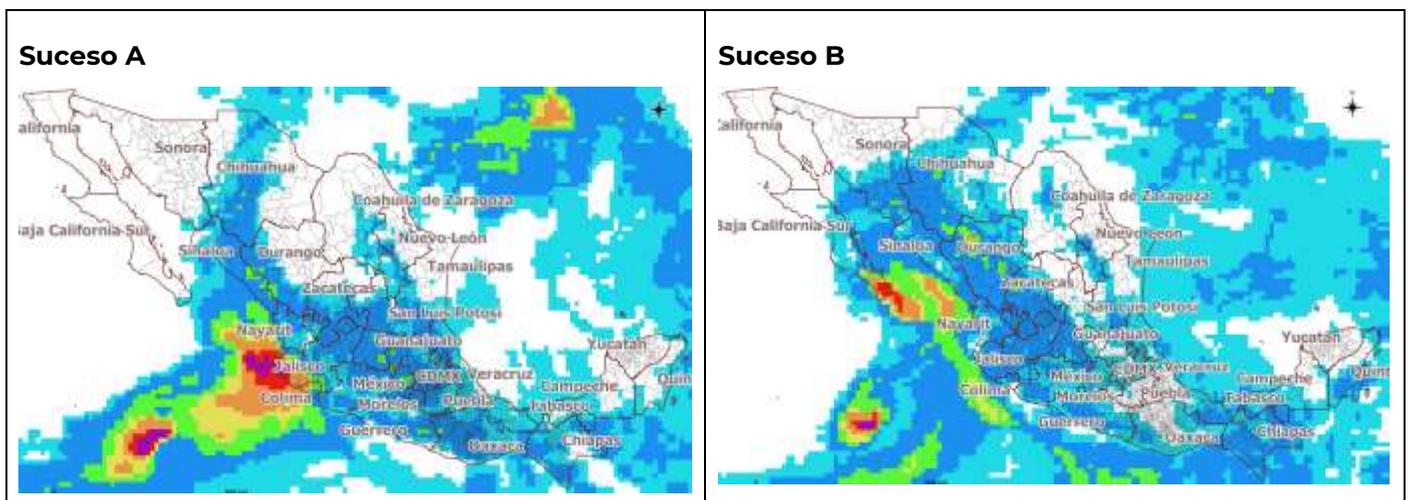
**19 de septiembre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: el huracán “Lorena” de categoría 1, la onda tropical núm. 40 recorrió el sur del país además de la tormenta tropical “Mario” la cual se localizó al suroeste de la península de Baja California, con trayectoria hacia Baja California Sur.



**Figura 40** Sistemas meteorológicos para el 19 de septiembre de 2019

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.



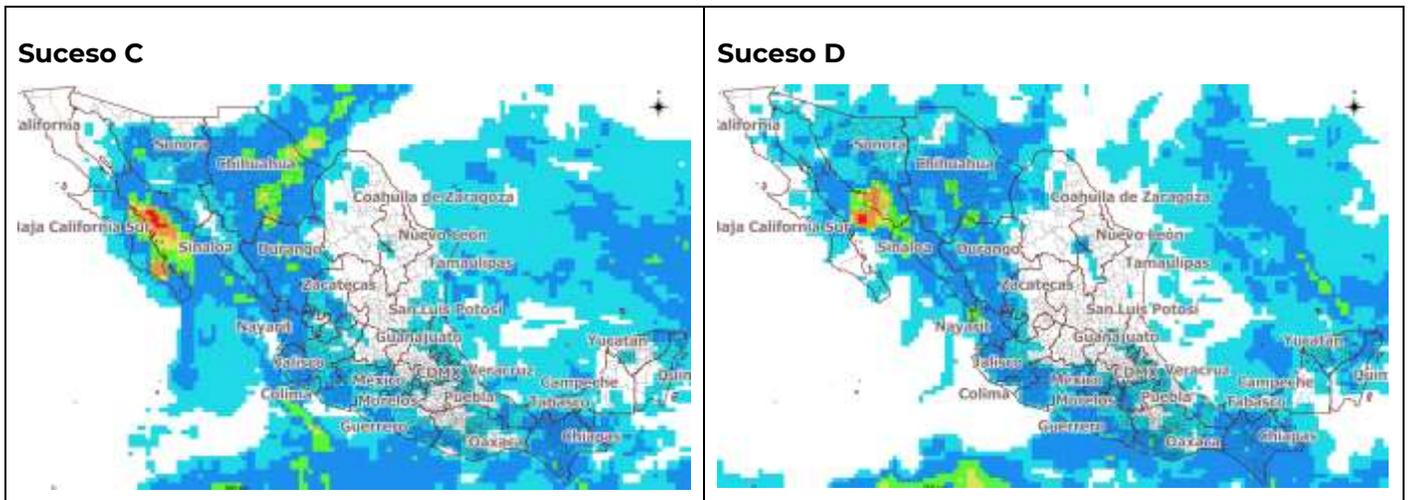


Figura 41 Pronóstico de lluvias del 19 al 23 de septiembre

El mapa generado, con las lluvias pronóstico y aplicando la metodología, es el siguiente:

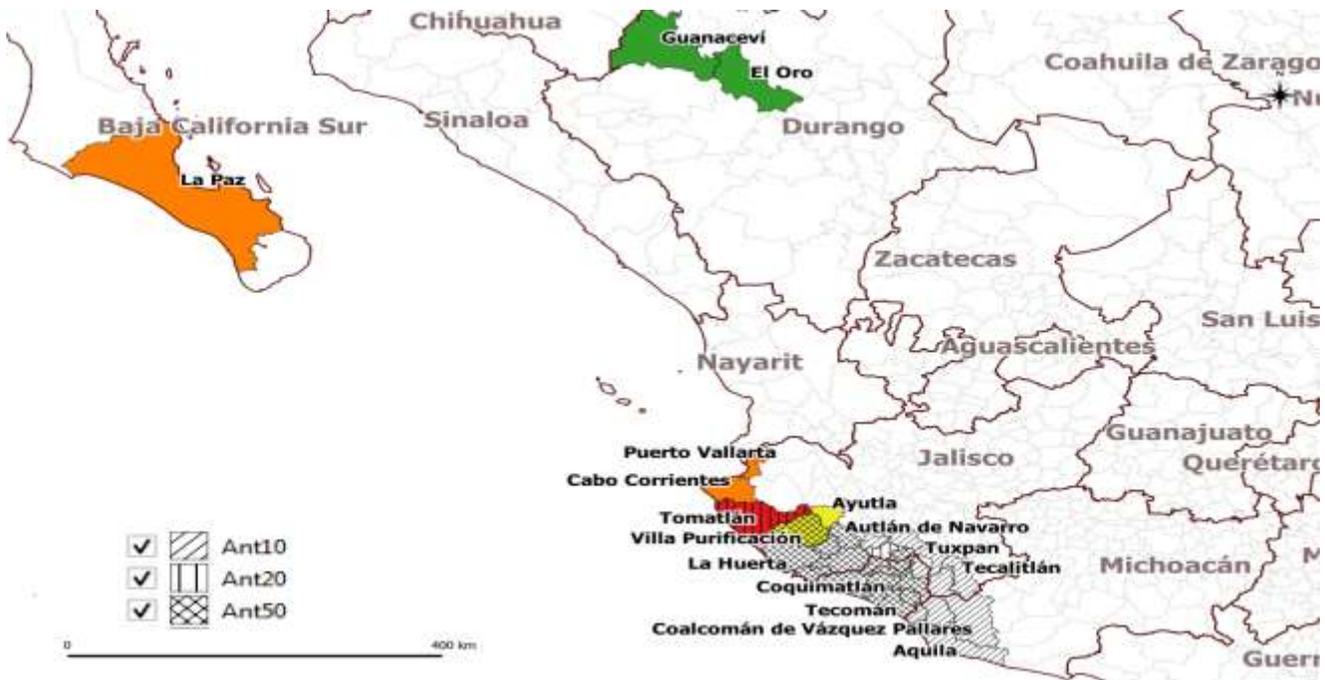


Figura 42 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 19 al 23 de septiembre

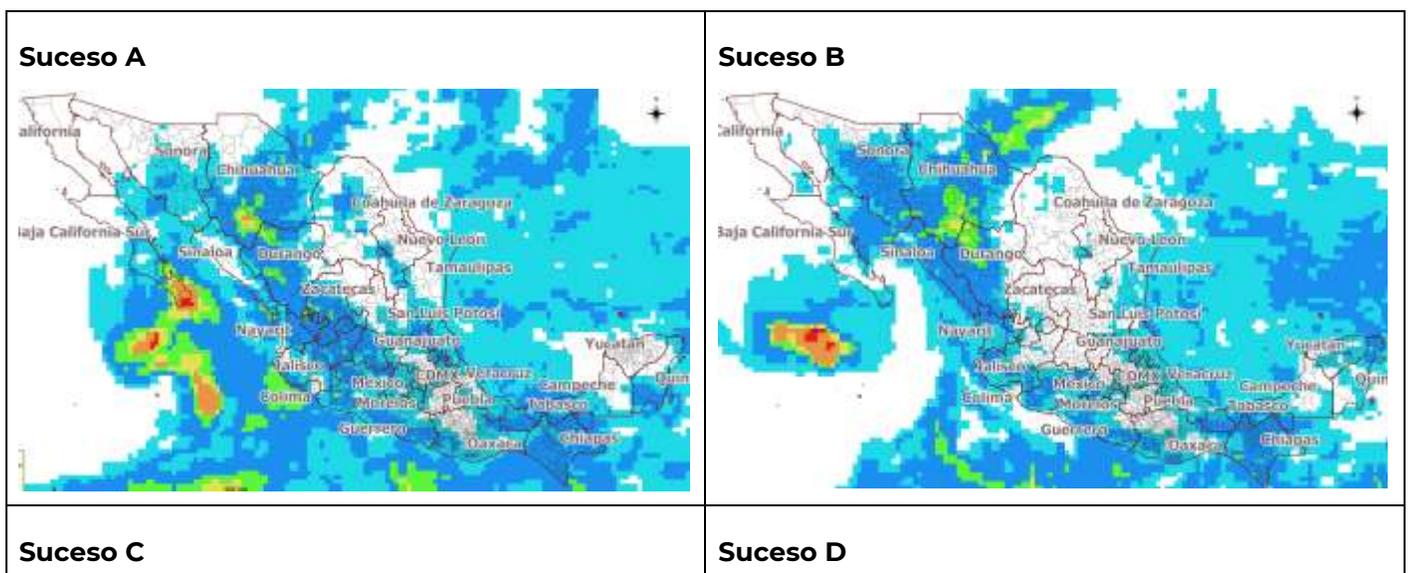
**20 de septiembre de 2019**

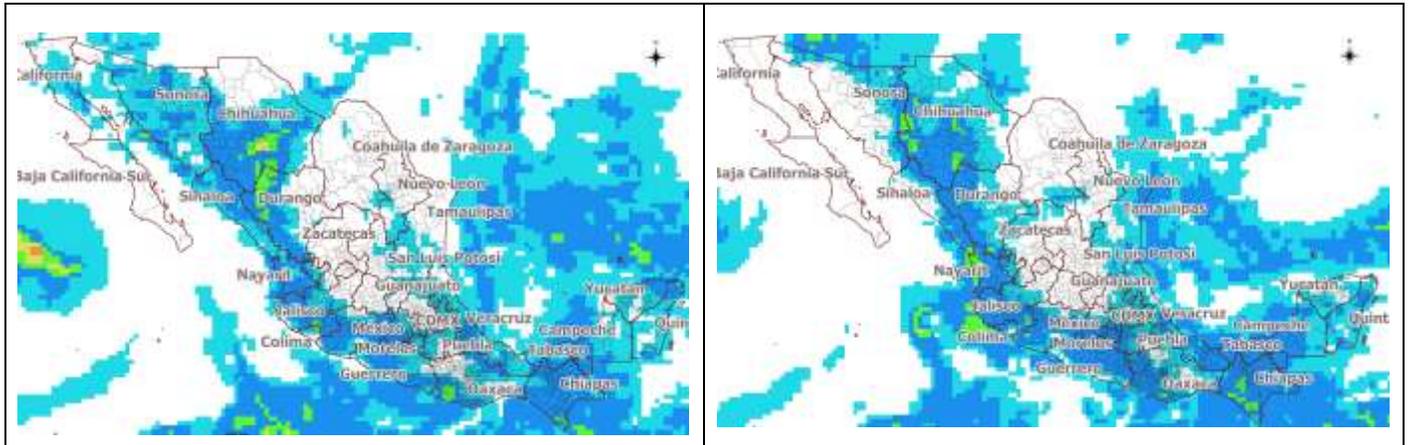
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: el huracán de categoría 1 “Lorena” se localizó muy cerca de Cabo San Lucas, BCS., interaccionó con la circulación de la tormenta tropical “Mario”, un canal de baja presión extendido en el noroeste y centro de México, la onda tropical núm. 40 y núm. 41.



**Figura 43 Sistemas meteorológicos para el 20 de septiembre de 2019**

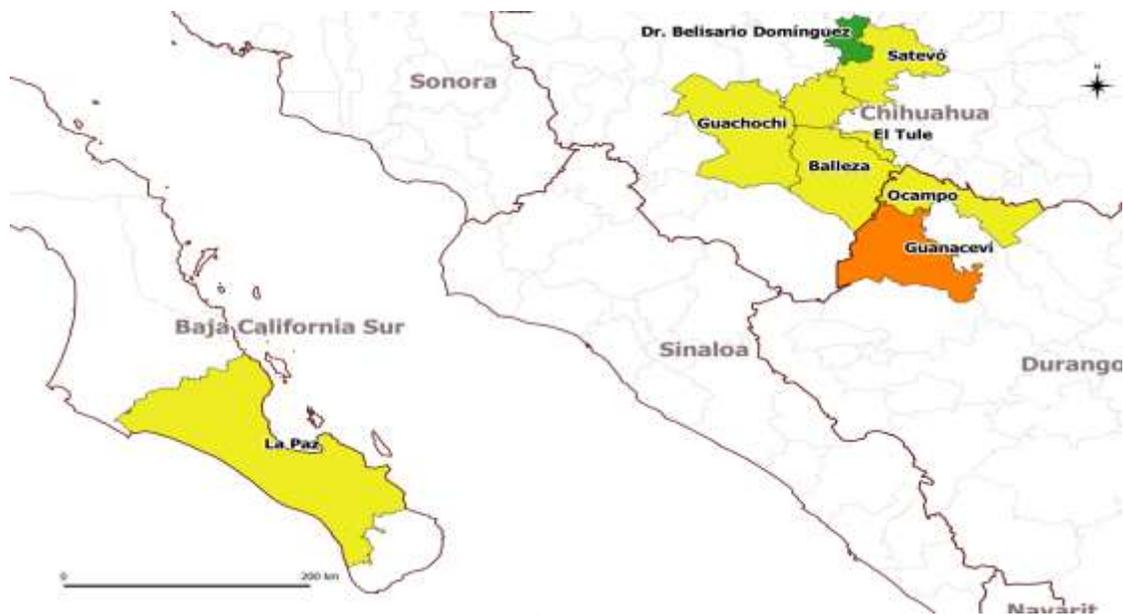
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 44 Pronóstico de lluvias del 20 al 24 de septiembre**

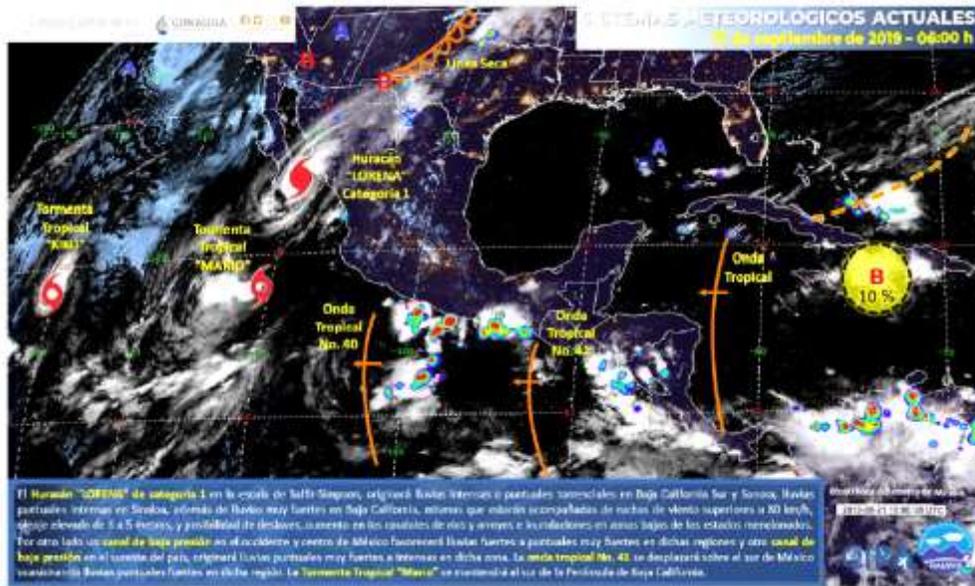
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 45 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 20 al 24 de septiembre**

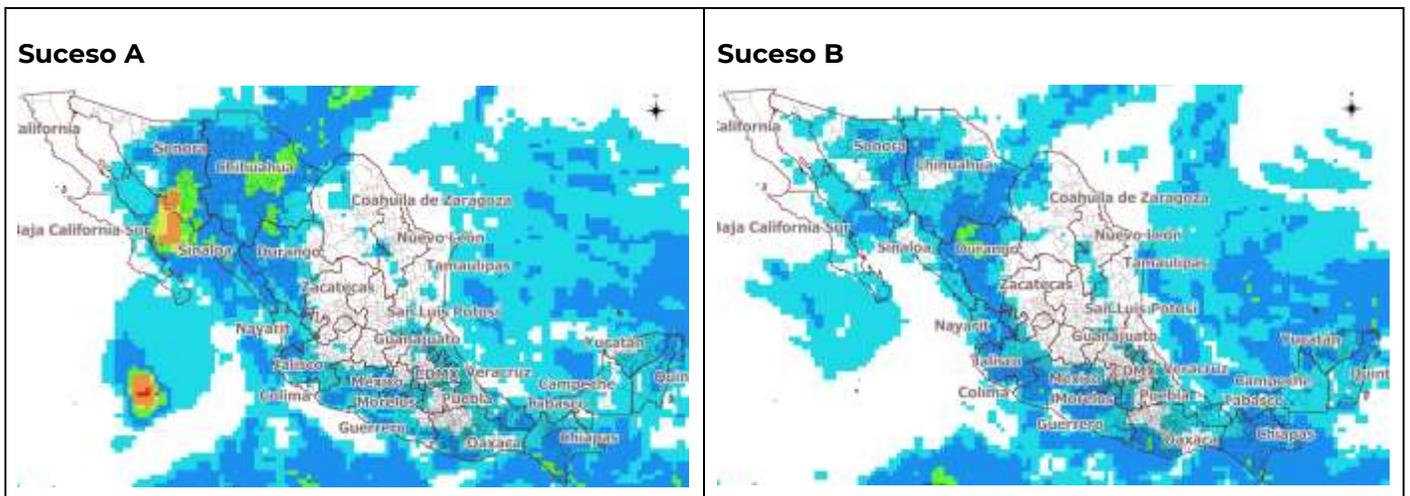
**21 de septiembre de 2019**

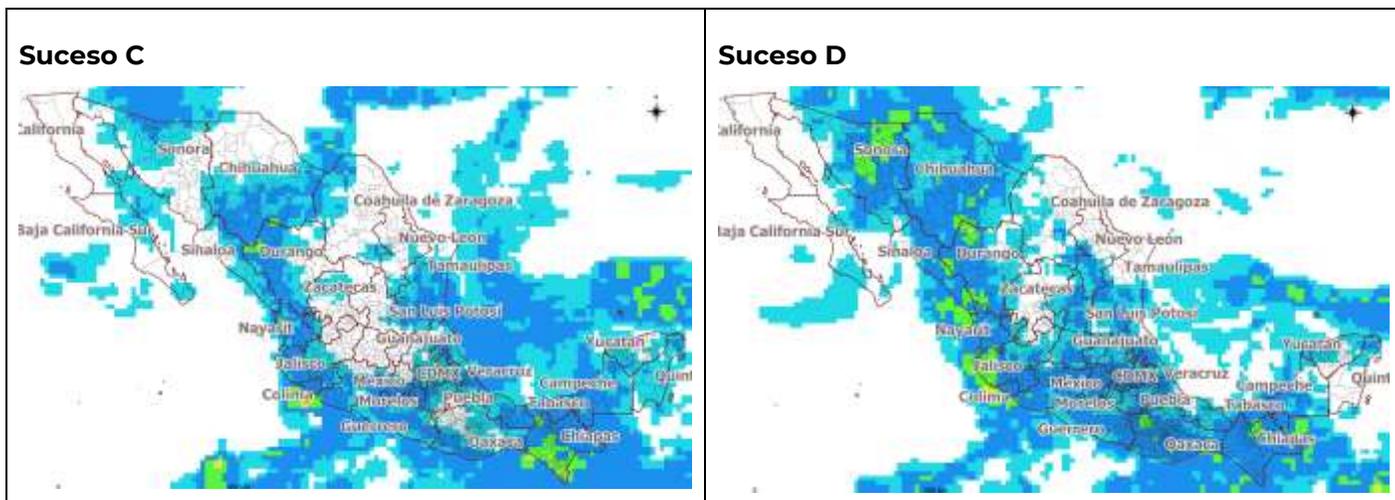
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: el huracán “Lorena”, un canal de baja presión en el occidente y centro de México, otro canal de baja presión en el sureste del país, la onda tropical núm. 41 al sur de México y la tormenta tropical “Mario”.



**Figura 46 Sistemas meteorológicos para el 21 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia muy para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 47 Pronóstico de lluvias del 21 al 25 de septiembre**

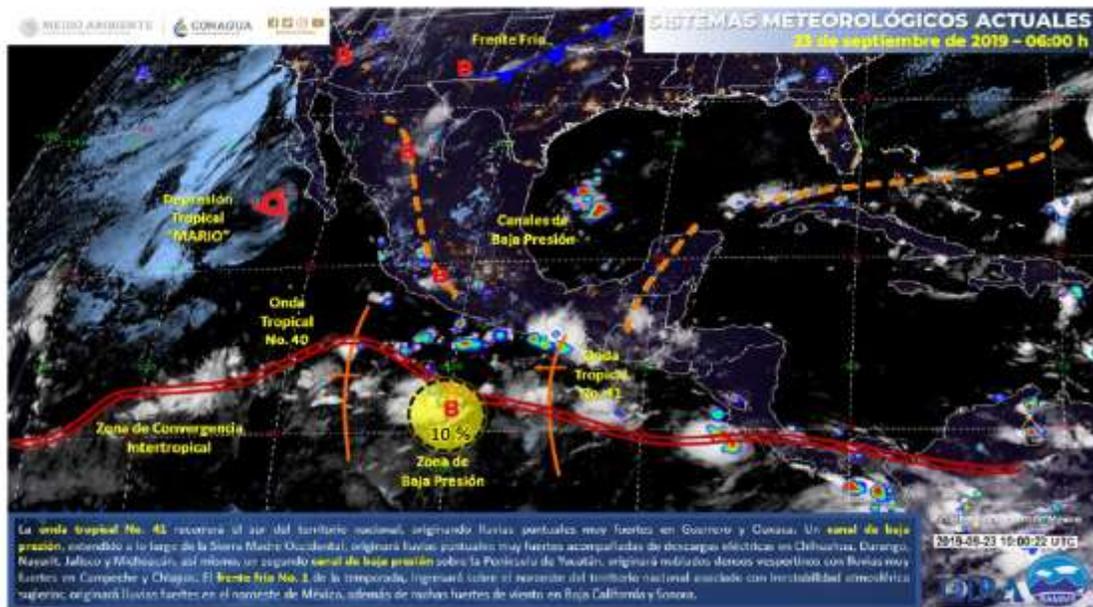
El mapa generado, con las lluvias pronóstico y aplicando la metodología, es el siguiente:



**Figura 48 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 21 al 25 de septiembre**

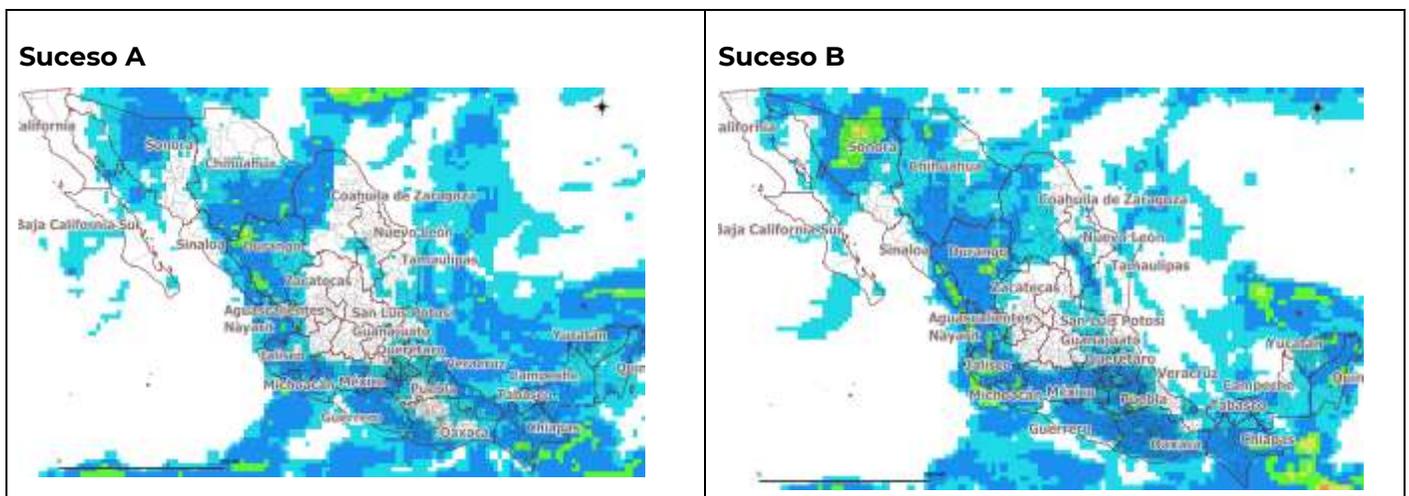
**23 de septiembre de 2019**

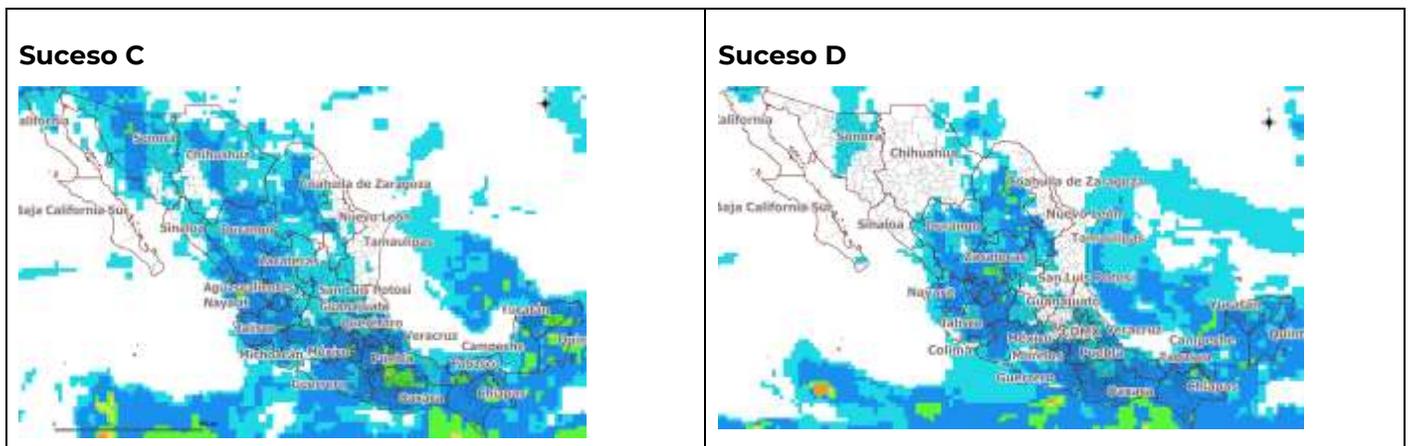
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: la onda tropical núm. 41, un canal de baja presión, extendido a lo largo de la Sierra Madre Occidental, un segundo canal de baja presión sobre la península de Yucatán, el frente frío núm. 1 de la temporada, además de una inestabilidad atmosférica superior.



**Figura 49 Sistemas meteorológicos para el 23 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 50 Pronóstico de lluvias del 23 al 27 de septiembre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 51 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 23 al 27 de septiembre**

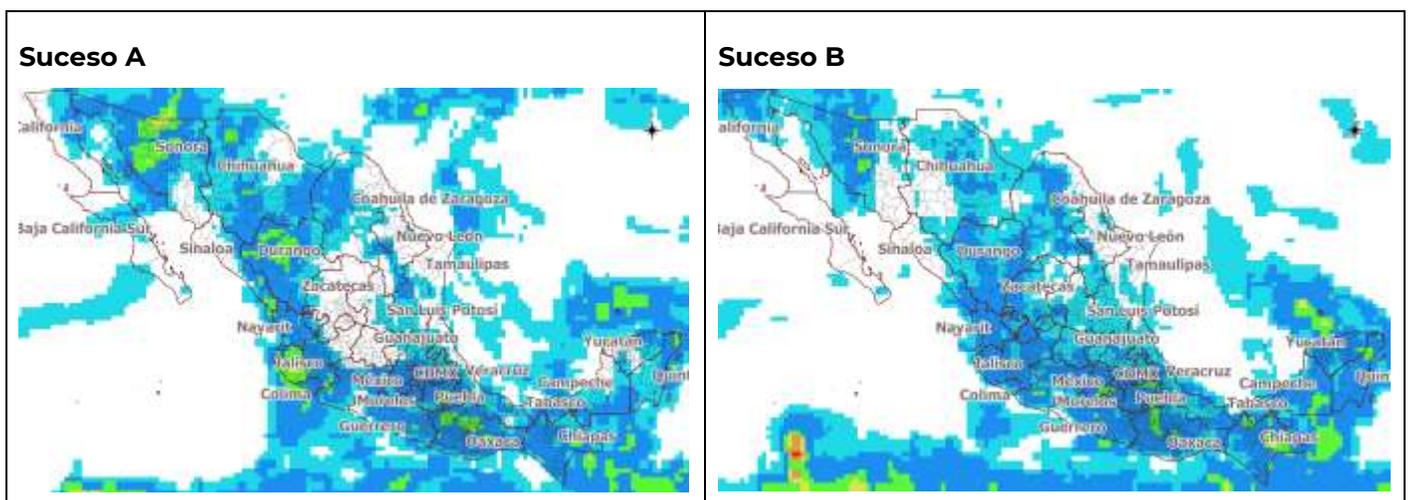
### 24 de septiembre de 2019

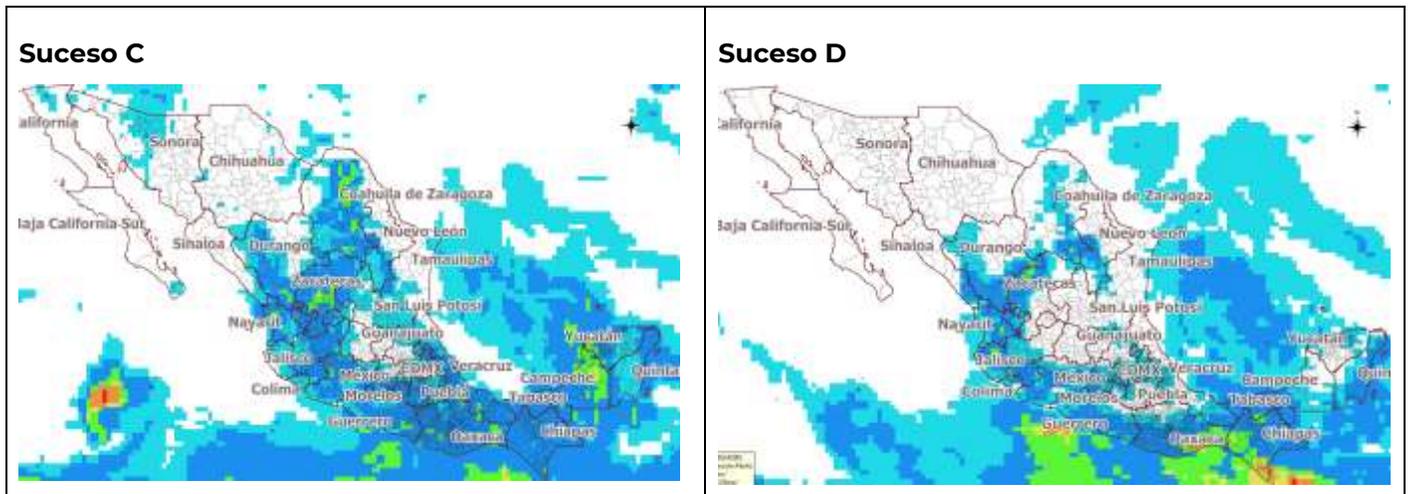
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: el frente frío núm. 1, dos zonas de inestabilidad con potencial ciclónico, una localizada al norte de las costas de la península de Yucatán y la otra se localiza al sur de las costas de Guerrero y Michoacán, además de un canal de baja presión extendido sobre el sureste del territorio nacional y otro a lo largo de la Sierra Occidental.



**Figura 52 Sistemas meteorológicos para el 24 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 53 Pronóstico de lluvias del 24 al 28 de septiembre**

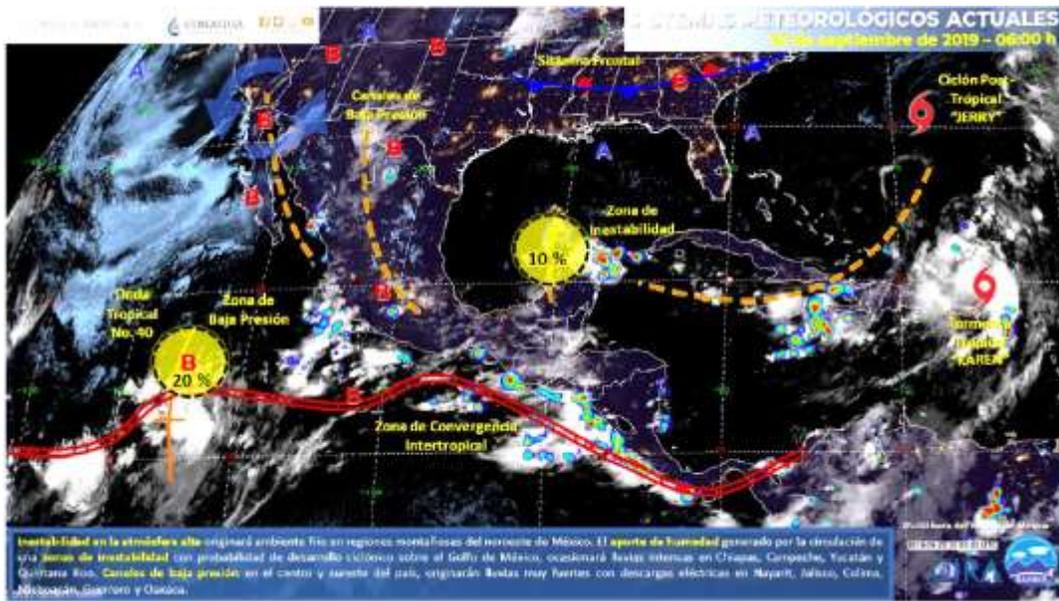
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 54 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 24 al 28 de septiembre**

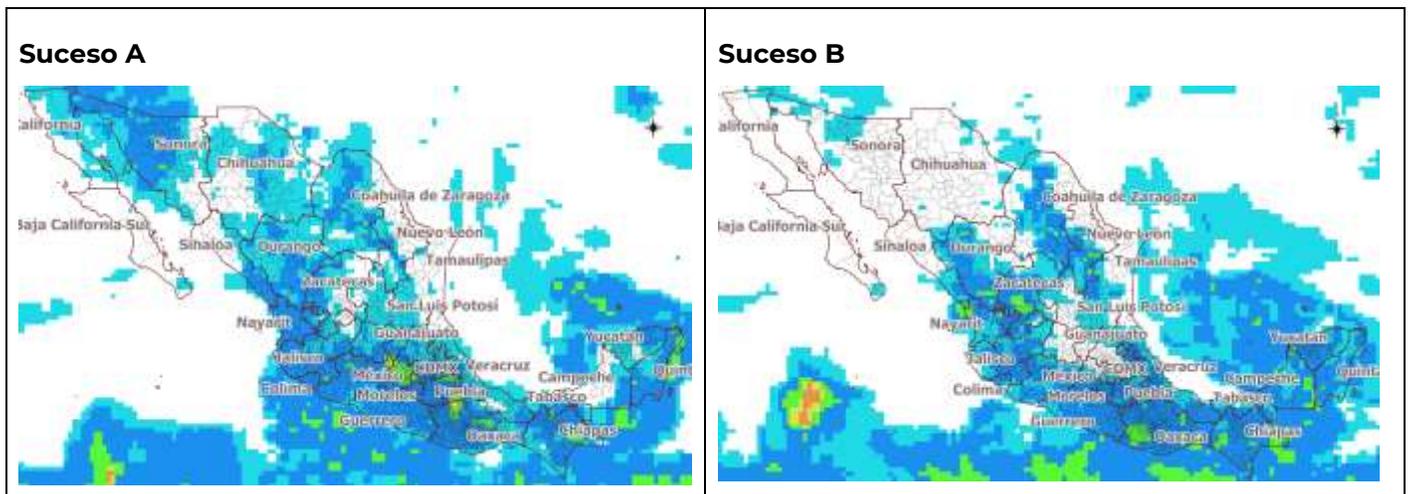
**25 de septiembre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: inestabilidad en la atmósfera alta la cual originó ambiente frío en regiones montañosas del noroeste de México, la entrada de humedad del océano Pacífico, la circulación de una zona de inestabilidad con probabilidad de desarrollo ciclónico sobre el Golfo de México, y los canales de baja presión en el centro y sureste del país.



**Figura 55** Sistemas meteorológicos para el 25 de septiembre de 2019

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



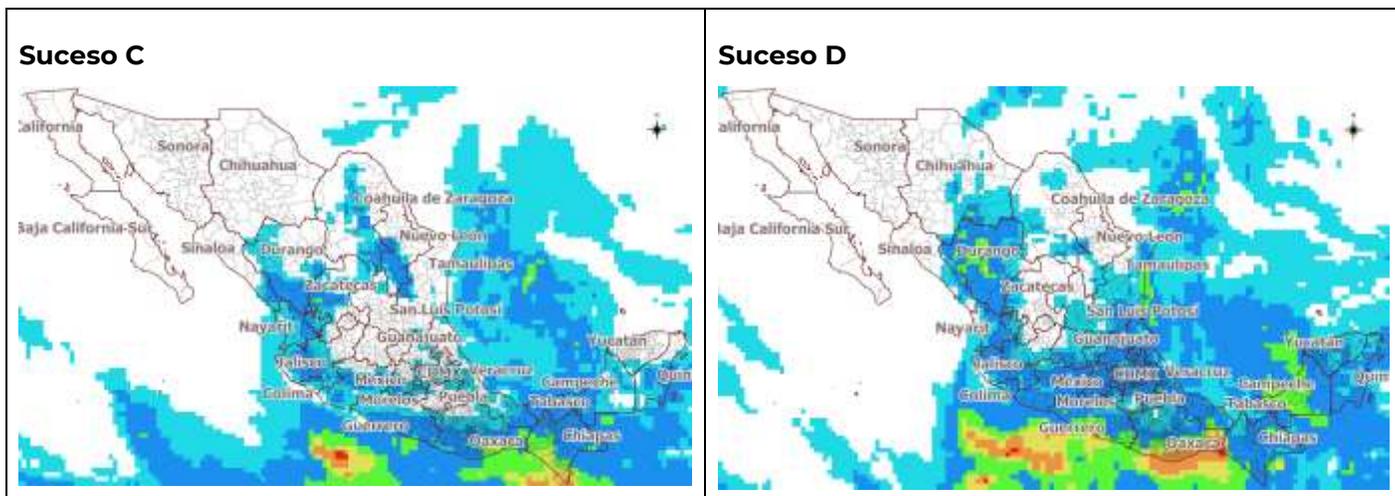


Figura 56 Pronóstico de lluvias del 25 al 29 de septiembre

El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 57 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 25 al 29 de septiembre

**26 de septiembre de 2019**

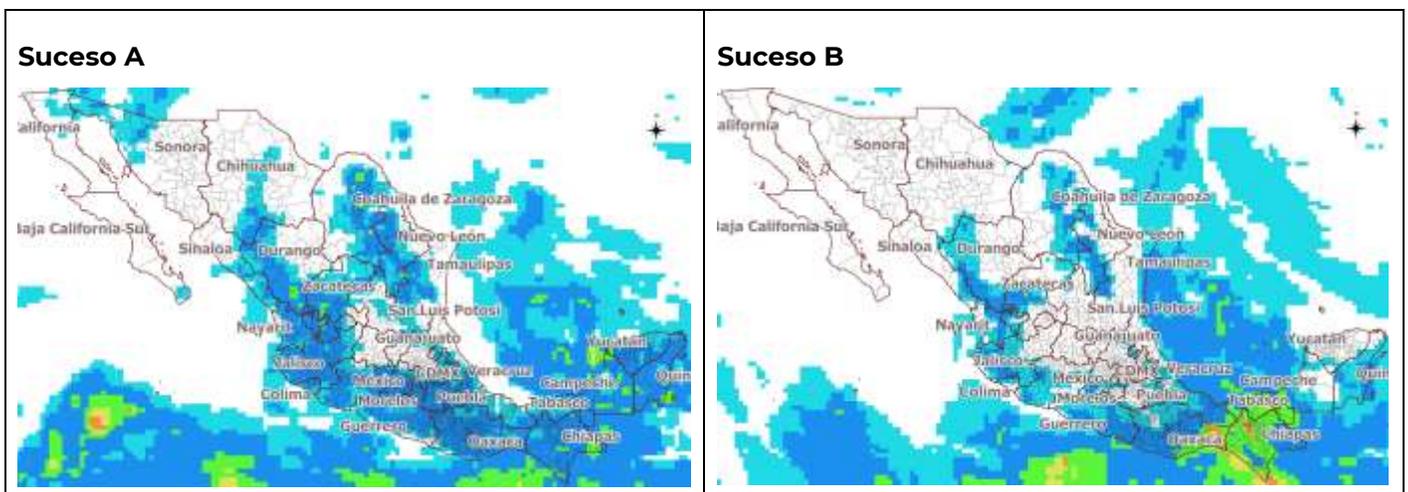
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: dos canales de baja presión sobre el interior del país, el primero fue desde el noroeste hasta el centro de México, mientras el segundo se extendió sobre la Península de Yucatán y sur del Golfo de México, ambos interactuaron con la entrada de humedad proveniente de ambos océanos además de una zona de baja presión con probabilidad de desarrollo ciclónico que se desplazó paralelamente a la costa de Chiapas.



**Figura 58 Sistemas meteorológicos para el 26 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra

en la figura siguiente.



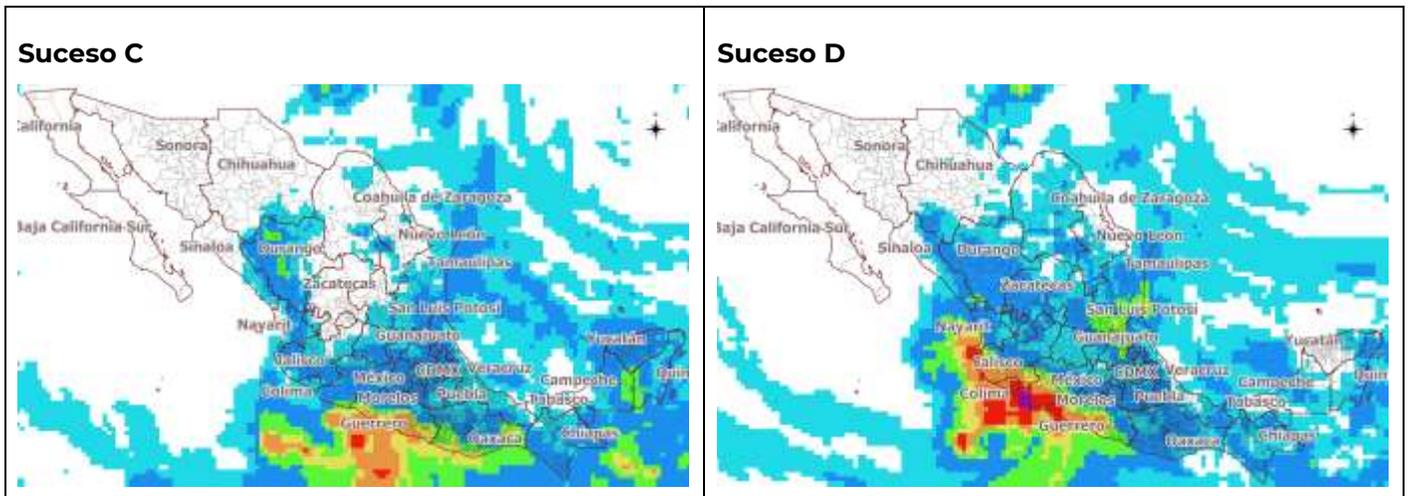


Figura 59 Pronóstico de lluvias del 26 al 30 de septiembre

El mapa de alertamiento es el siguiente.

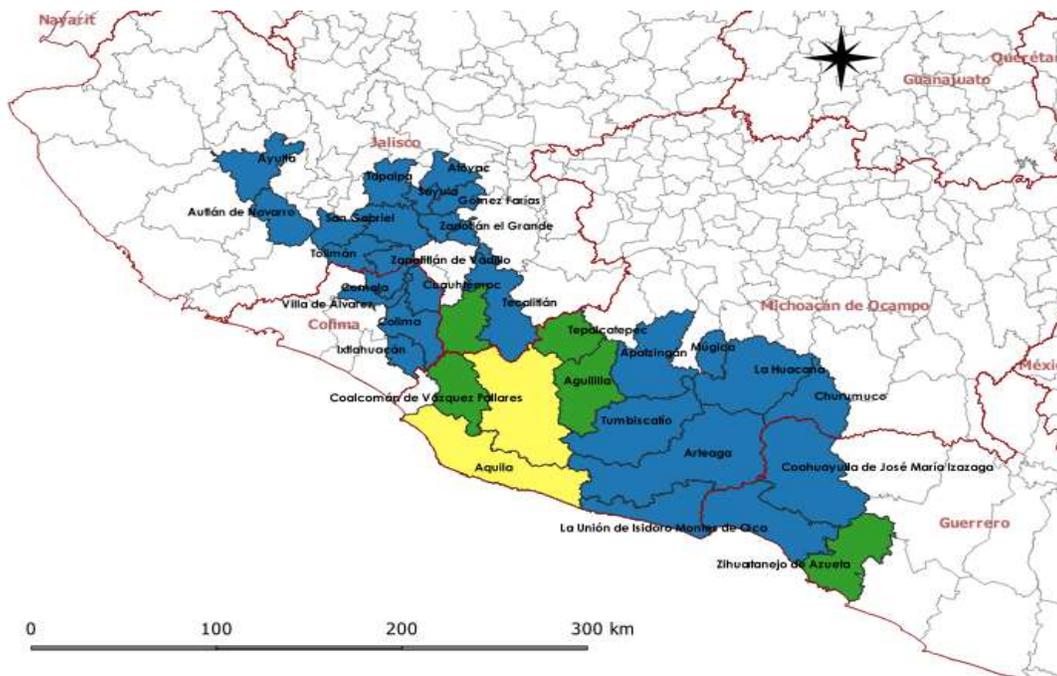
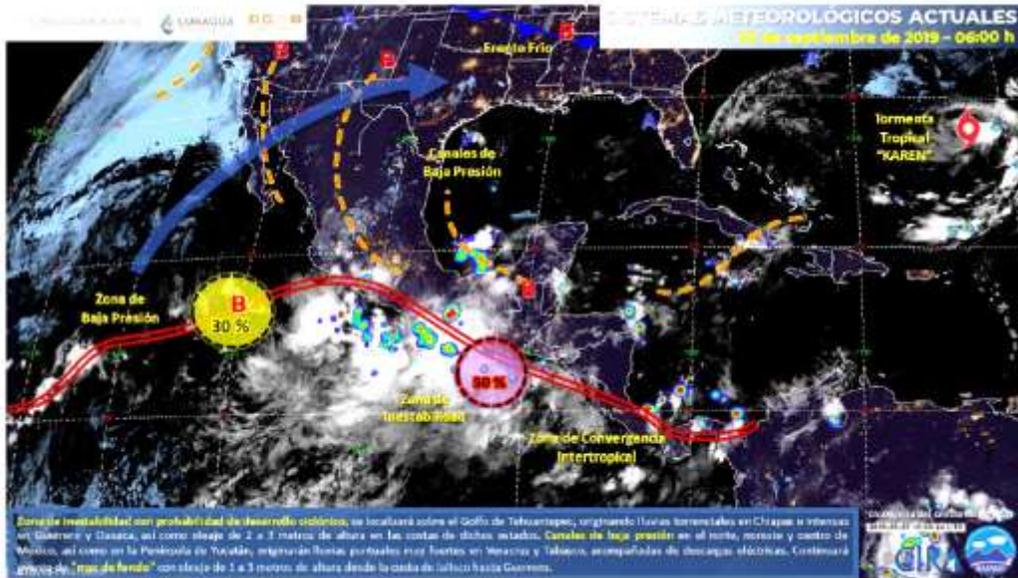


Figura 60 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 26 al 30 de septiembre

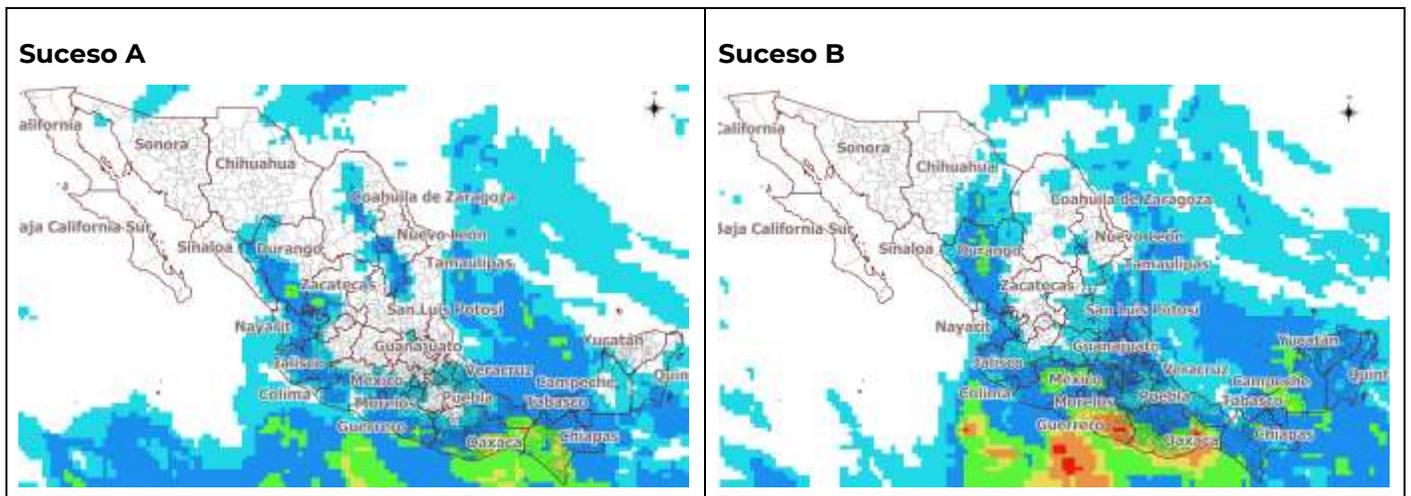
**27 de septiembre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: una zona de inestabilidad con probabilidad de desarrollo ciclónico sobre el Golfo de Tehuantepec además de canales de baja presión en el norte, noreste y centro de México, así como en la Península de Yucatán.



**Figura 61 Sistemas meteorológicos para el 27 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



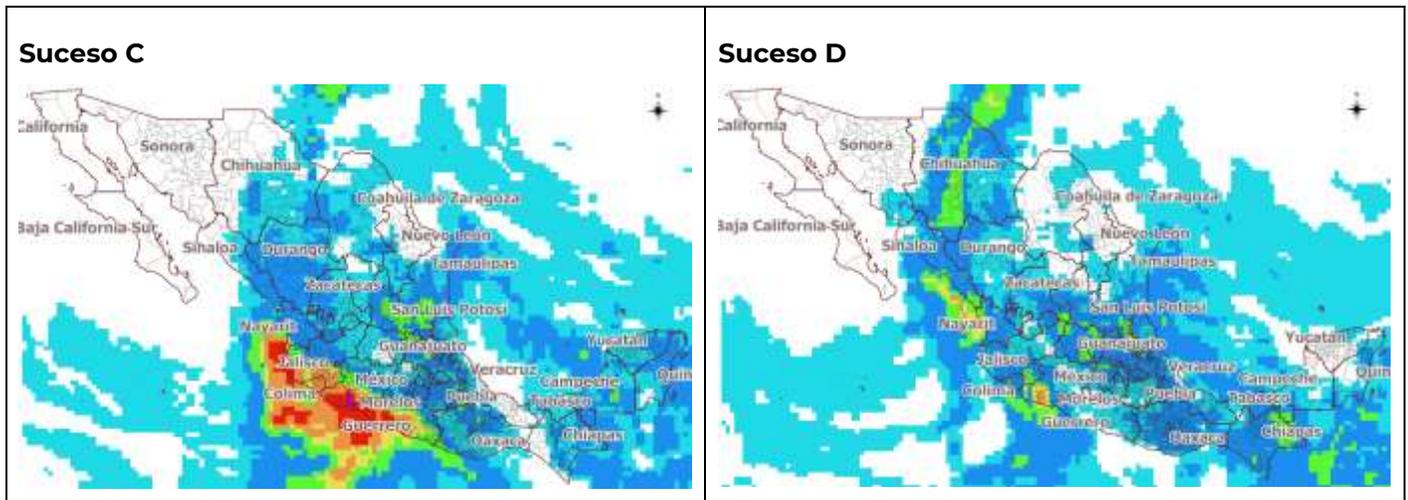


Figura 62 Pronóstico de lluvias del 27 de septiembre al 1 de octubre

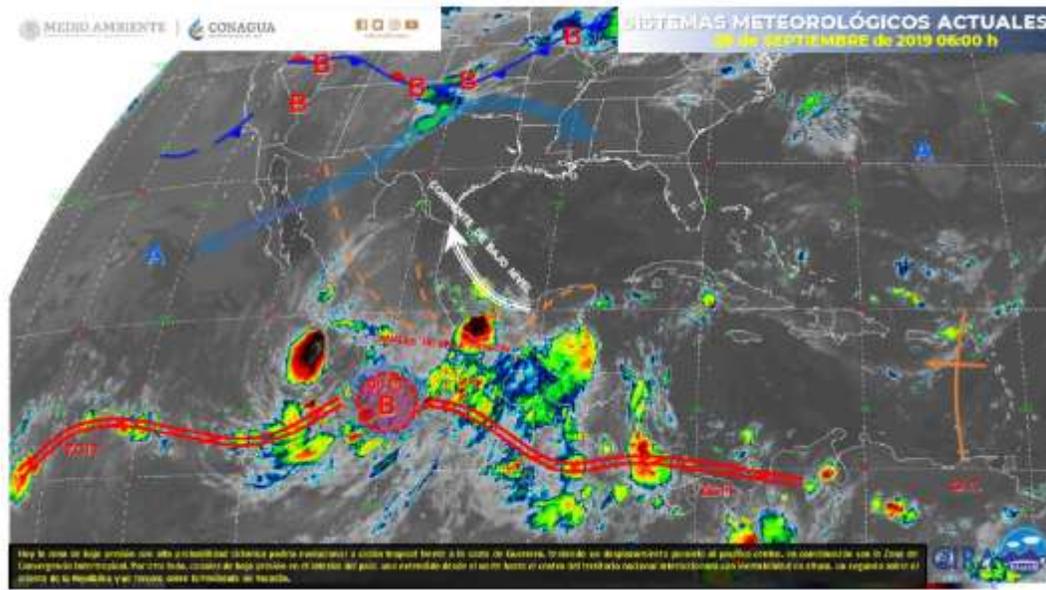
El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 63 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 27 de septiembre al 1 de octubre

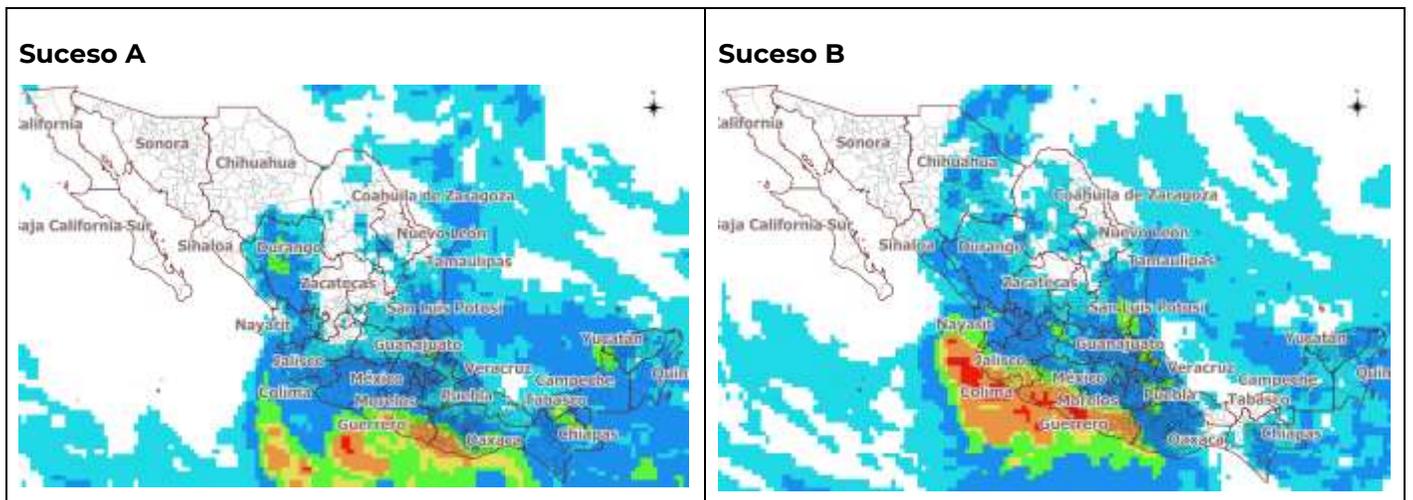
**28 de septiembre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: la zona de baja presión con alta probabilidad ciclónica frente a la costa de Guerrero, canales de baja presión en el interior del país, uno extendido desde el norte hasta el centro del territorio nacional, un segundo canal sobre el oriente de la República y un tercero sobre la Península de Yucatán.



**Figura 64** Sistemas meteorológicos para el 28 de septiembre de 2019

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



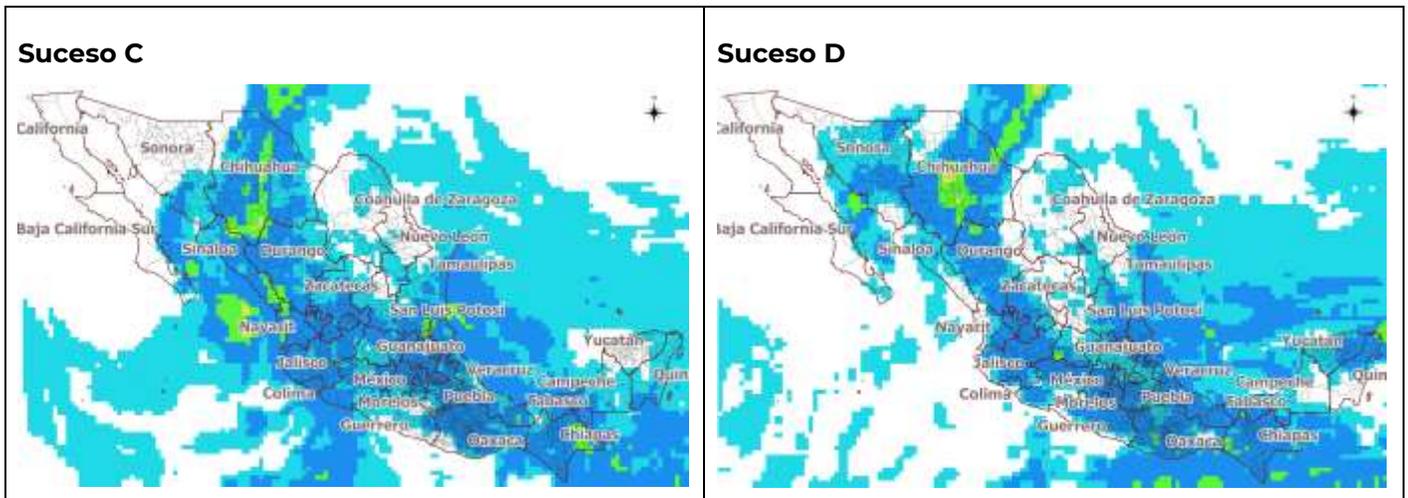


Figura 65 Pronóstico de lluvias del día 28 de septiembre al 2 de octubre

El mapa de alertamiento es el siguiente.

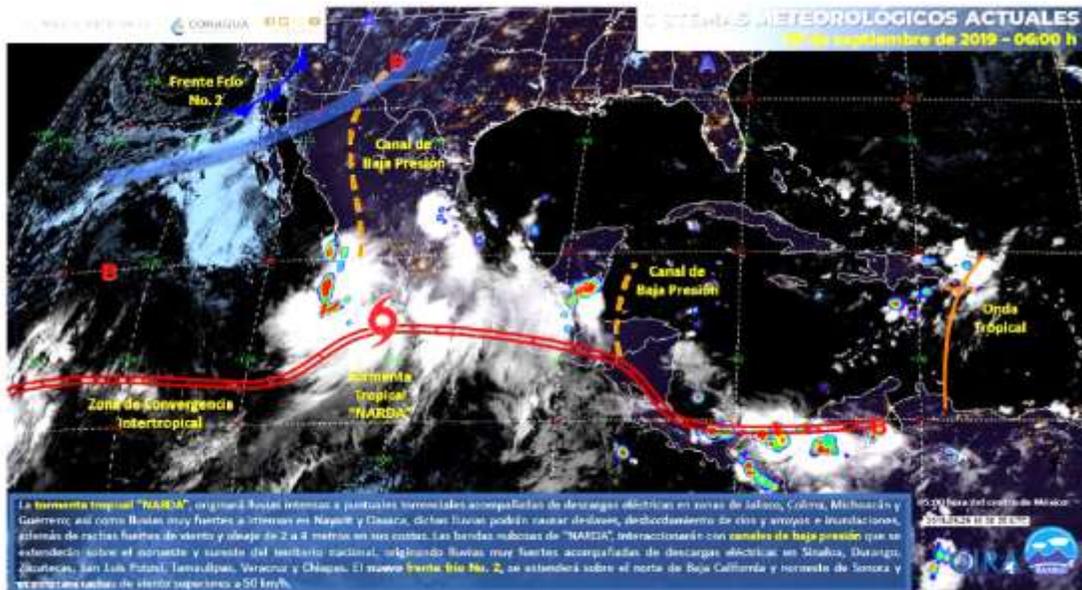


Figura 66 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 28 de septiembre al 2 de octubre

**29 de septiembre de 2019**

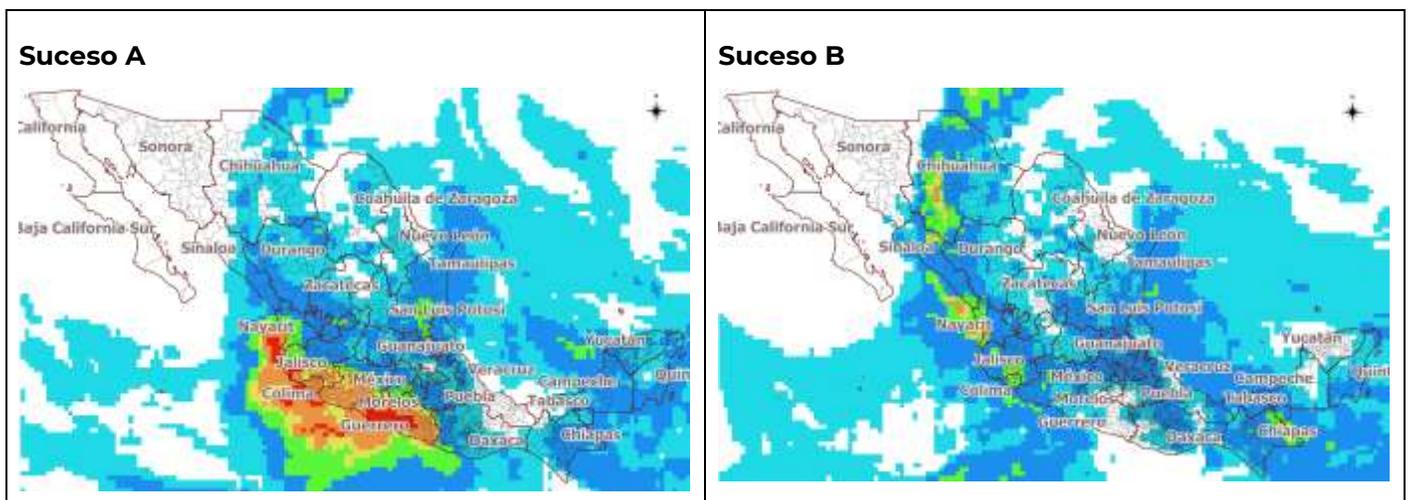
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: la tormenta tropical “Narda”, próxima a las costas de Colima y Jalisco, canales de baja presión que se extendieron sobre el noroeste y sureste

del territorio nacional, además del nuevo frente frío núm. 2 sobre el norte de Baja California y noroeste de Sonora.



**Figura 67 Sistemas meteorológicos para el 29 de septiembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



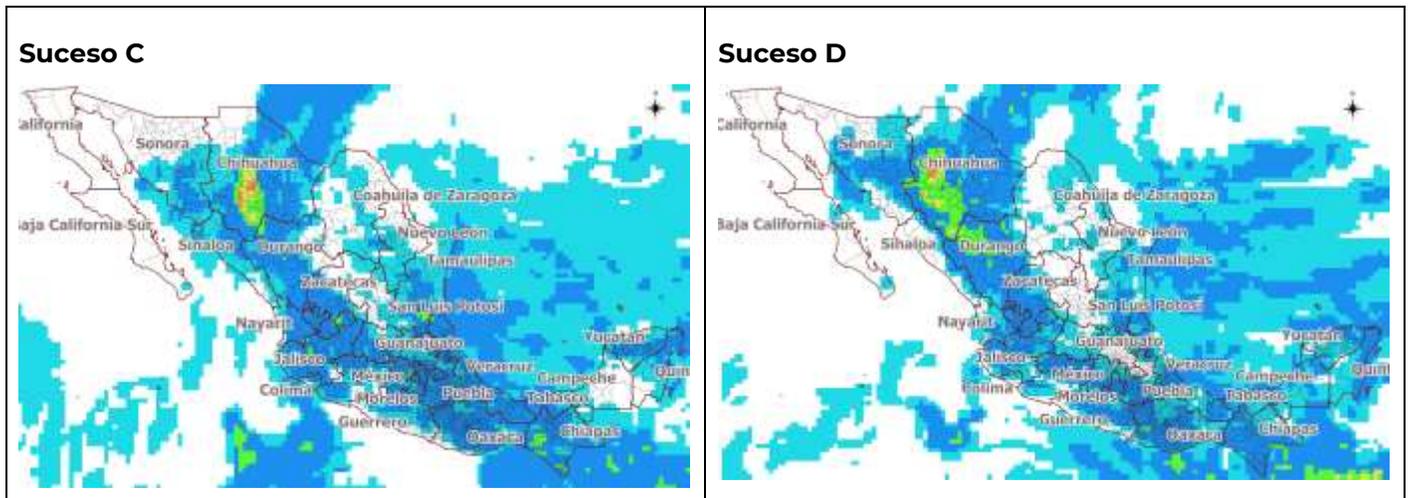


Figura 68 Pronóstico de lluvias del 29 de septiembre al 3 de octubre

El mapa de alertamiento es el siguiente.

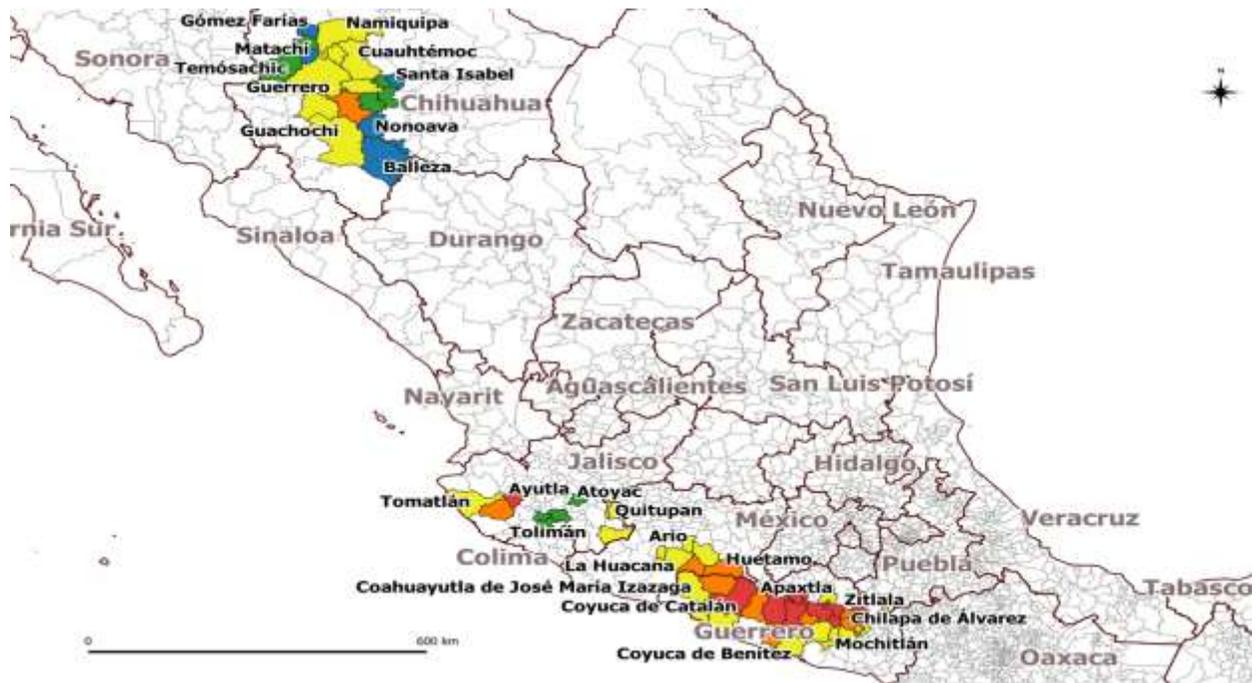


Figura 69 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 29 de septiembre al 3 de octubre

**30 de septiembre de 2019**

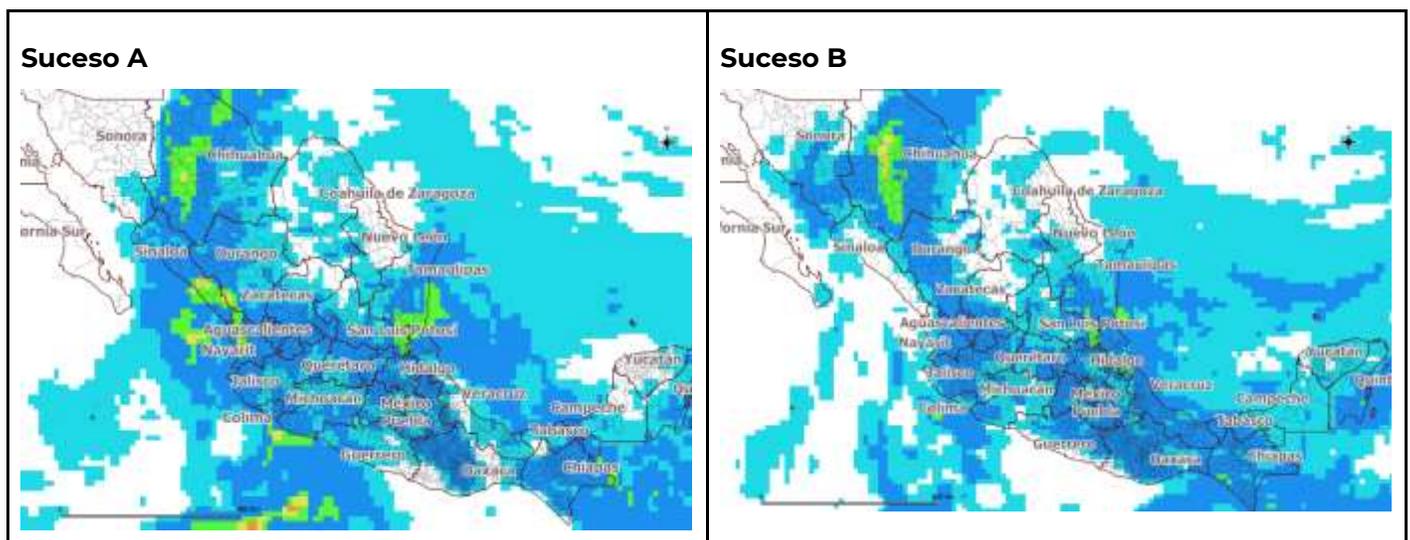
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: la tormenta tropical “Narda” frente a las costas de Nayarit y Sinaloa; por otra parte, dos canales de baja presión, uno desde el norte hasta el centro del país y otro sobre la Península de Yucatán.

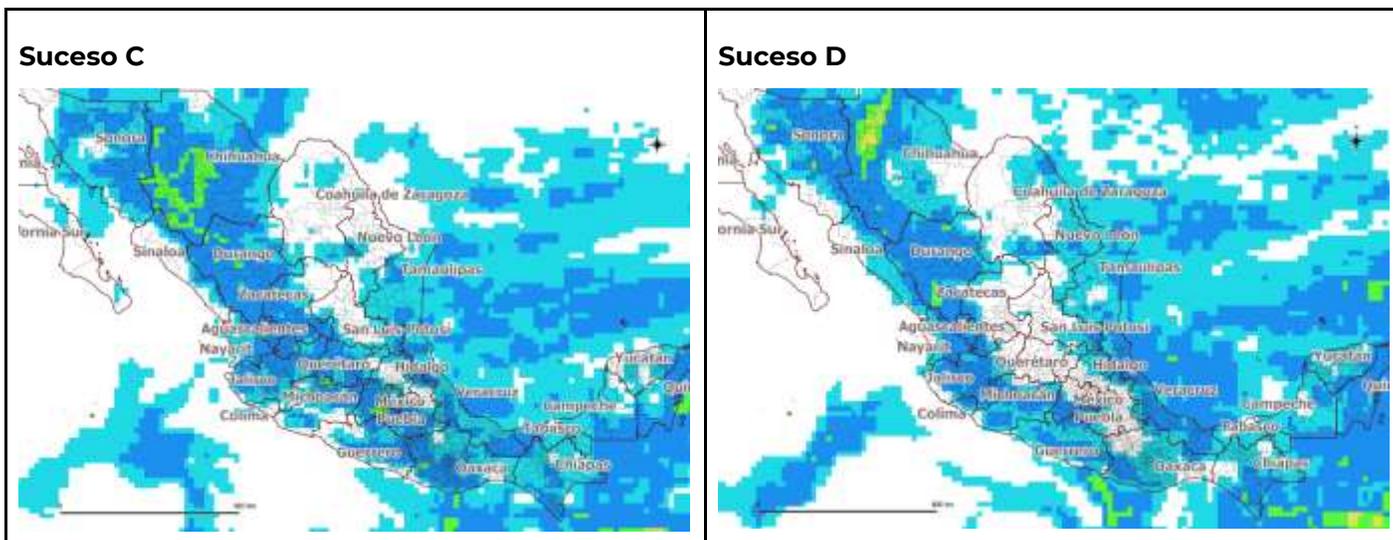
El sistema ciclónico “Narda” propició lluvias puntuales intensas en Chihuahua, Durango, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán.



**Figura 70 Sistemas meteorológicos para el 30 de septiembre de 2019**

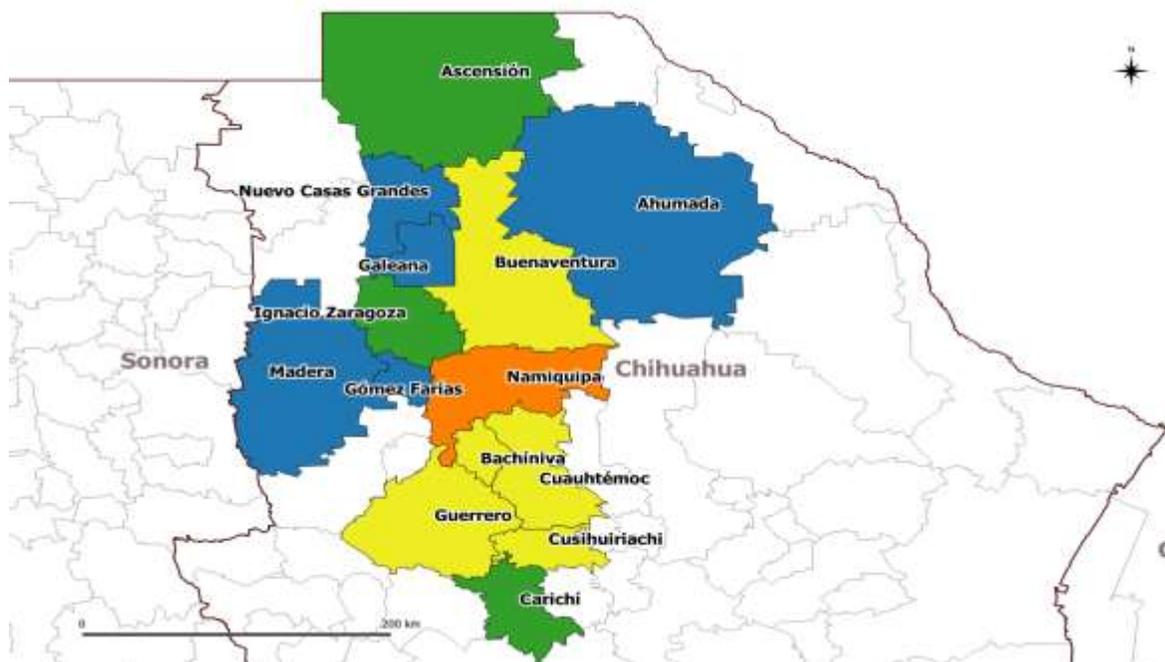
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 71 Pronóstico de lluvias del 30 de septiembre al 4 de octubre**

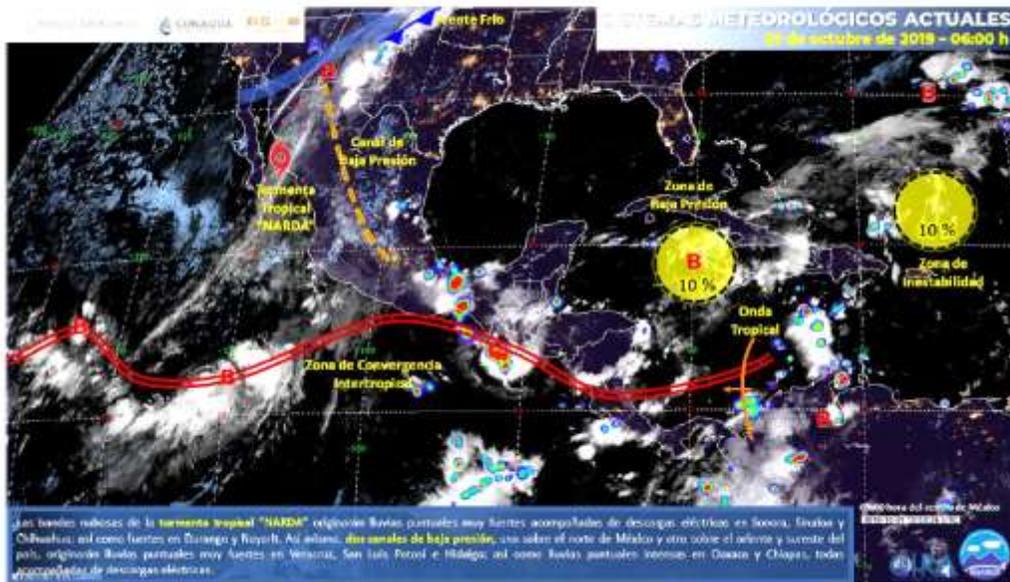
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 72 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 30 de septiembre al 4 de octubre**

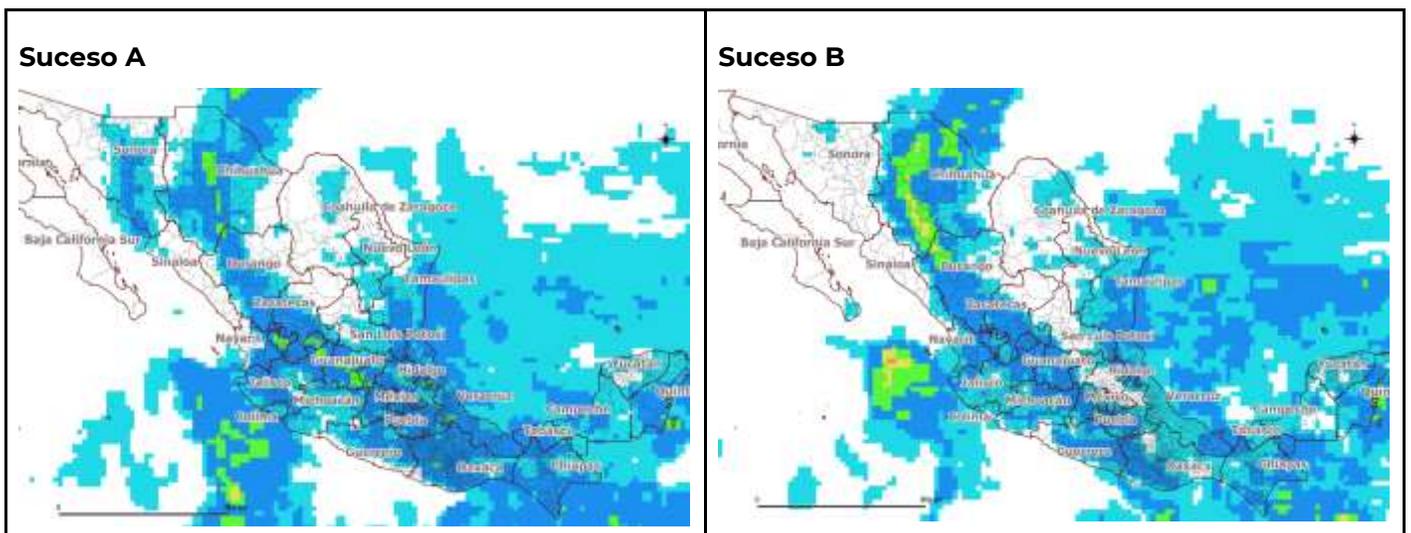
**1 de octubre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: “Narda” y dos canales de baja presión, uno sobre el norte de México y otro sobre el oriente y sureste del país.



**Figura 73** Sistemas meteorológicos para el 1 de octubre de 2019

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



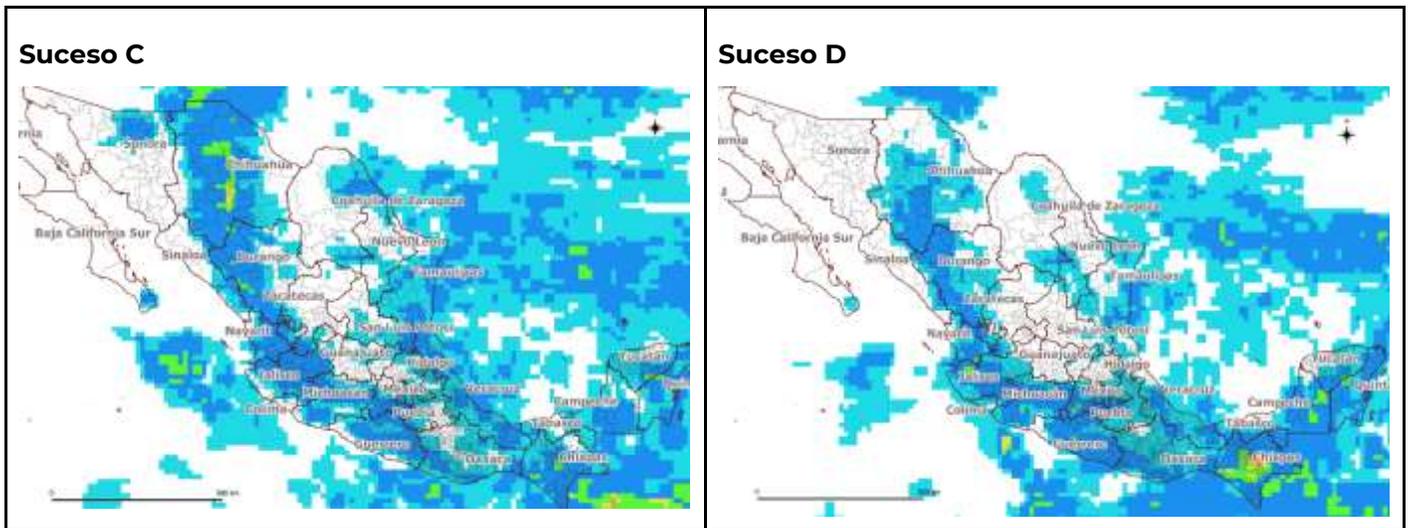


Figura 74 Pronóstico de lluvias del 1 al 5 de octubre

El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 75 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 1 al 5 de octubre

**2 de octubre de 2019**

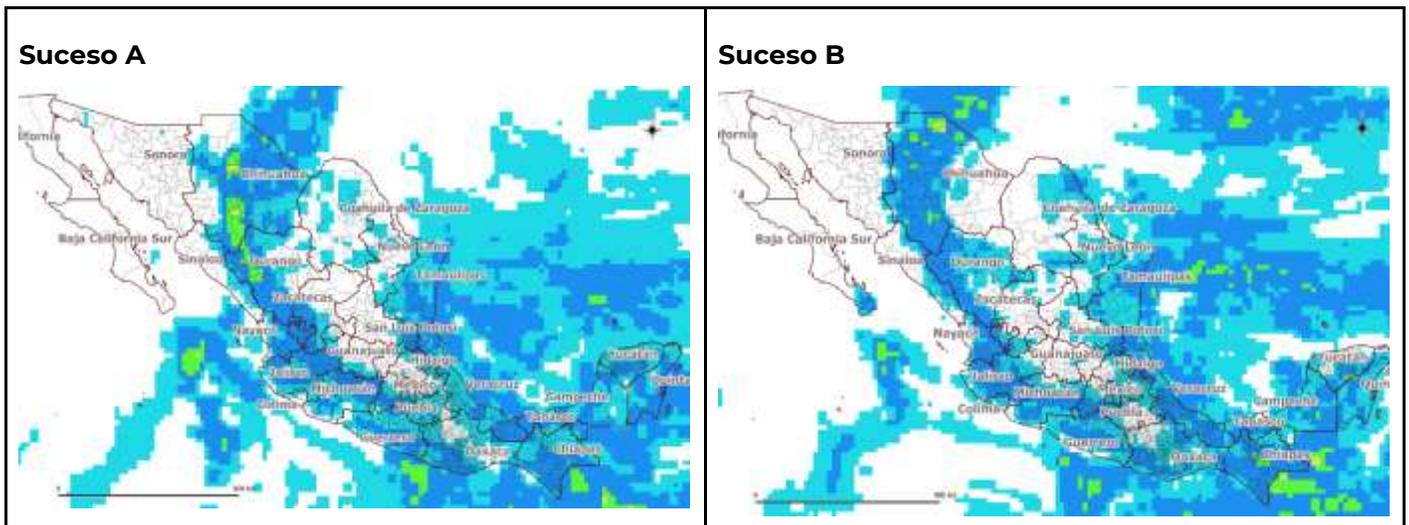
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: una zona de baja presión con probabilidad de desarrollo ciclónico asociado con una onda tropical y se localizó frente a las costas de Quintana Roo, por otra parte, una baja presión se ubicó sobre el Golfo de Tehuantepec, mientras que

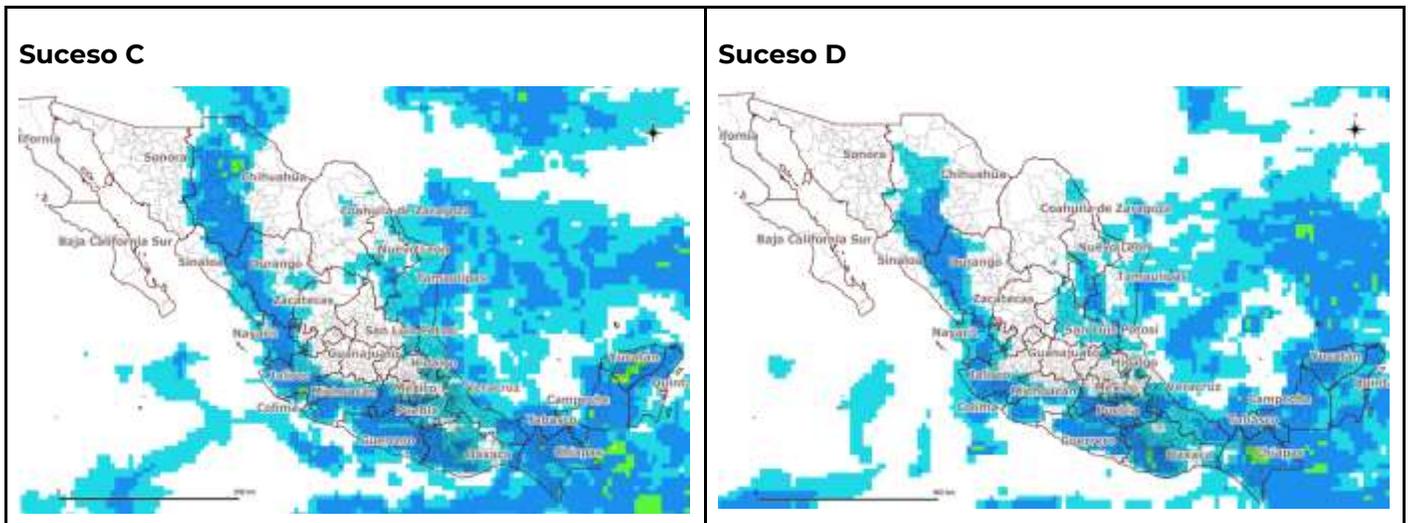
un canal de baja presión se extendió desde el noroeste hasta el centro del país, aunado a la abundante entrada de humedad del océano Pacífico y la inestabilidad en la atmósfera superior.



**Figura 76 Sistemas meteorológicos para el 2 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 77 Pronóstico de lluvias del 2 al 6 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 78 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 2 al 6 de octubre**

**4 de octubre de 2019**

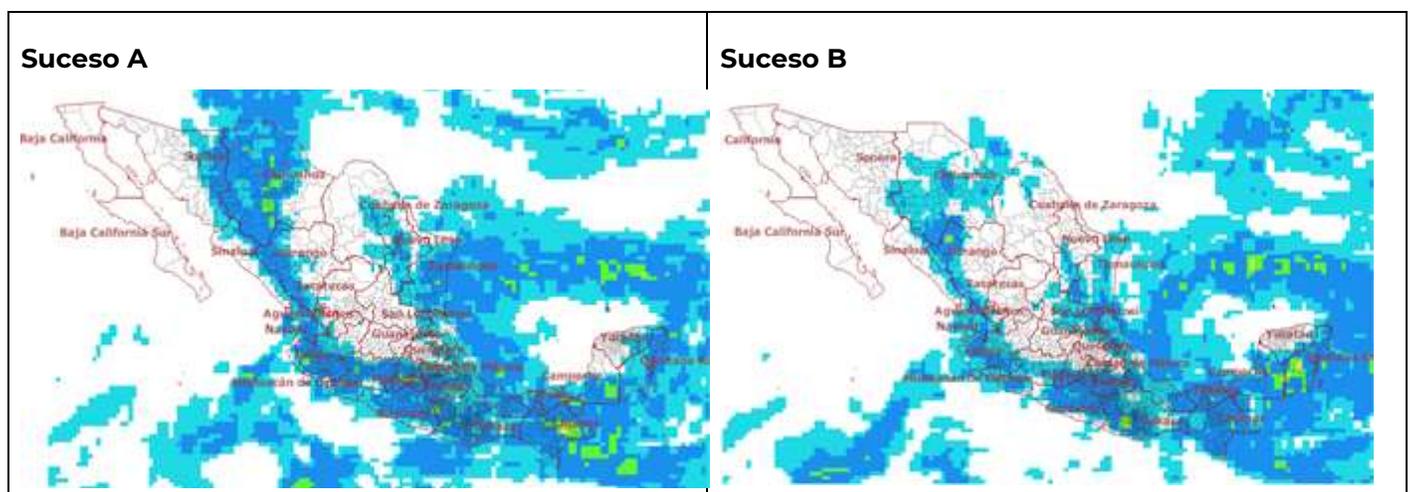
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: un centro de baja presión sobre la Península de Yucatán que interaccionó con un canal de baja presión ubicado en el occidente del Golfo de México. A su vez, un canal de baja presión se mantuvo a lo largo de la Sierra Madre Occidental

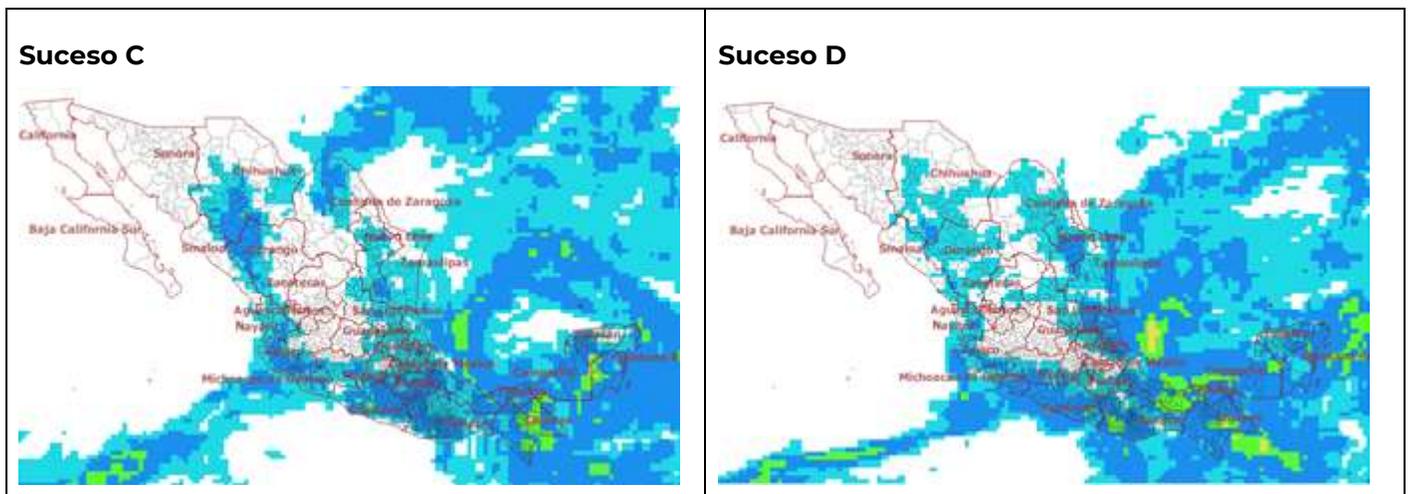
hasta el centro del país apoyado por aire inestable en altura. Por último, la onda tropical núm. 42, recorrió lentamente el sur del territorio nacional asociada con un centro de baja presión al sur de su eje.



**Figura 79 Sistemas meteorológicos para el 4 de octubre de 2019**

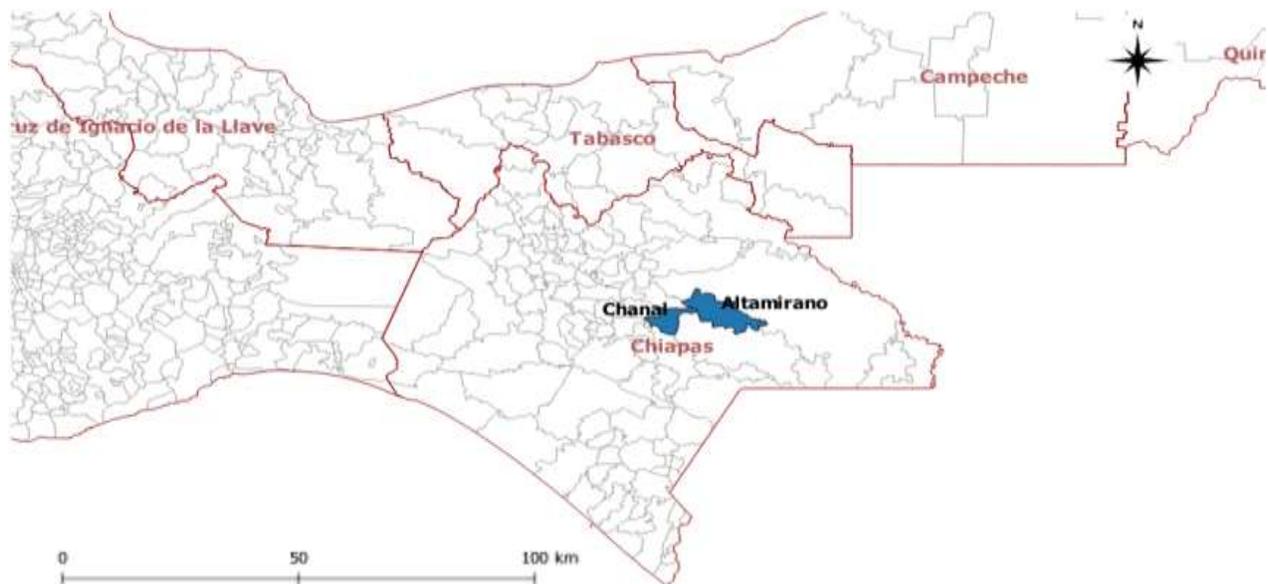
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 80 Pronóstico de lluvias del 4 al 8 de octubre**

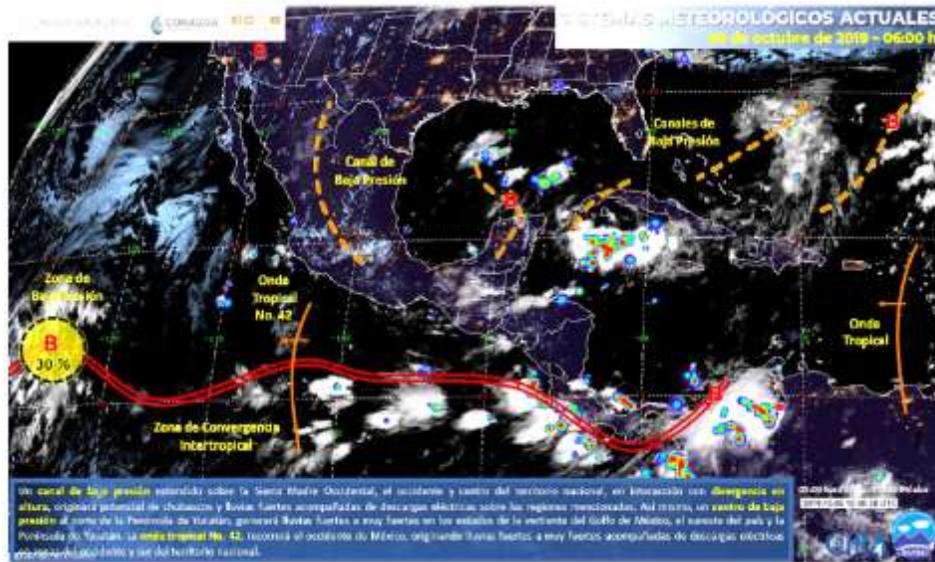
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 81 Alertas por periodo de retorno con duración de 96 horas, del 4 al 8 de octubre**

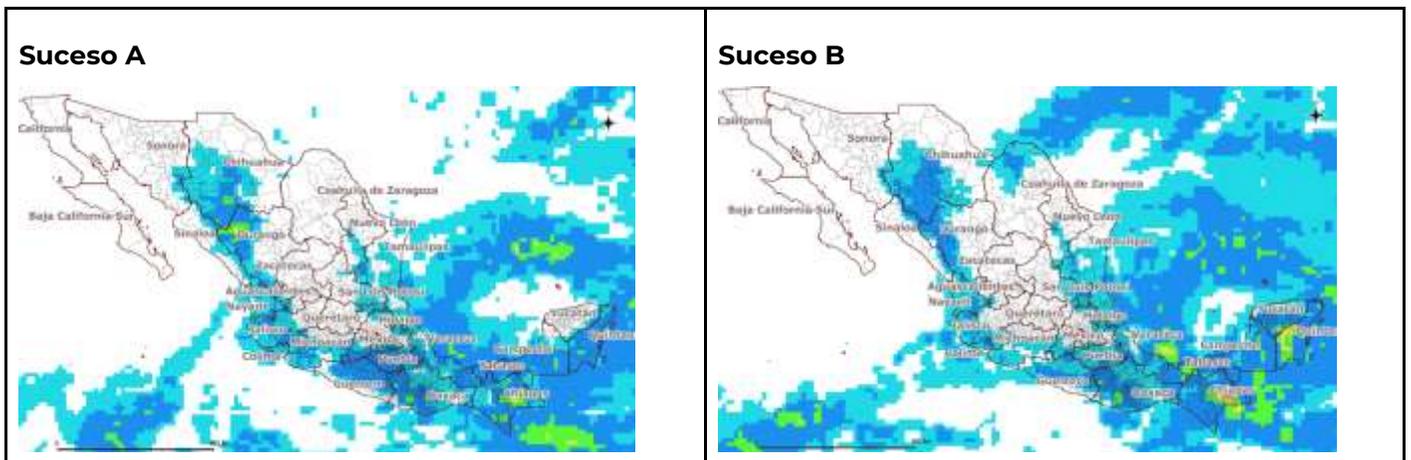
**5 de octubre de 2019**

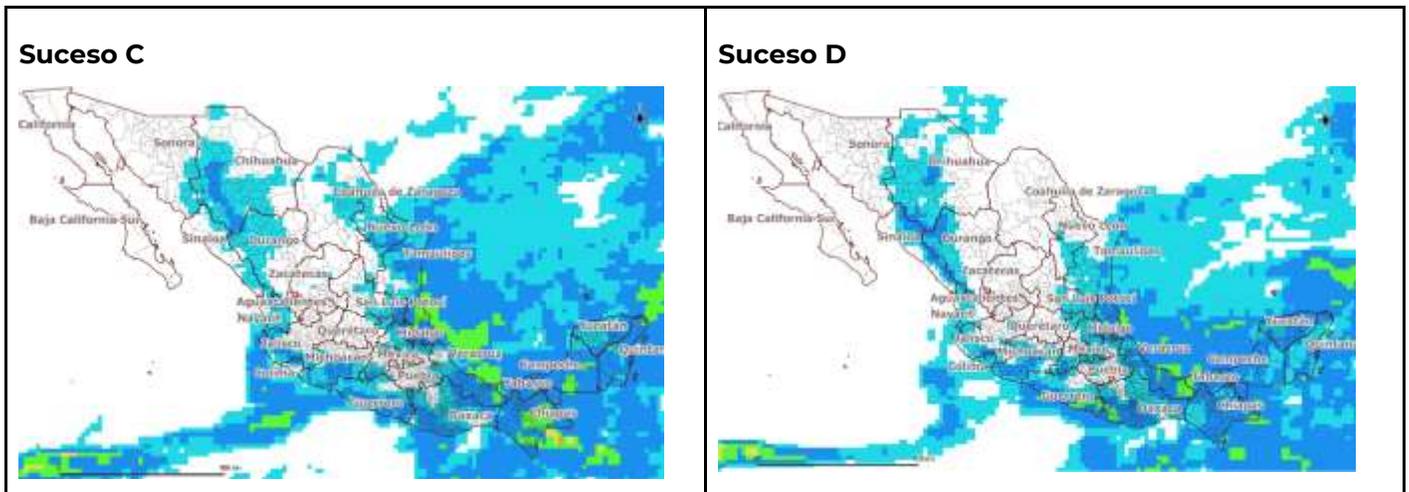
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: un canal de baja presión extendido sobre la Sierra Madre Occidental, el occidente y centro del territorio nacional, en interacción con divergencia en altura; un centro de baja presión sobre el norte de la Península de Yucatán, además la onda tropical núm. 42 que recorrió el occidente de México.



**Figura 82 Sistemas meteorológicos para el 5 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 83 Pronóstico de lluvias del 5 al 9 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.

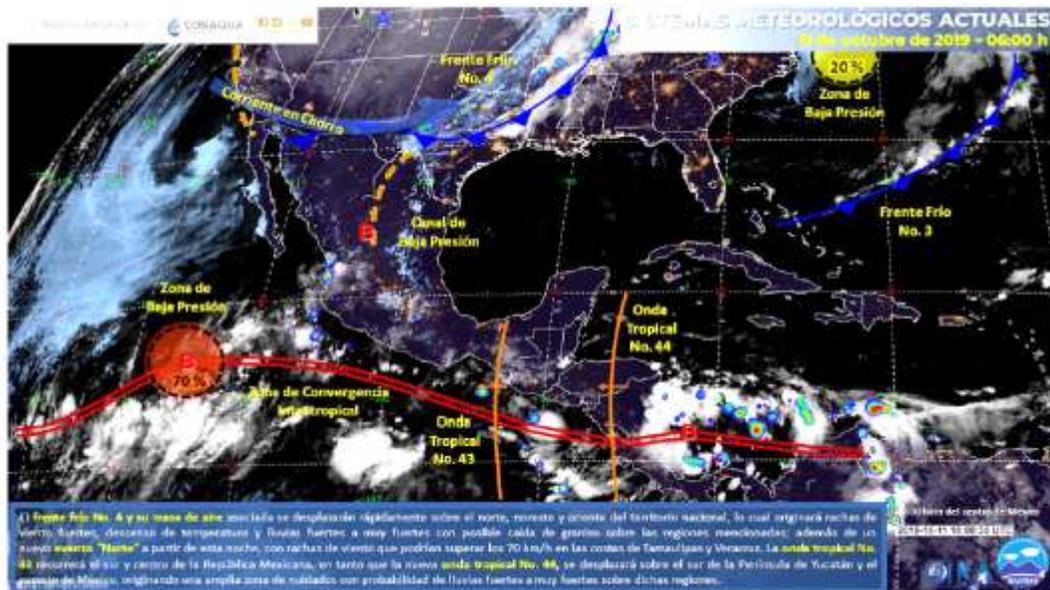


**Figura 84 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 5 al 9 de octubre**

**11 de octubre de 2019**

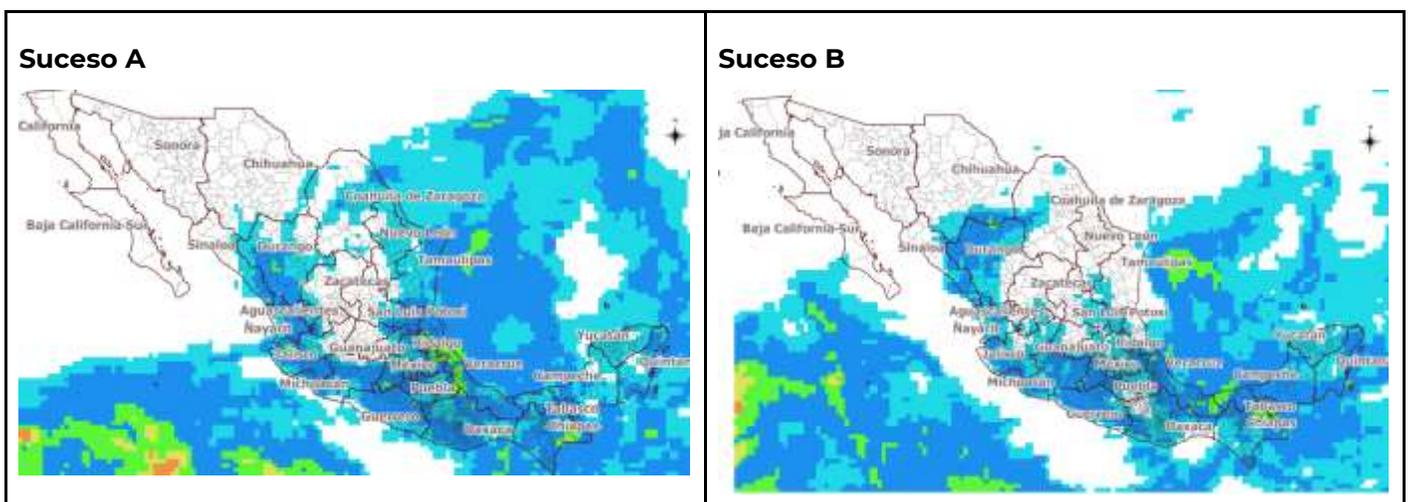
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: el frente frío núm. 4 y su masa de aire asociada se desplazó rápidamente sobre el norte, noreste y oriente del territorio nacional; además de un nuevo evento “Norte” con rachas de viento que pudieron superar los 70 km/h en las costas de Tamaulipas y Veracruz; por otra parte, la onda tropical núm. 43 recorrió el sur y centro de la

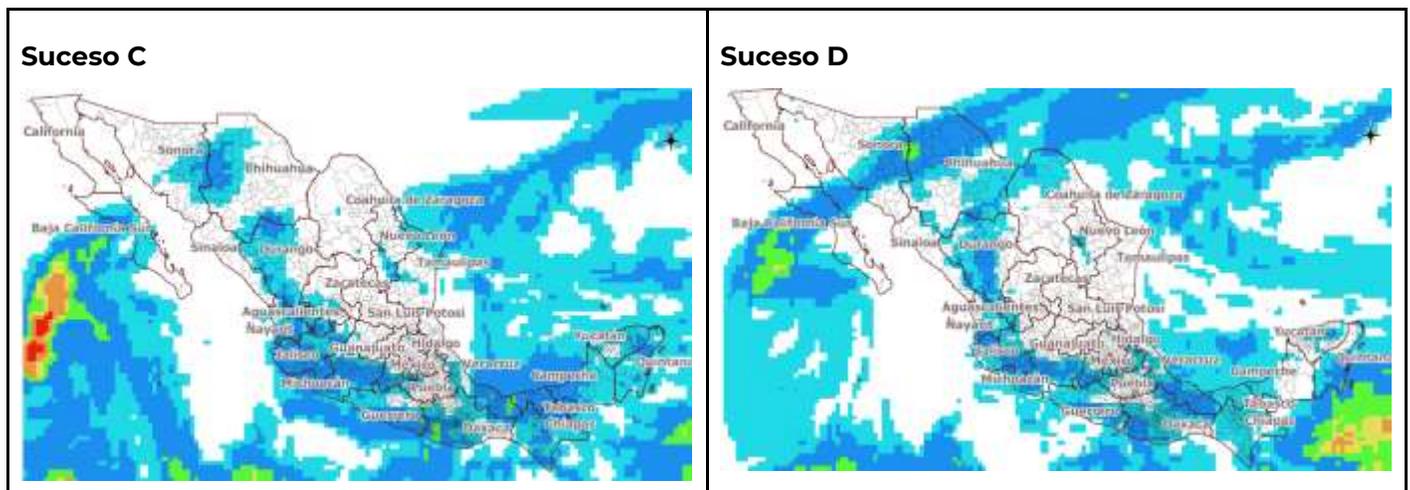
República Mexicana, en tanto que la nueva onda tropical núm. 44 se desplazó sobre el sur de la Península de Yucatán y el sureste de México.



**Figura 85 Sistemas meteorológicos para el 11 de octubre de 2019**

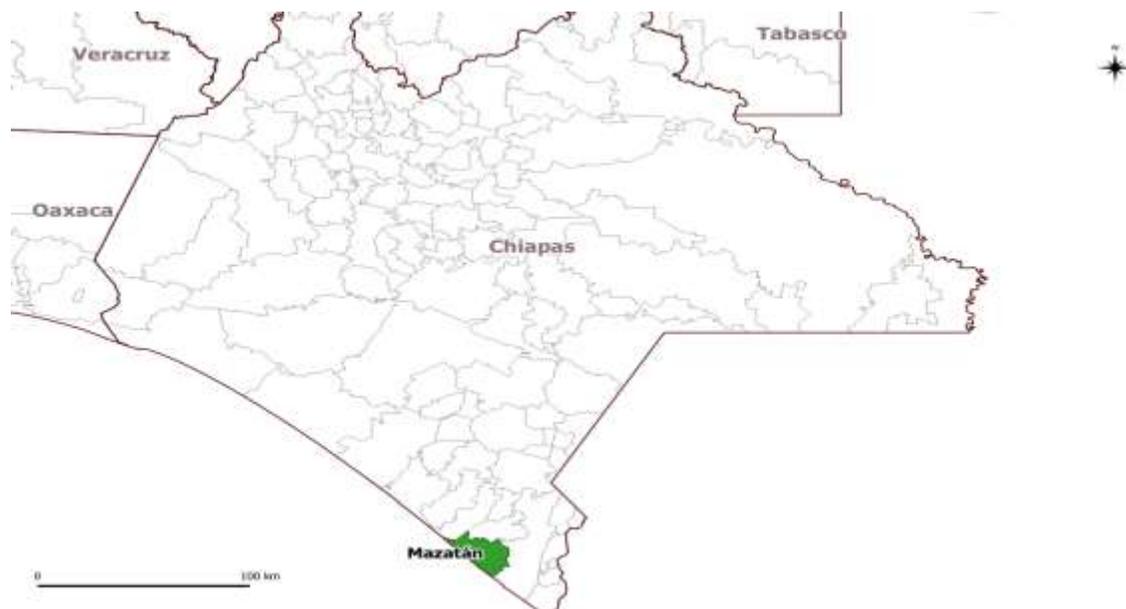
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 86 Pronóstico de lluvias del 11 al 15 de octubre**

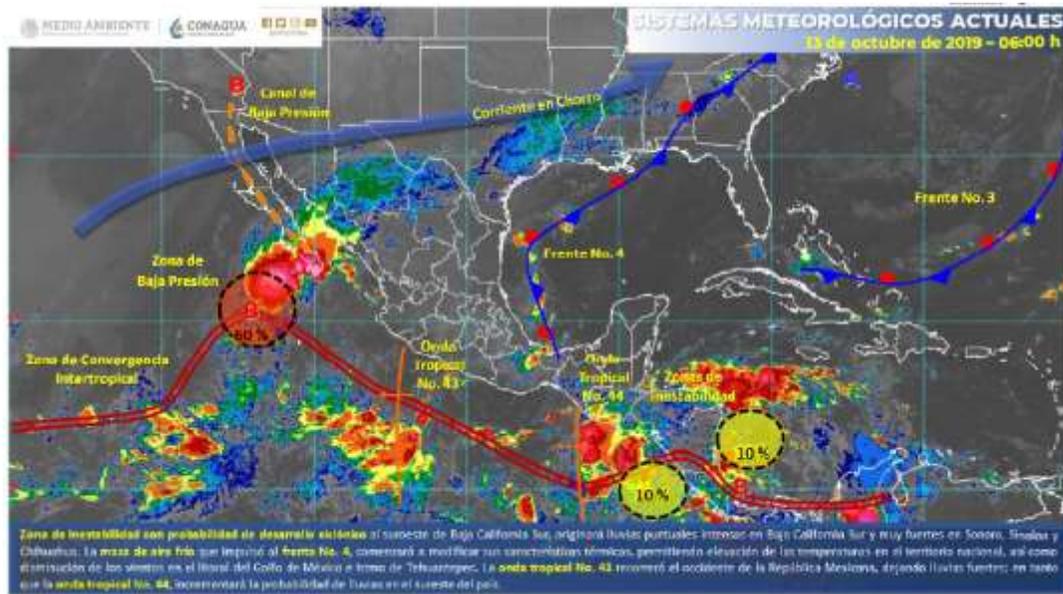
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 87 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 11 al 15 de octubre**

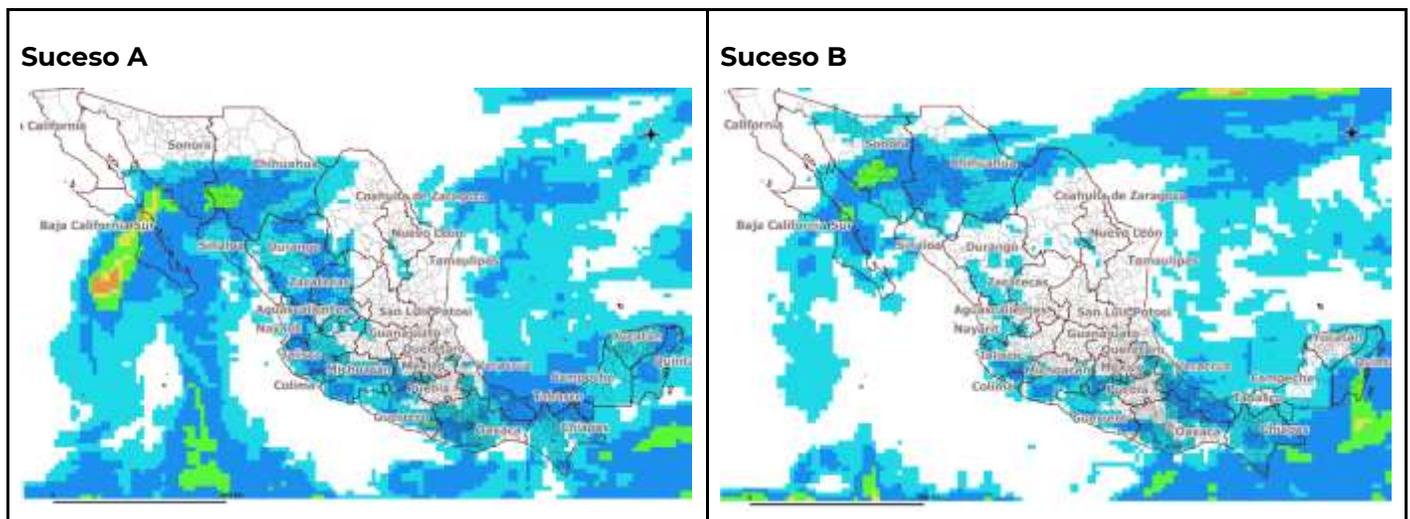
### 13 de octubre de 2019

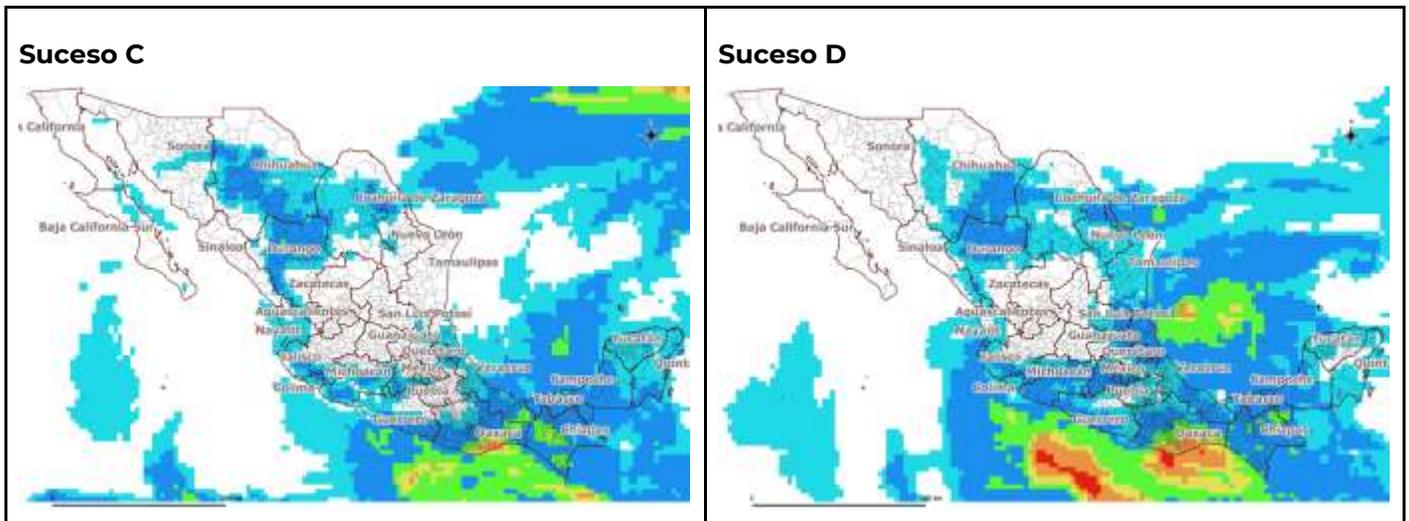
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: una zona de inestabilidad con probabilidad de desarrollo ciclónico al suroeste de Baja California Sur, la masa de aire frío del frente núm. 4, la onda tropical núm. 43 y la onda tropical núm. 44.



**Figura 88 Sistemas meteorológicos para el 13 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 89** Pronóstico de lluvias del 13 al 17 de octubre

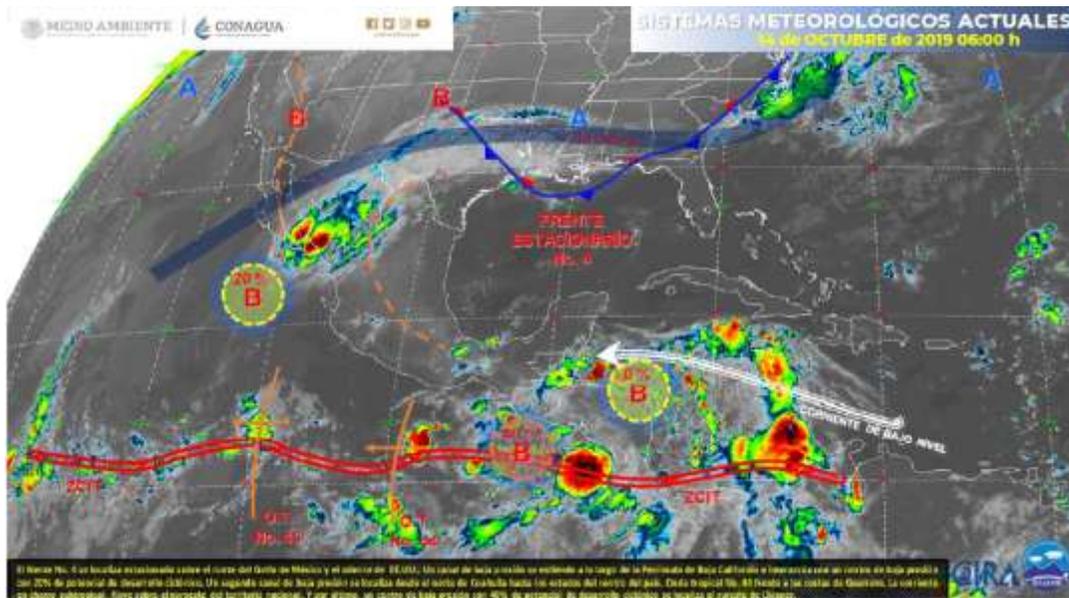
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 90** Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 13 al 17 de octubre

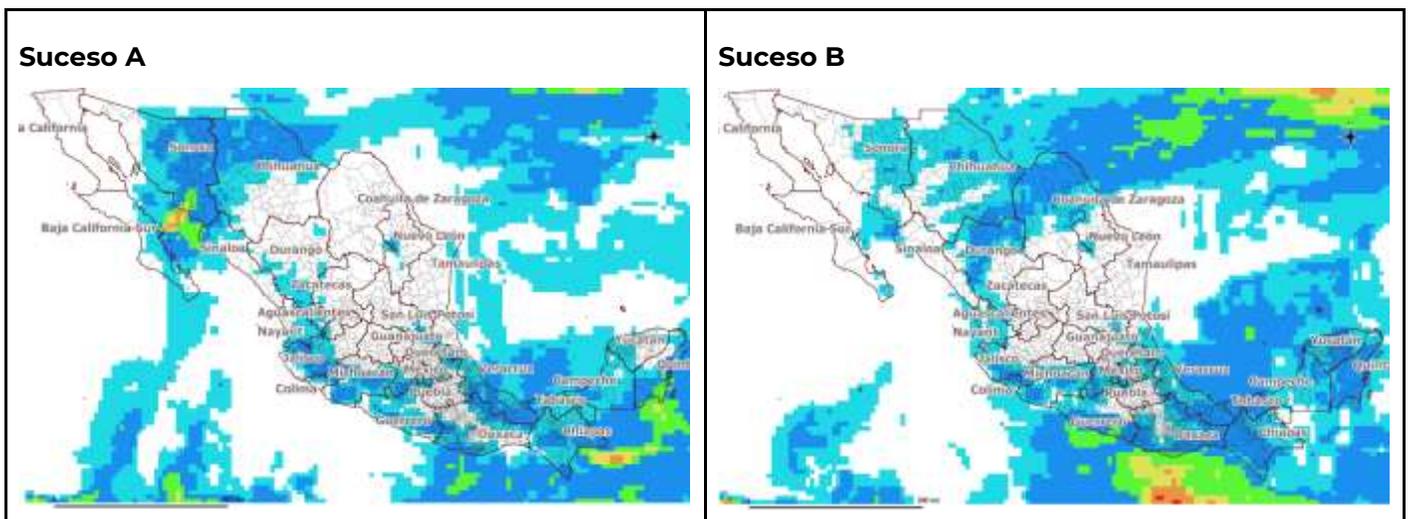
**14 de octubre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: la onda tropical núm. 44 se desplazó sobre los estados del sur y occidente del país, una zona de baja presión con probabilidad de desarrollo ciclónico se localizó al suroeste de la Península de Baja California, por otra parte, un canal de baja presión se extendió sobre el sureste de México, mientras que una zona de baja presión con potencial ciclónico se ubicó al sureste de las costas de Chiapas.



**Figura 91 Sistemas meteorológicos para el 14 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



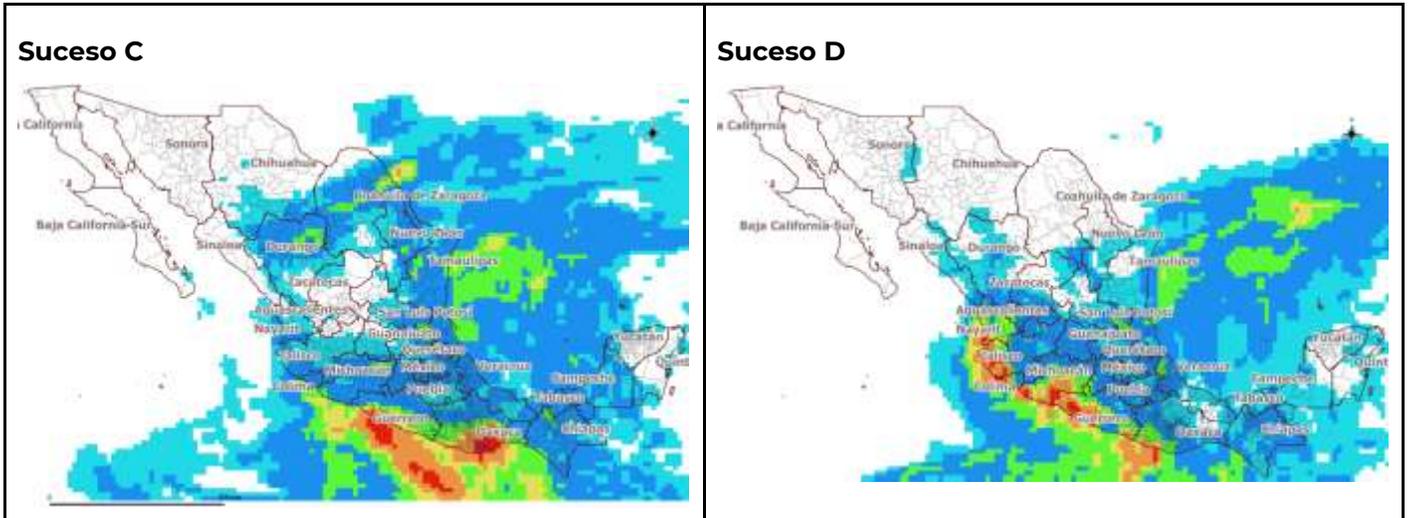


Figura 92 Pronóstico de lluvias del 14 al 18 de octubre

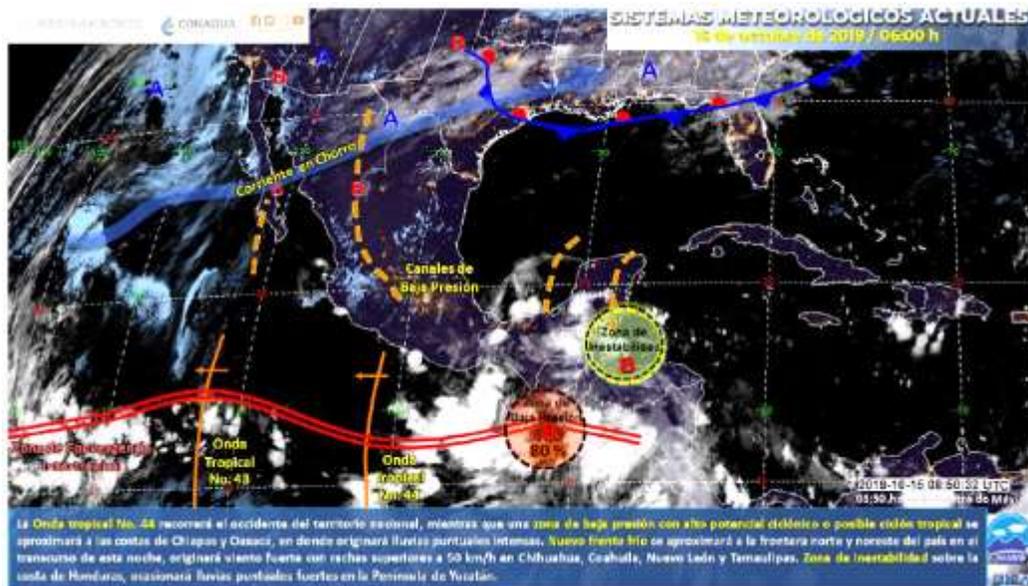
El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 93 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 14 al 18 de octubre

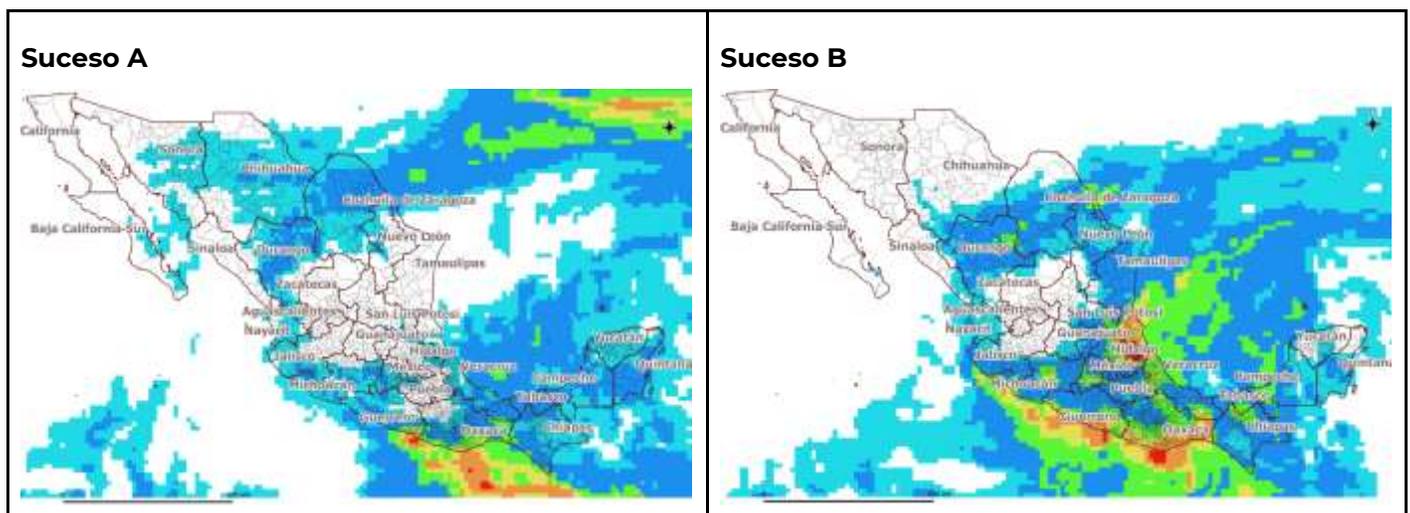
15 de octubre de 2019

Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: la onda tropical núm. 44 recorrió el occidente del territorio nacional, mientras que la zona de baja presión con potencial ciclónico se aproximó a las costas de Chiapas y Oaxaca, un nuevo frente frío se aproximó a la frontera norte y noreste del país, originando viento fuerte en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; finalmente una zona de inestabilidad al sureste de la Península de Yucatán.



**Figura 94 Sistemas meteorológicos para el 15 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



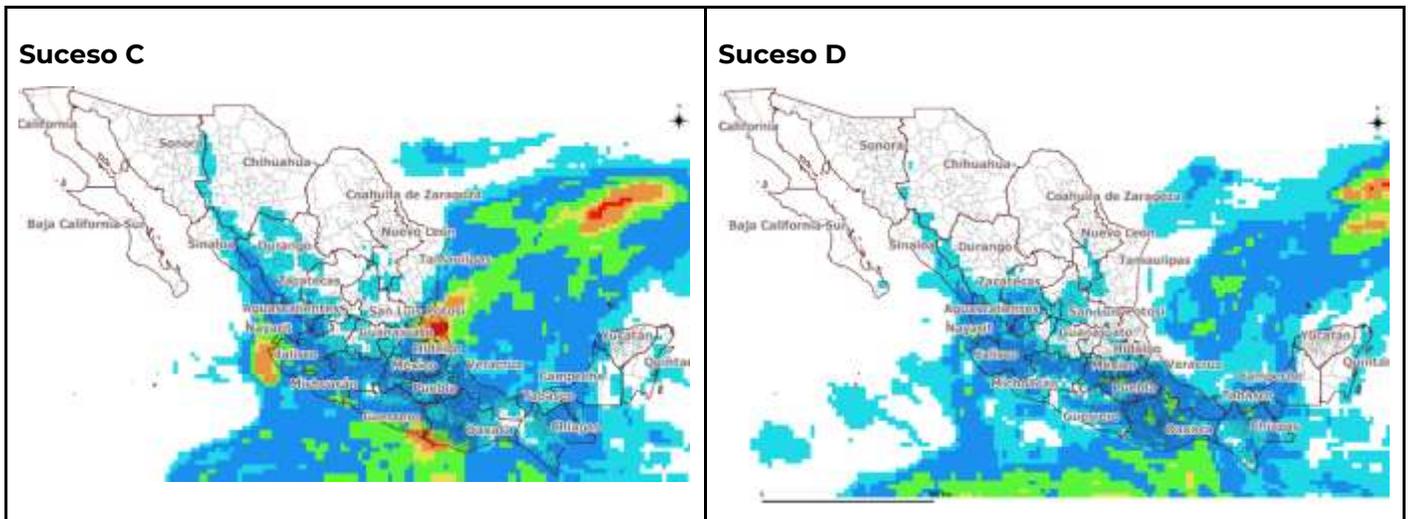


Figura 95 Pronóstico de lluvias del 15 al 19 de octubre

El mapa de alertamiento es el siguiente.

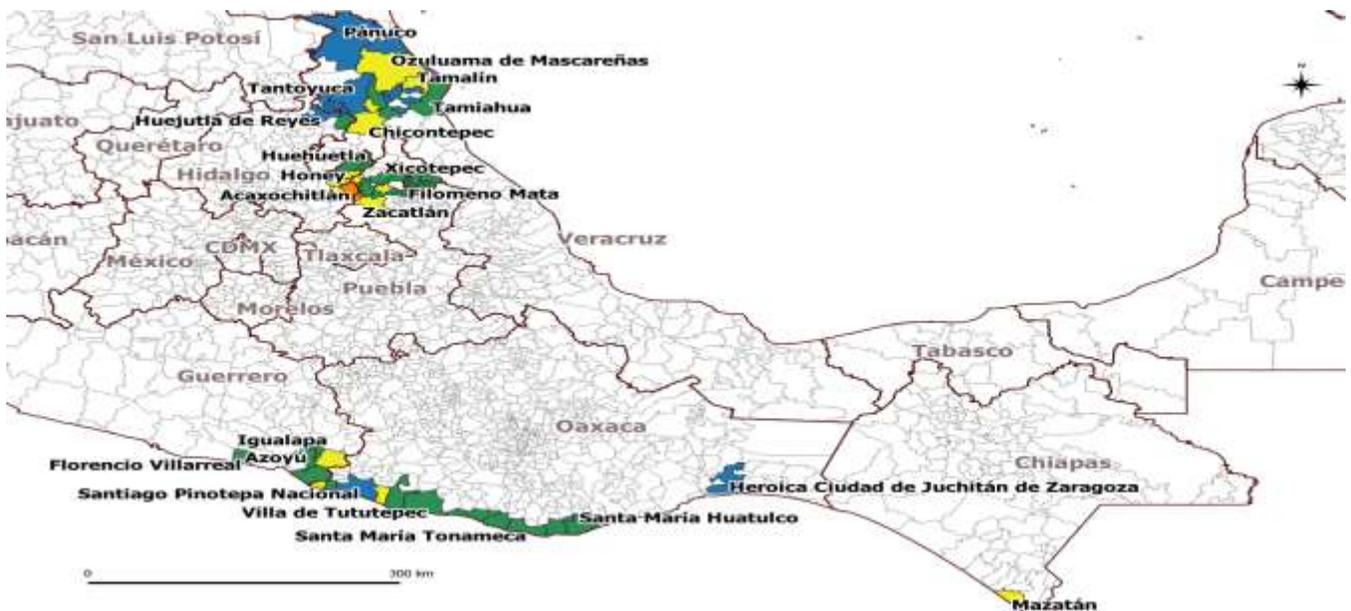


Figura 96 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 15 al 19 de octubre

**16 de octubre de 2019**

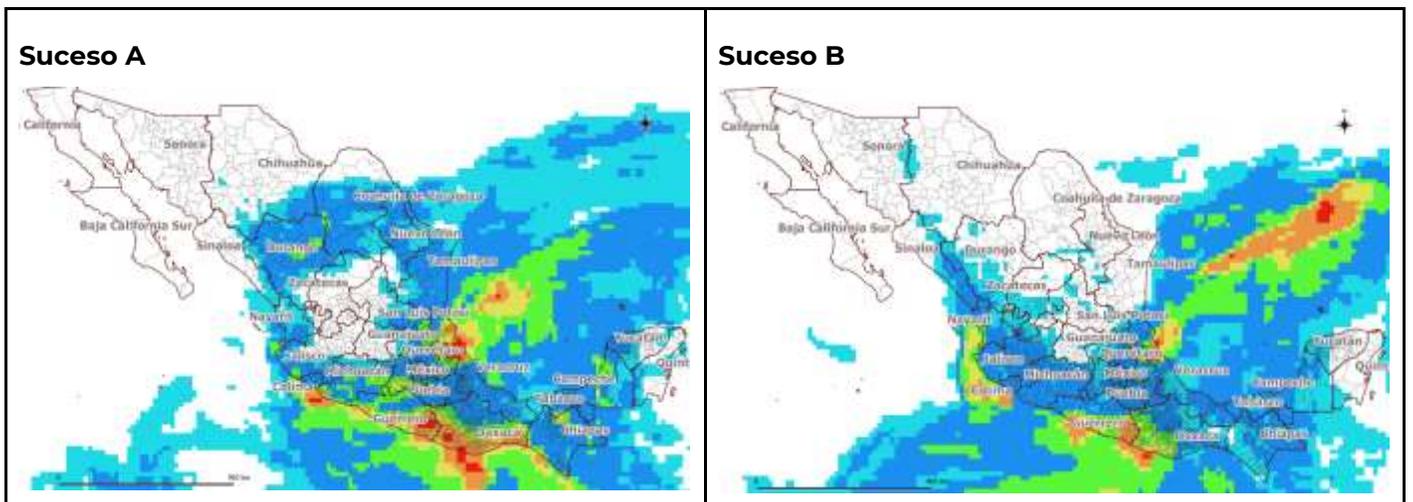
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: la depresión tropical “Diecisiete-E” en el océano Pacífico muy cerca de la costa de Oaxaca y se asoció con una zona de baja presión

sobre el sur del Golfo de México; asimismo, el frente frío núm. 5 se extendió sobre el norte y noreste de México.



**Figura 97 Sistemas meteorológicos para el 16 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



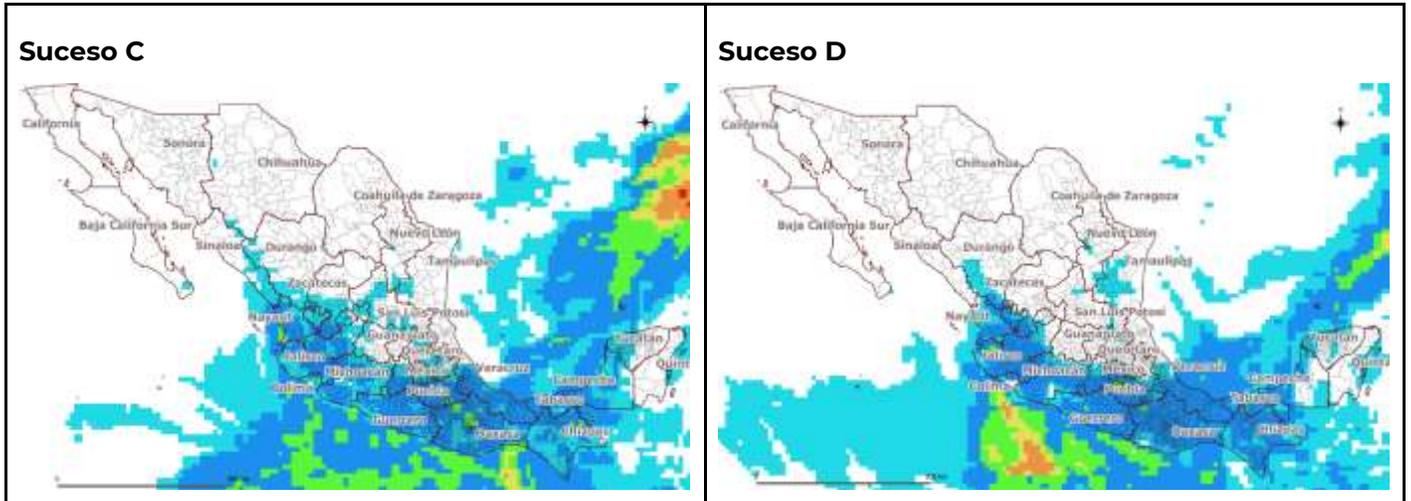


Figura 98 Pronóstico de lluvias del 16 al 20 de octubre

El mapa de alertamiento es el siguiente.

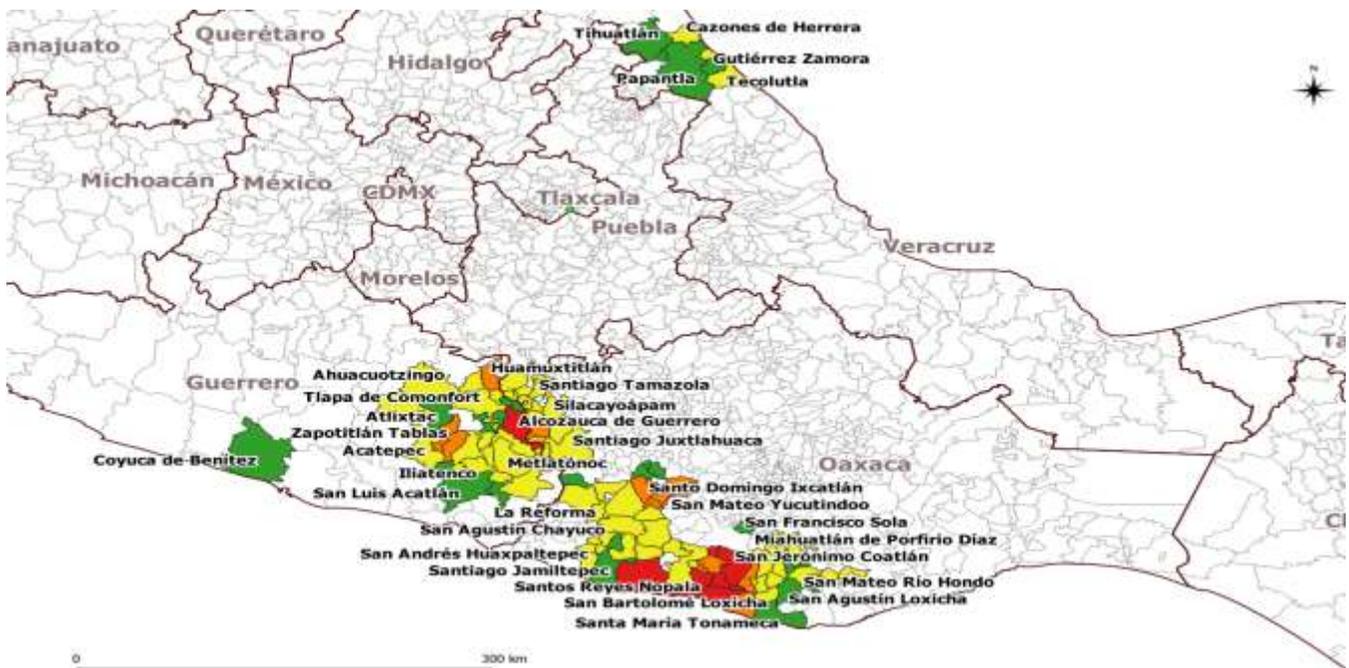
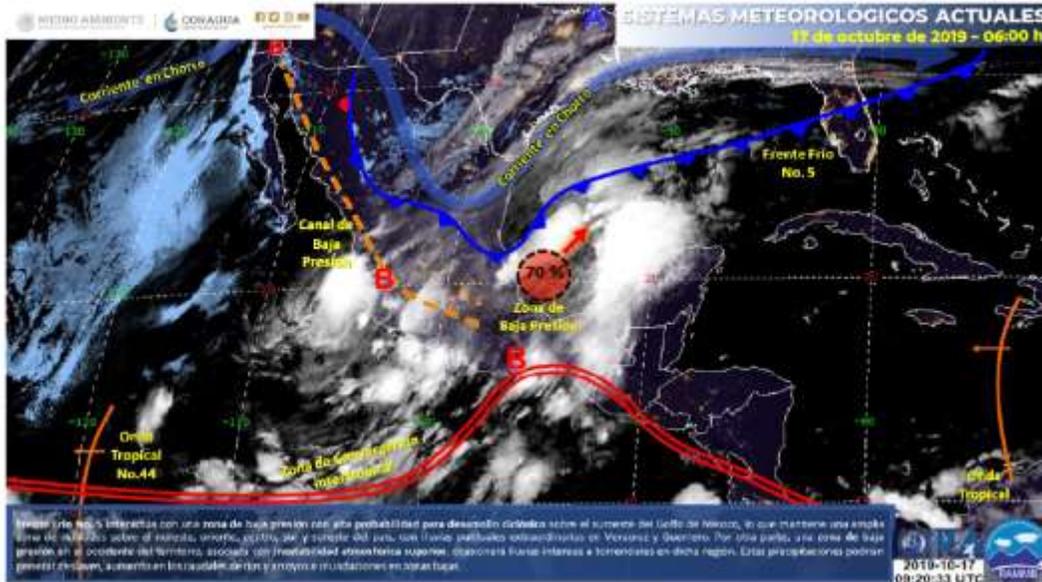


Figura 99 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 16 al 20 de octubre

**17 de octubre de 2019**

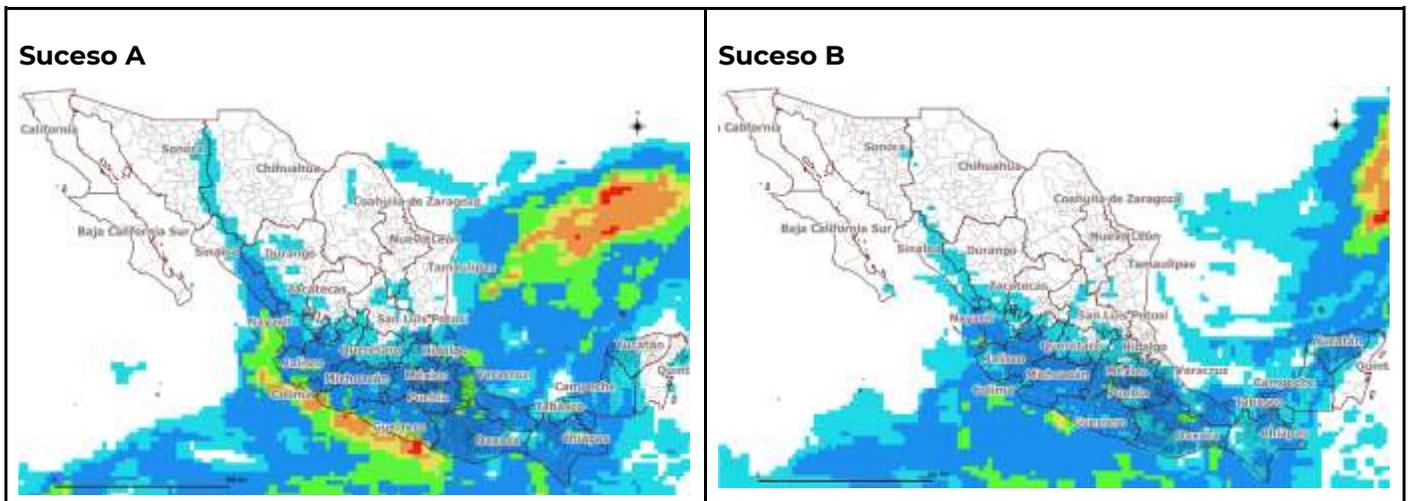
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el frente núm. 5 el cual interactuó con una zona de baja presión de alta probabilidad para desarrollo ciclónico sobre el occidente del Golfo

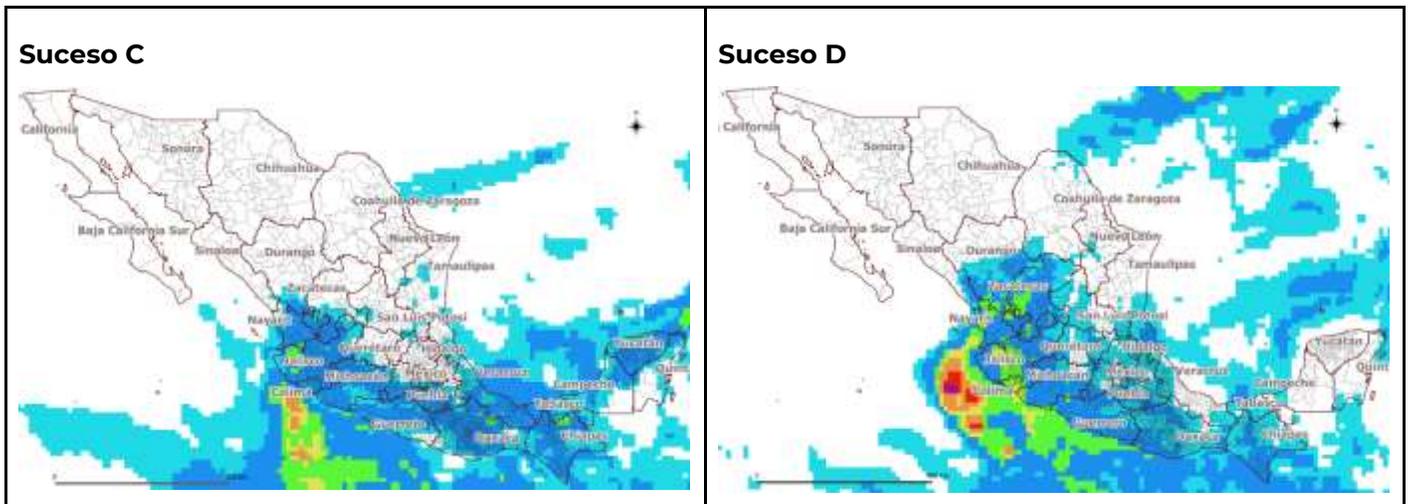
de México, originando una amplia zona de nublados sobre el noreste, oriente y sureste del país; una zona de baja presión se localizó frente a las costas de Colima y Michoacán, asociada con inestabilidad en la atmósfera superior.



**Figura 100 Sistemas meteorológicos para el 17 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 101 Pronóstico de lluvias del 17 al 21 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 102 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 17 al 21 de octubre**

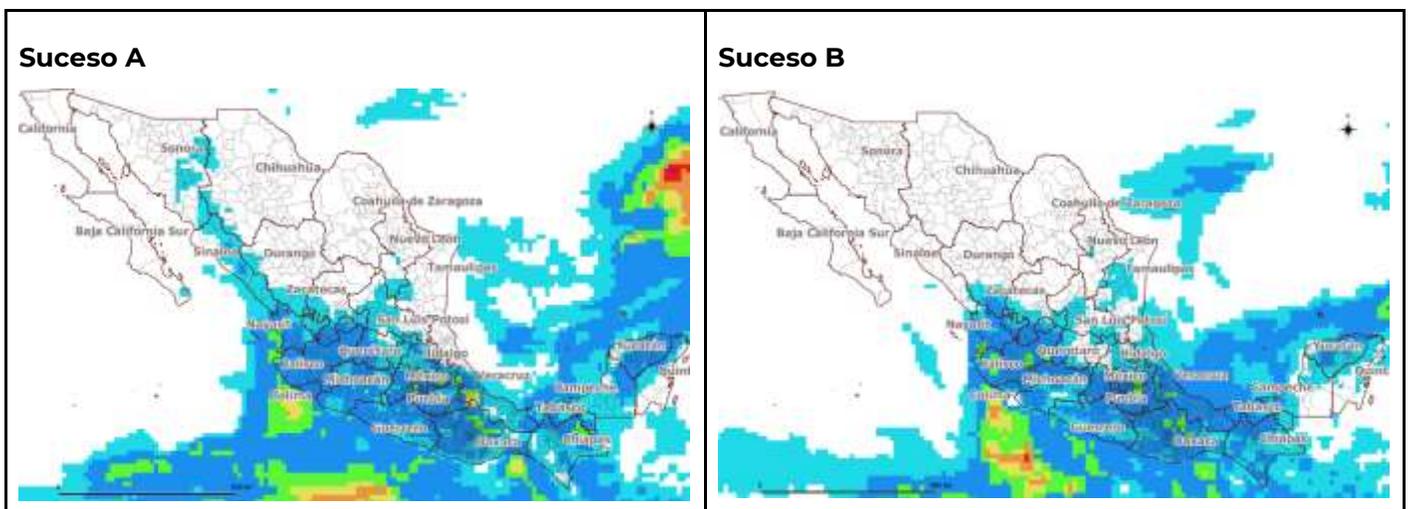
**18 de octubre de 2019**

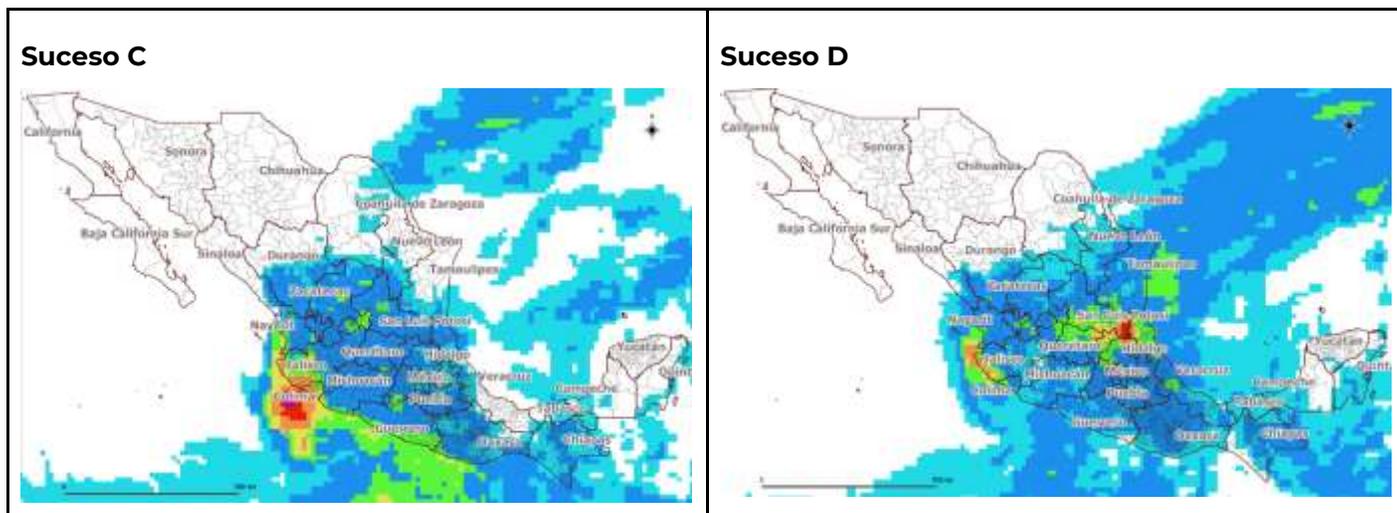
Para esta fecha, los fenómenos que se presentaron en el país fueron: la tormenta tropical “Dieciséis” la cual continuó interactuando con el sistema frontal núm. 5 y se desplazó hacia el noreste del Golfo de México; un centro de baja presión frente a las costas de Colima y Michoacán y la aproximación de un nuevo frente frío hacia el noroeste del país.



**Figura 103 Sistemas meteorológicos para el 18 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 104 Pronóstico de lluvias del 18 al 22 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.

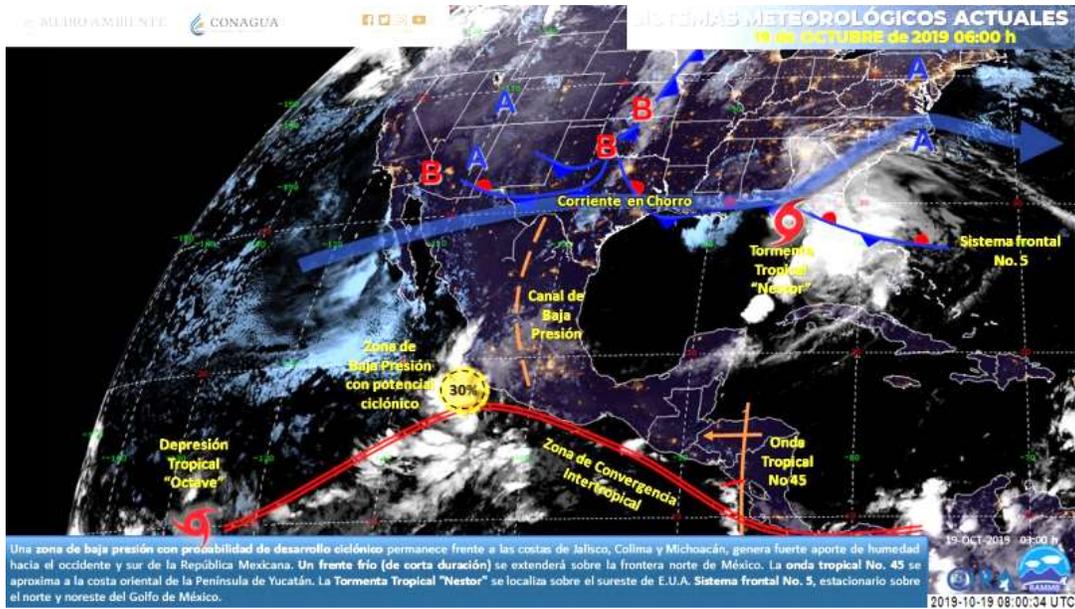


**Figura 105 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 18 al 22 de octubre**

**19 de octubre de 2019**

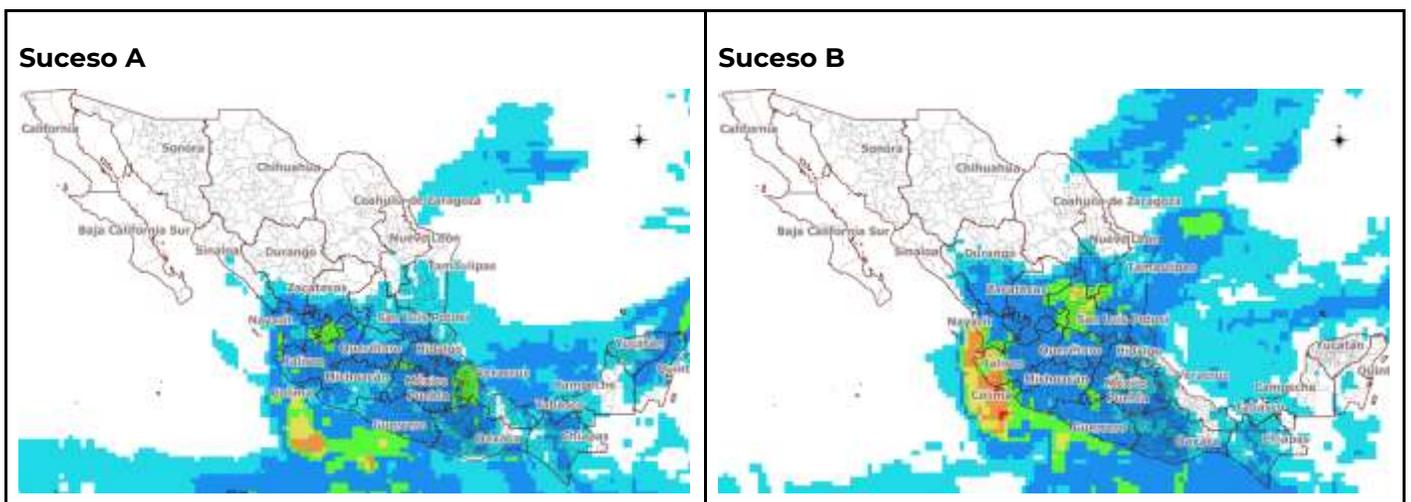
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: una zona de baja presión con probabilidad de desarrollo ciclónico frente a las costas de Jalisco, Colima y Michoacán, generando un fuerte aporte de humedad hacia el occidente y sur de la República Mexicana. Además, un frente frío (de corta

duración) se extendió sobre la frontera norte de México y la nueva onda tropical núm. 45 se aproximó a la costa oriental de la península de Yucatán.



**Figura 106 Sistemas meteorológicos para el 19 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



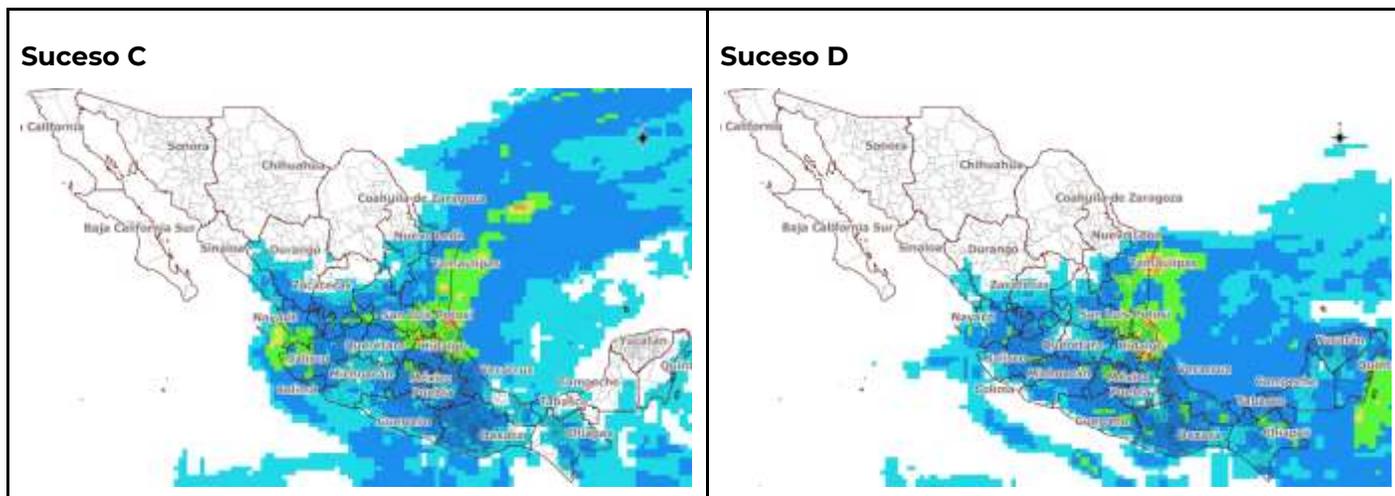


Figura 107 Pronóstico de lluvias del 19 al 23 de octubre

El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 108 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 19 al 23 de octubre

**22 de octubre de 2019**

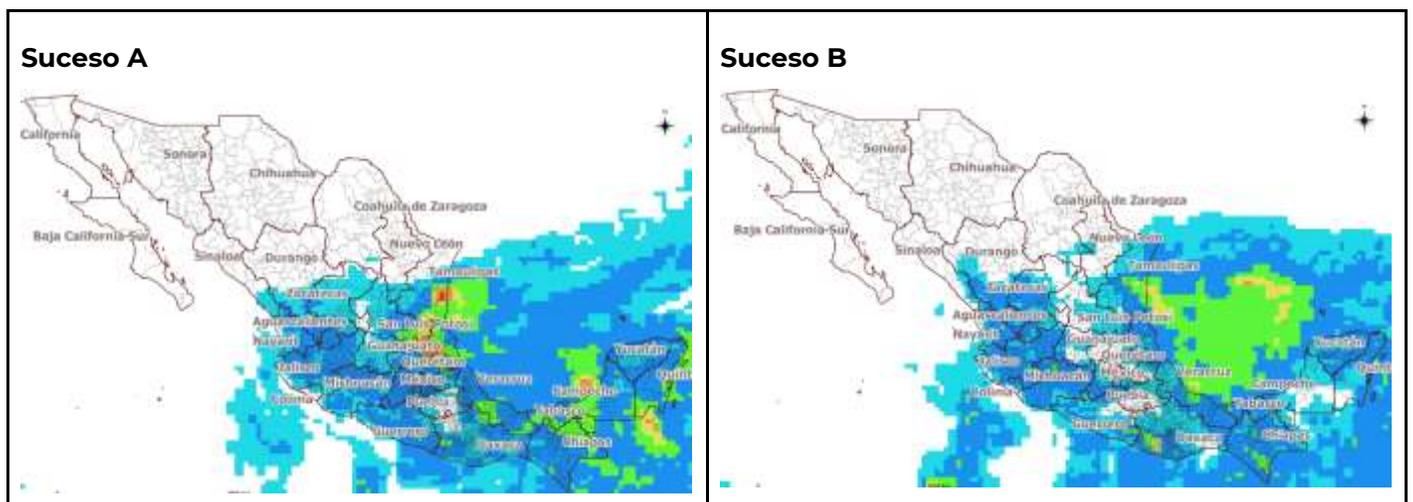
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el frente frío núm. 6 desde la porción noreste del Golfo de México hasta las costas de Tamaulipas y Veracruz, la masa de aire frío asociada, la cual favoreció el descenso de temperatura en el norte, noreste, oriente y centro del país, así como evento de "Norte" de corta duración con rachas superiores a 60 km/h en el litoral de Tamaulipas y

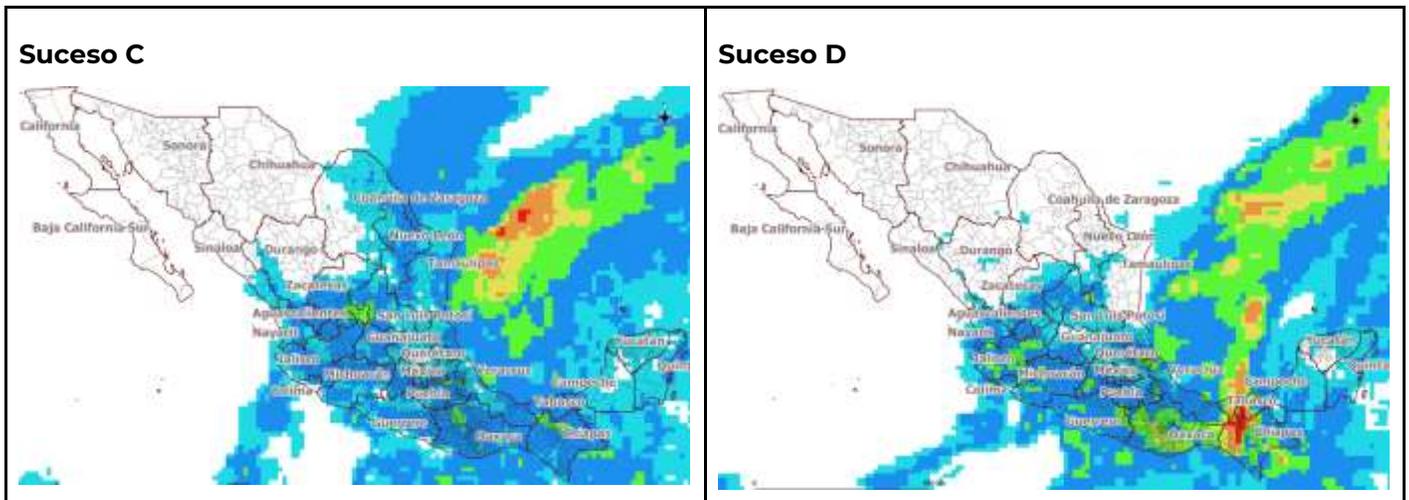
Veracruz además de la onda tropical núm. 45 la cual recorrió el sur y occidente del territorio nacional y la onda tropical núm. 46 que ingresó en la península de Yucatán y sureste de México.



**Figura 109 Sistemas meteorológicos para el 22 de octubre de 2019**

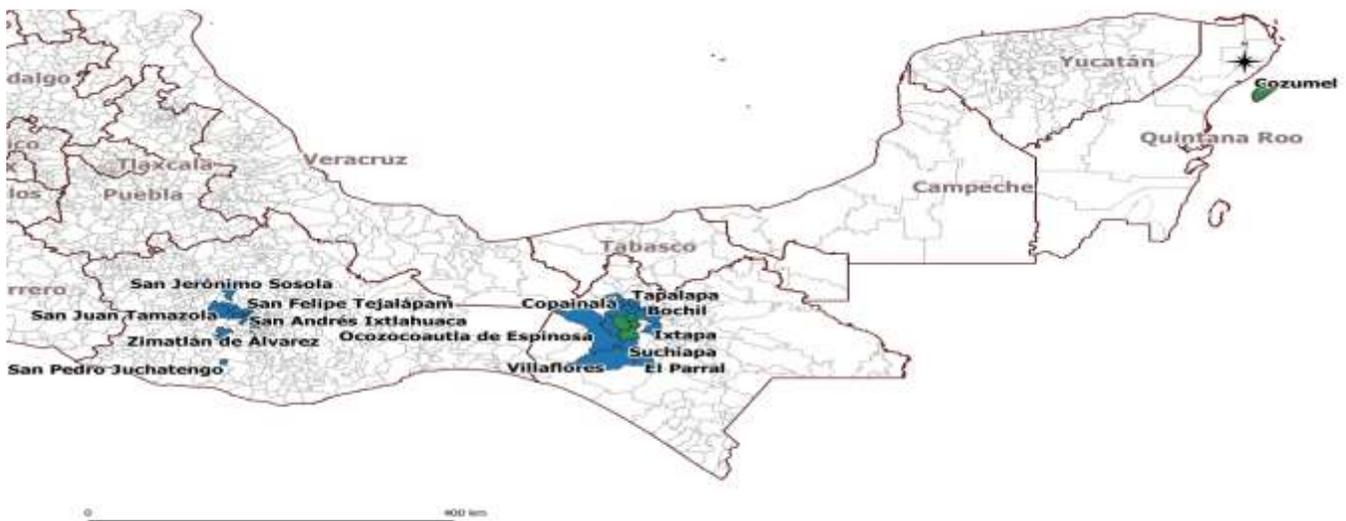
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 110 Pronóstico de lluvias del 22 al 26 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 111 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 22 al 26 de octubre**

**23 de octubre de 2019**

Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el sistema frontal núm. 6 que se localizaba sobre el suroeste del Golfo de México en interacción con un canal de baja presión que se extendía en el occidente de dicho golfo y con la activa onda tropical núm. 46 sobre el sureste del país, además la masa de aire frío asociada al frente, favoreció ambiente fresco a frío en el norte, noreste, oriente y centro del territorio nacional, la onda tropical núm. 45 sobre el occidente de México y un nuevo frente frío (núm. 7) se aproximó a la frontera norte de México durante la noche.



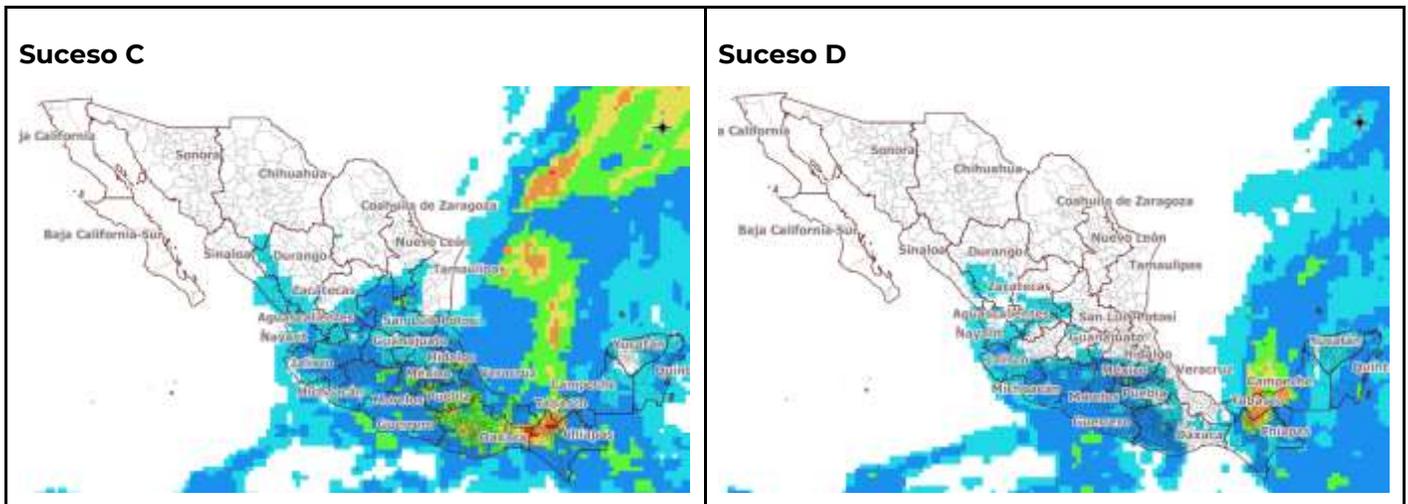


Figura 113 Pronóstico de lluvias del 23 al 27 de octubre de 2019

El mapa de alertamiento es el siguiente.

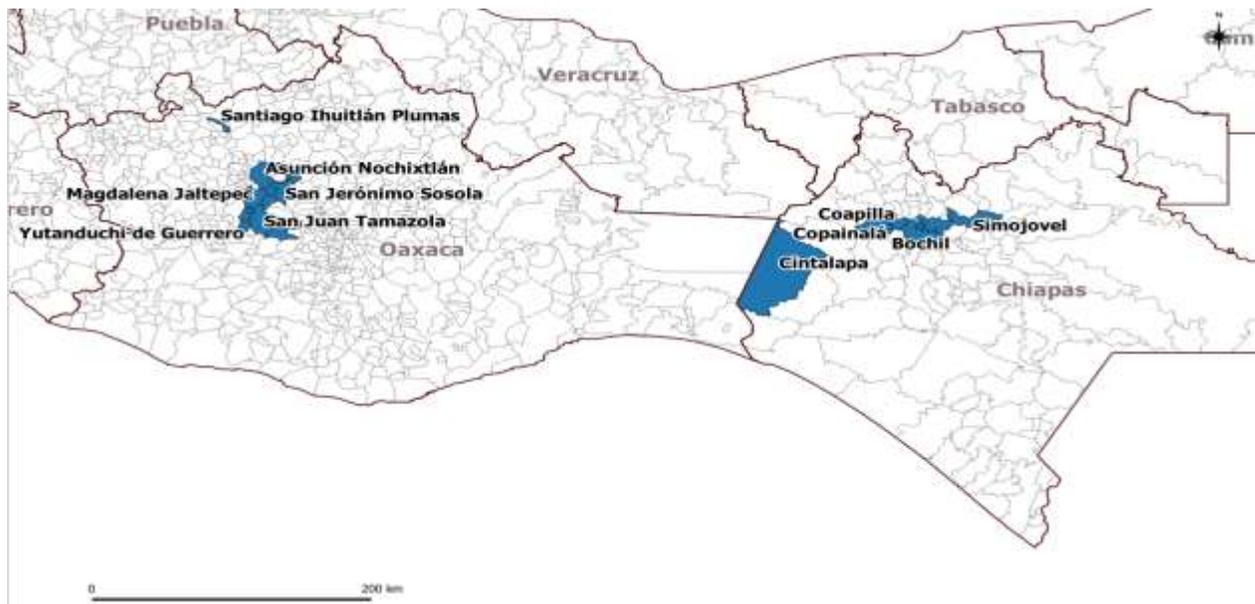


Figura 114 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 23 al 27 de octubre

**24 de octubre de 2019**

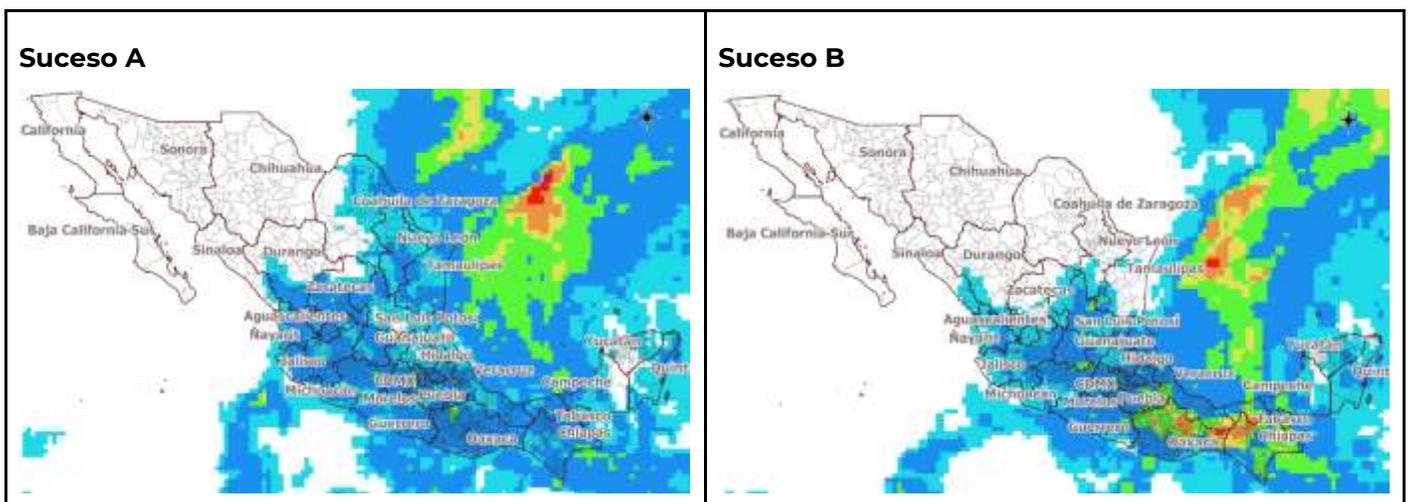
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el frente frío núm. 7 el cual recorrió el norte y noreste del territorio nacional y una zona de inestabilidad con potencial ciclónico, localizada sobre el sur del Golfo de México. La masa de aire fría que impulsó al frente frío, originó descenso de temperaturas y rachas de viento, superiores a 60 km/h con posibles tolvánicas en zonas del norte y

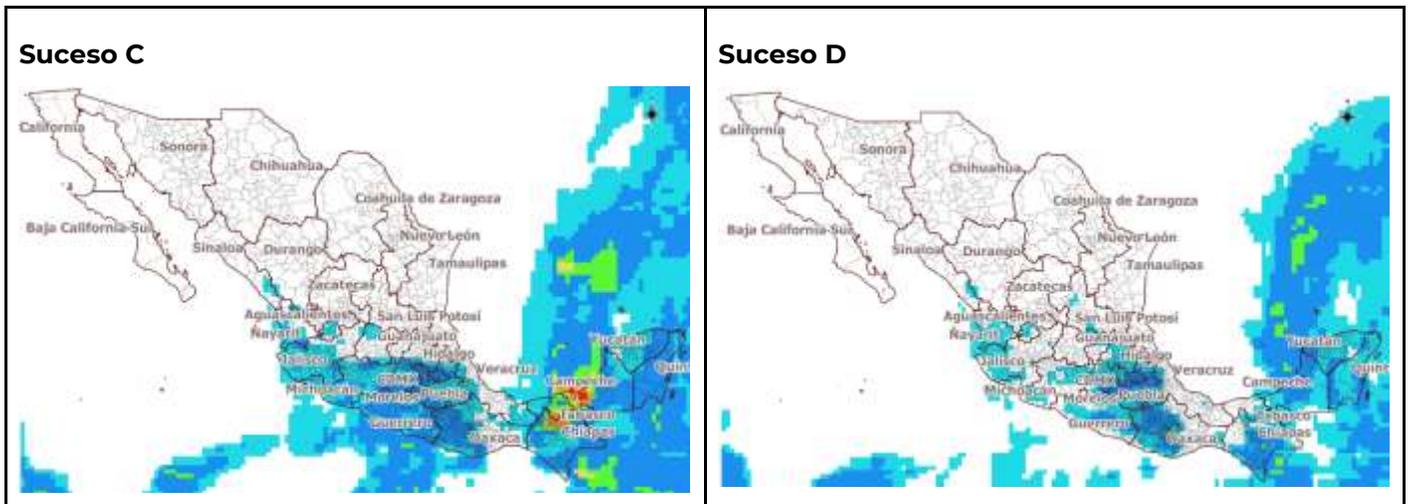
noreste del país, por su parte, la onda tropical núm. 46 recorría el sur del país y el sistema frontal núm. 6 se localizó con características de estacionario sobre el oriente del Golfo de México.



**Figura 115 Sistemas meteorológicos para el 24 de octubre de 2019**

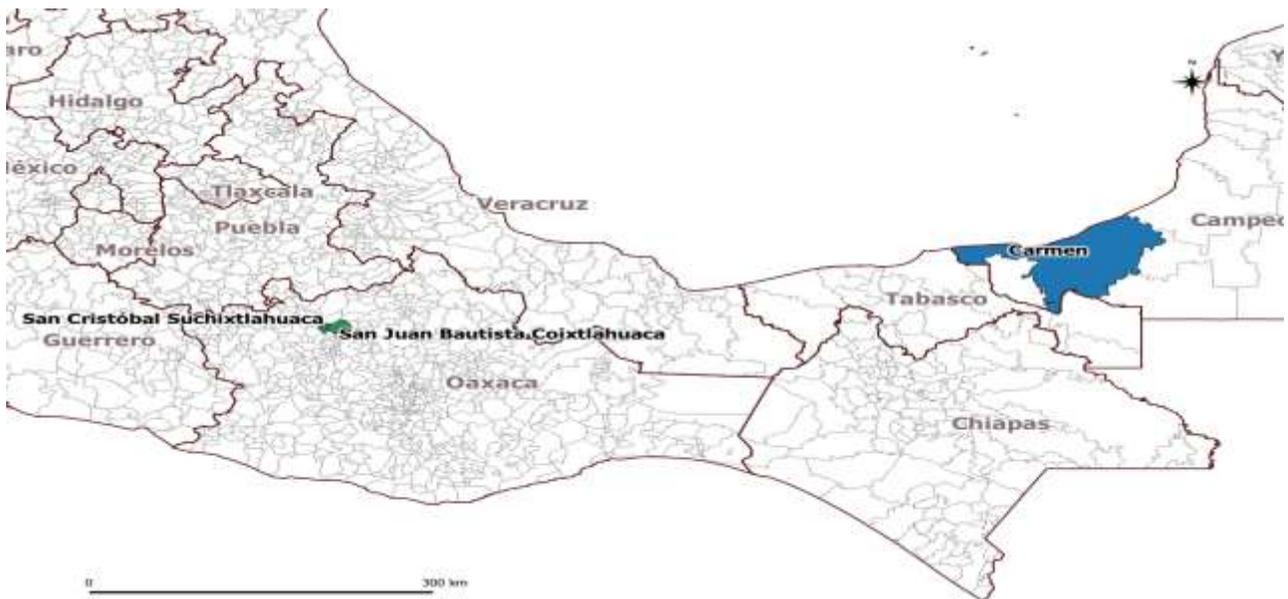
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 116 Pronóstico de lluvias del 24 al 28 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.

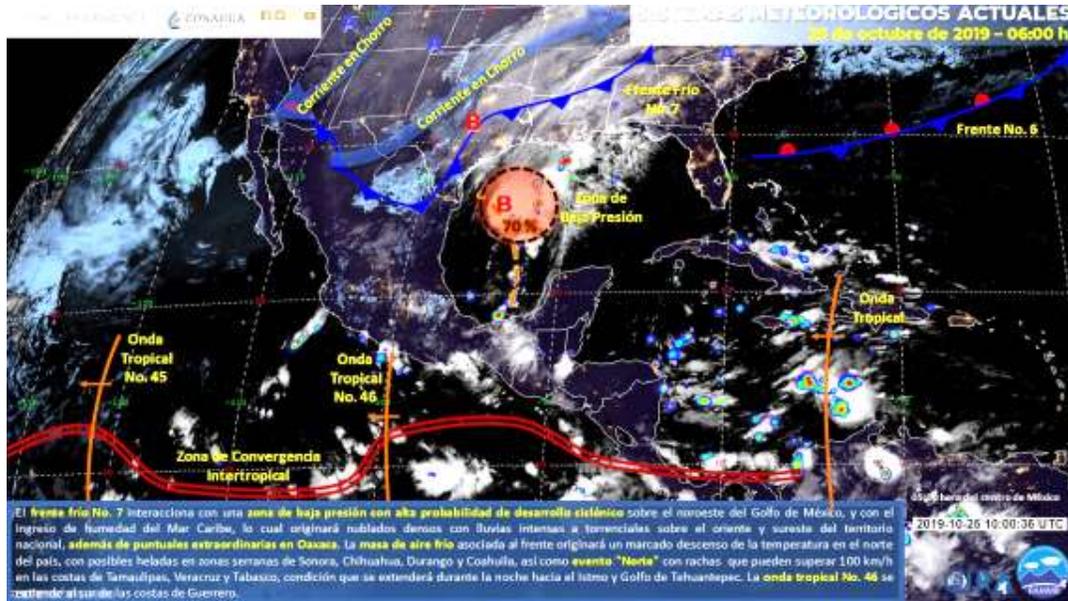


**Figura 117 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 24 al 28 de octubre**

**25 de octubre de 2019**

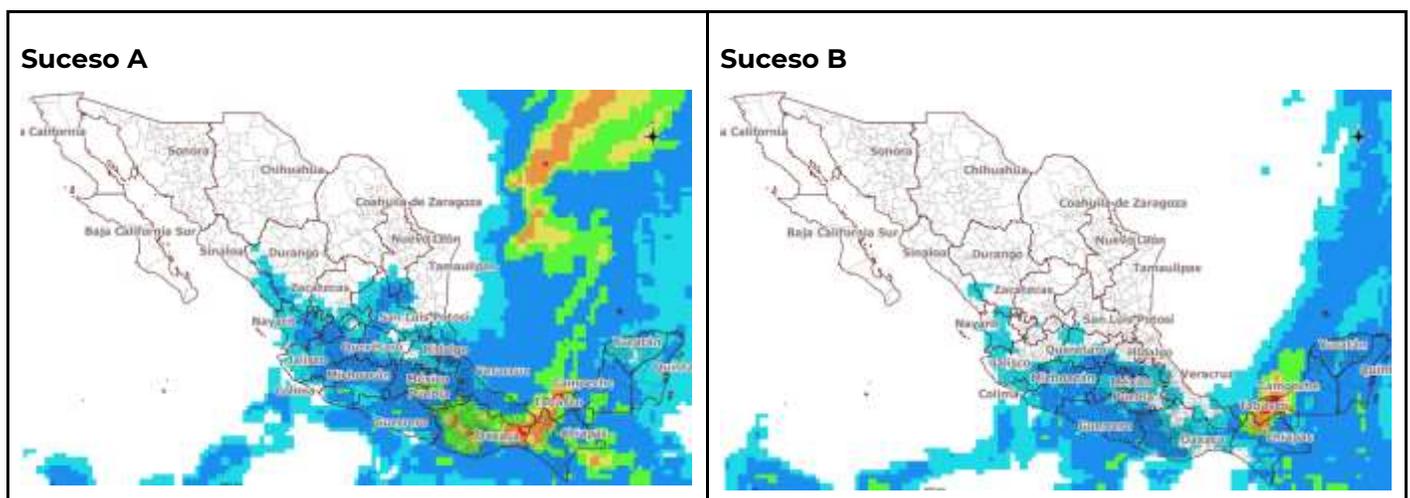
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el frente frío núm. 7 el cual interactuó con una zona de baja presión con alta probabilidad de desarrollo ciclónico sobre el noroeste del Golfo de México, y con el ingreso de humedad del Mar Caribe, lo cual originó nublados densos. La masa de

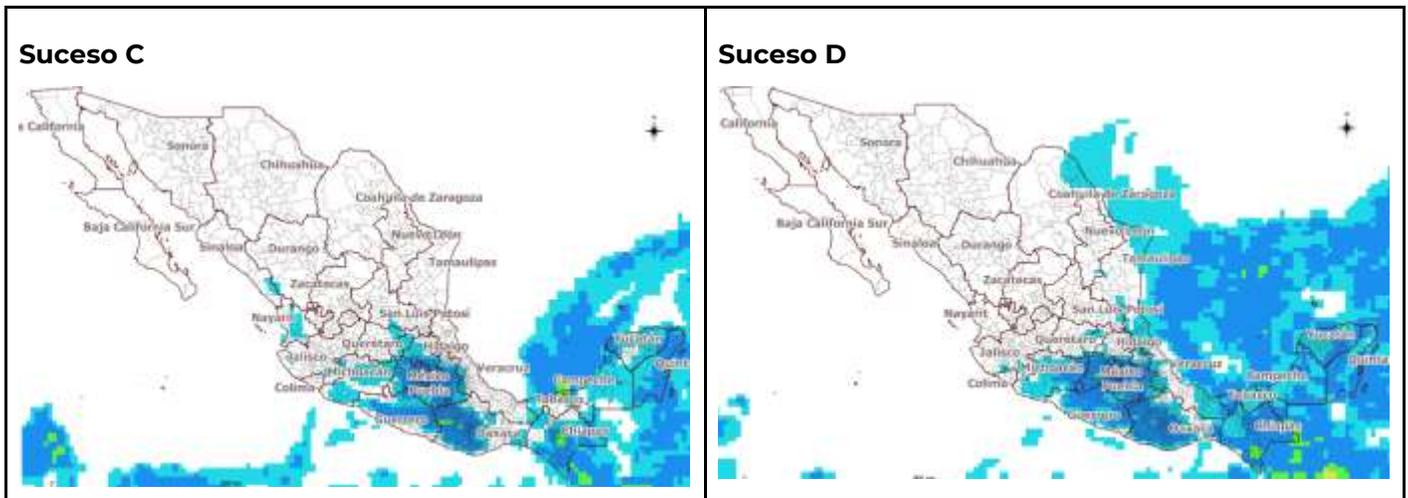
aire frío asociada al frente originó un marcado descenso de la temperatura en el norte del país, con posibles heladas en zonas serranas de Sonora, Chihuahua, Durango y Coahuila, así como evento "Norte" en las costas de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco, además de la onda tropical núm. 46 al suroeste de las costas de Michoacán.



**Figura 118 Sistemas meteorológicos para el 25 de octubre de 2019**

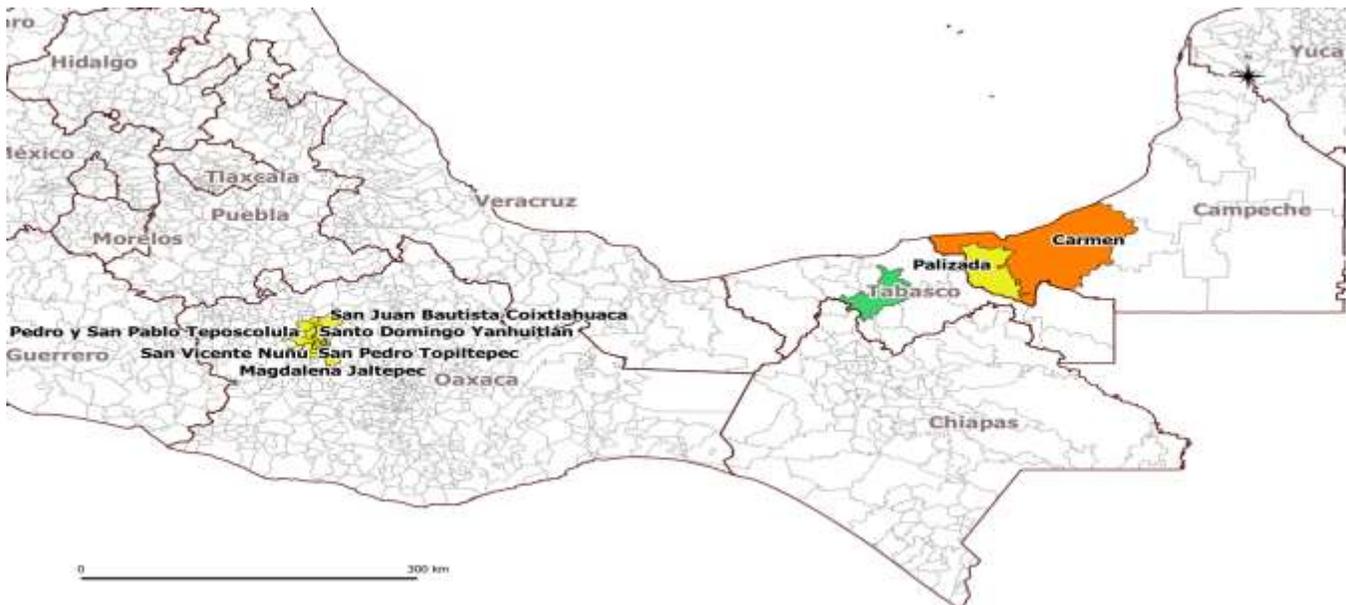
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 119 Pronóstico de lluvias del 25 al 29 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.

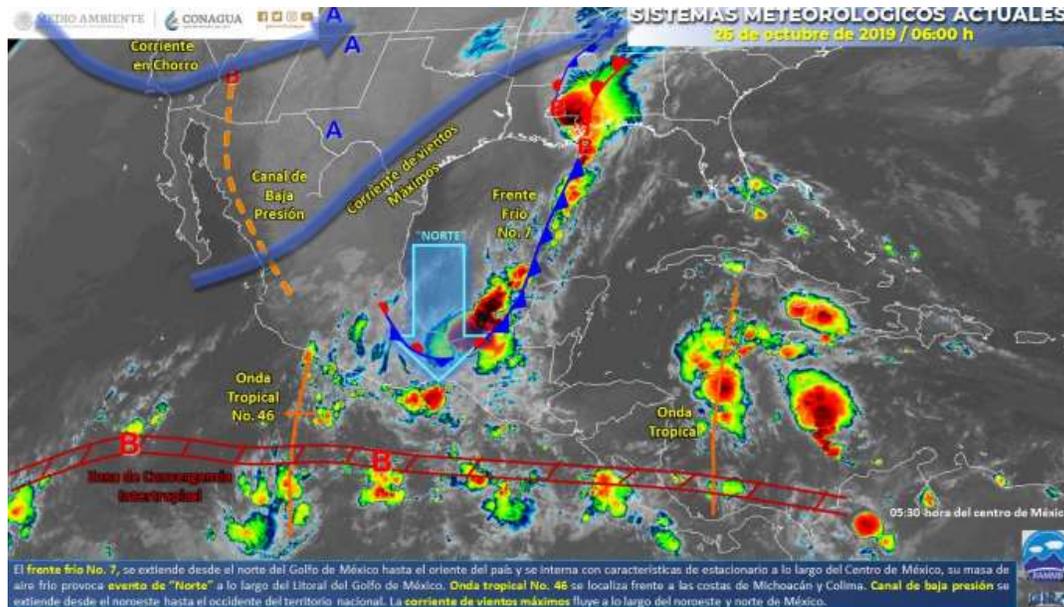


**Figura 120 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 25 al 29 de octubre**

**26 de octubre de 2019**

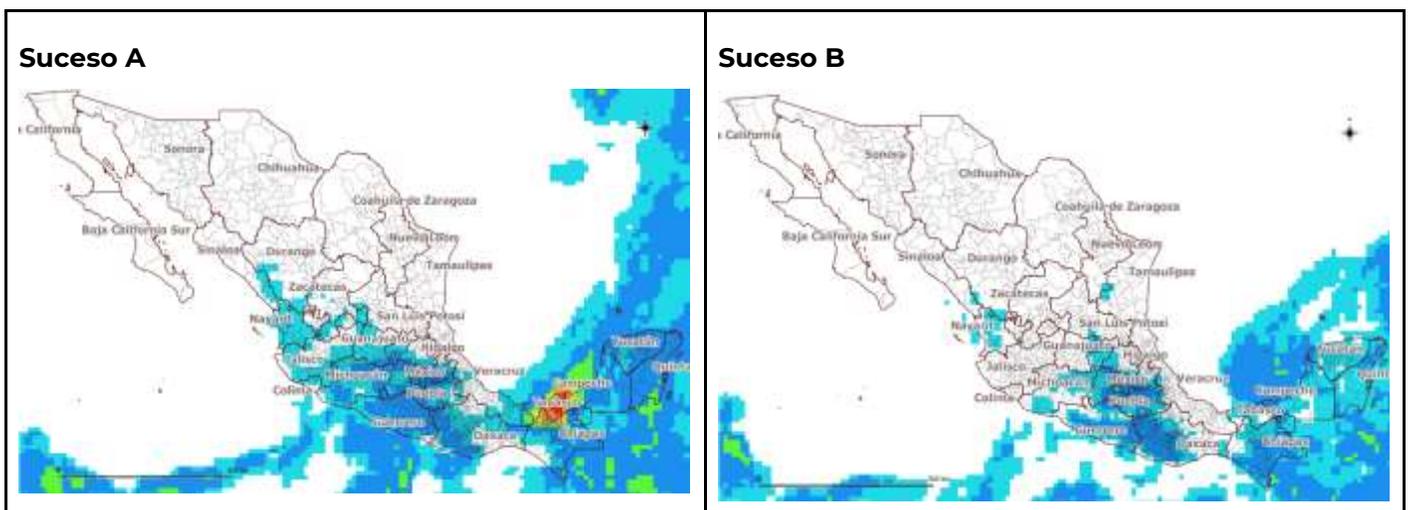
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: frente frío núm. 7, la masa de aire frío que lo impulsaba ocasionó un ambiente de fresco a templado durante el día sobre los estados del norte, noreste, oriente y centro del país, así como evento de "Norte" con rachas de viento superiores a 80 km/h y oleaje de 2 a 4 metros de altura en la costa sur de Veracruz, Tabasco y Golfo de Tehuantepec,

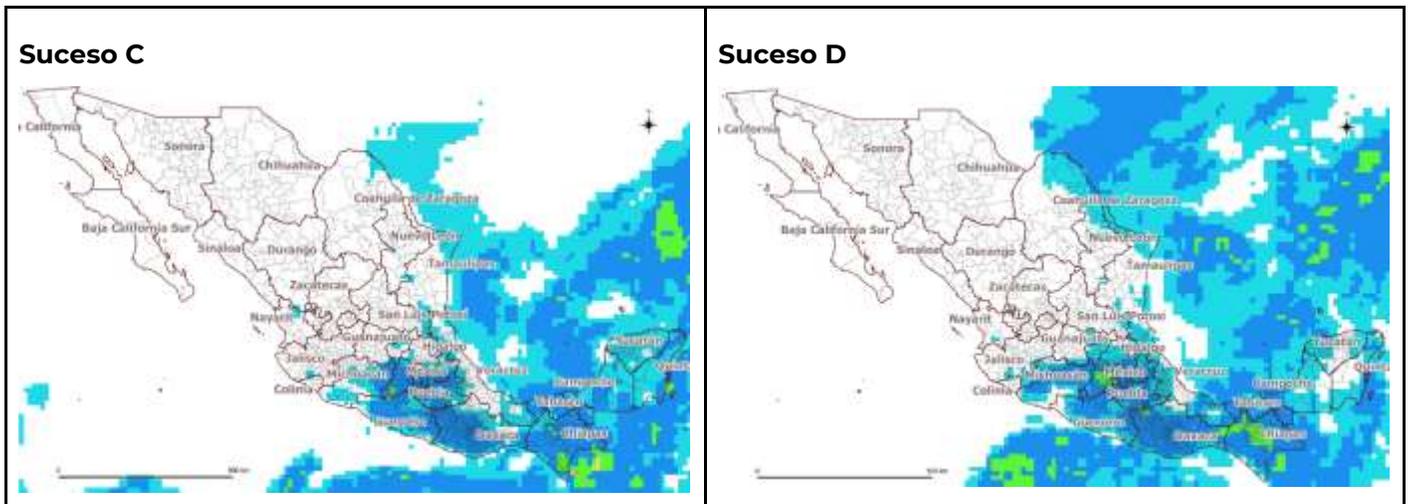
así como superiores a 50 km/h en costas de Tamaulipas, Veracruz (norte y centro) y Campeche y la onda tropical núm. 46.



**Figura 121 Sistemas meteorológicos para el 26 de octubre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 122 Pronóstico de lluvias del 26 al 30 de octubre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.

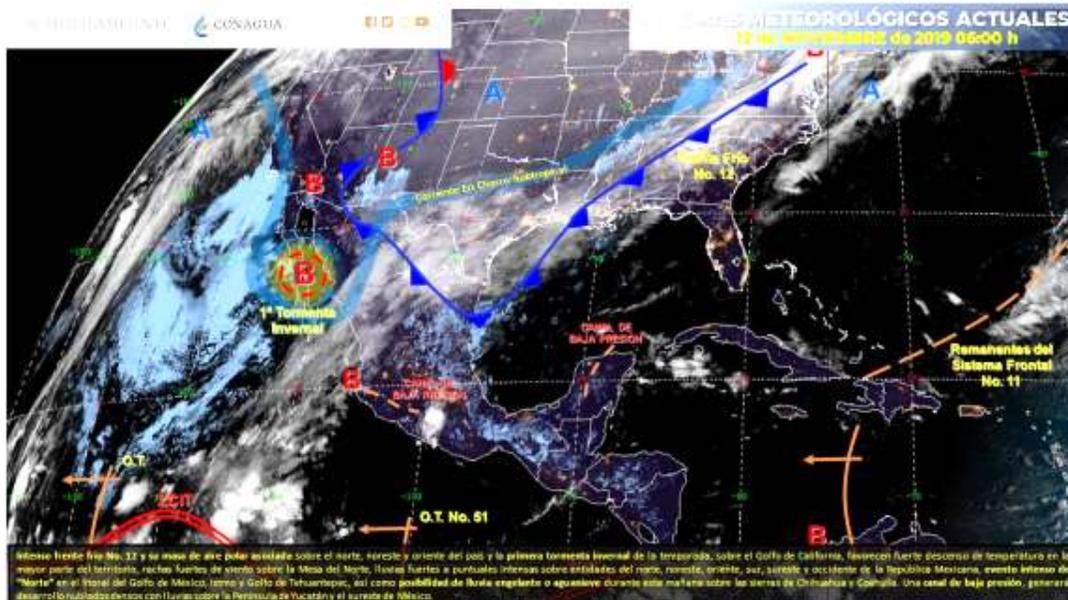


**Figura 123 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 26 al 30 de octubre**

**12 de noviembre de 2019**

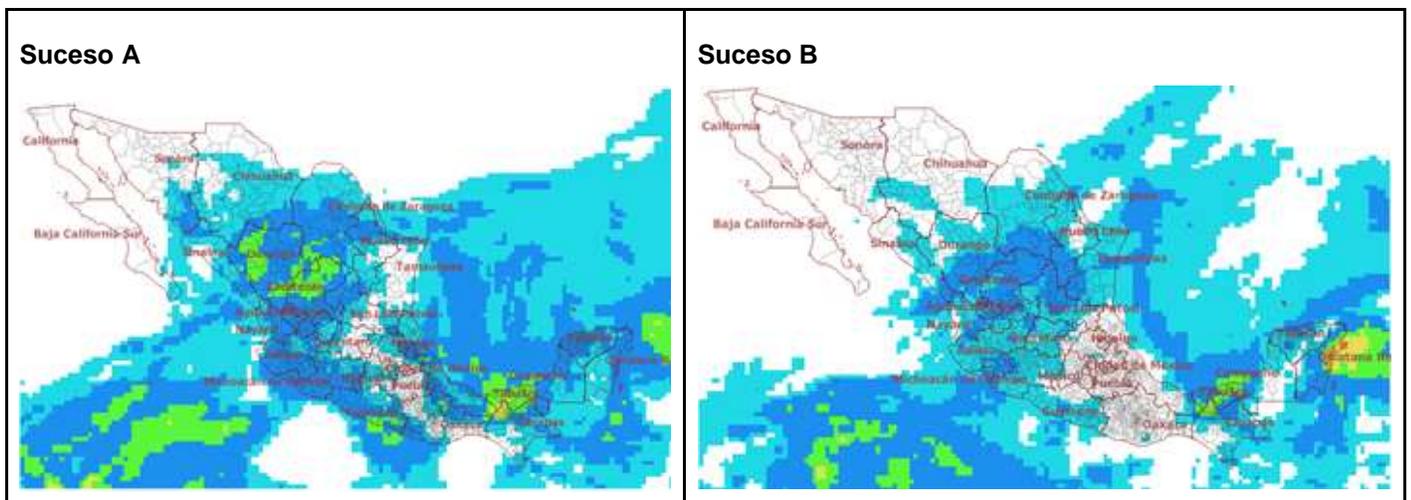
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el intenso frente frío núm. 12 y su masa de aire polar, mientras que la primera tormenta invernal de la temporada, se localizó sobre el Golfo de California. Dichos sistemas ocasionaron un fuerte descenso de temperatura en la mayor parte del territorio, rachas fuertes de viento sobre la Mesa del Norte, lluvias fuertes a puntuales intensas sobre entidades del norte, noreste, oriente, sur, sureste y occidente además de un evento intenso de “Norte”

en el litoral del Golfo de México, Istmo y Golfo de Tehuantepec, así como posibilidad de lluvia engelante o aguanieve durante la mañana sobre las sierras de Chihuahua y Coahuila. Por otro lado, un canal de baja presión, favoreció el desarrollo de nublados densos con lluvias sobre la península de Yucatán y el sureste de México.



**Figura 124 Sistemas meteorológicos para el 12 de noviembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.



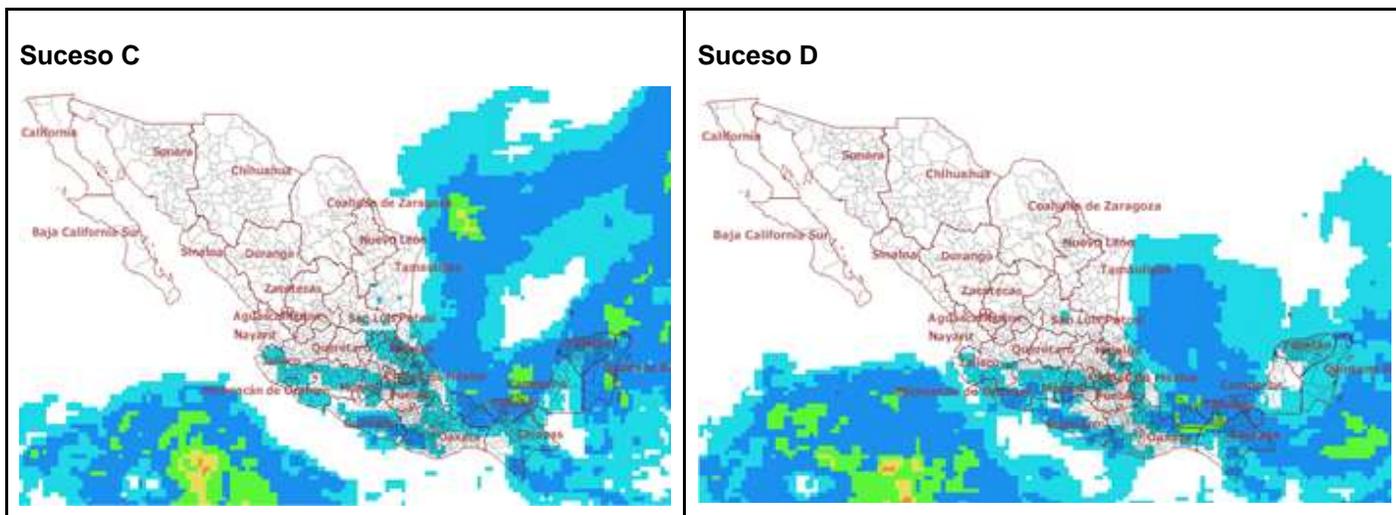


Figura 125 Pronóstico de lluvias del 12 al 16 de noviembre

El mapa de alertamiento es el siguiente.



Figura 126 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 12 al 16 de noviembre

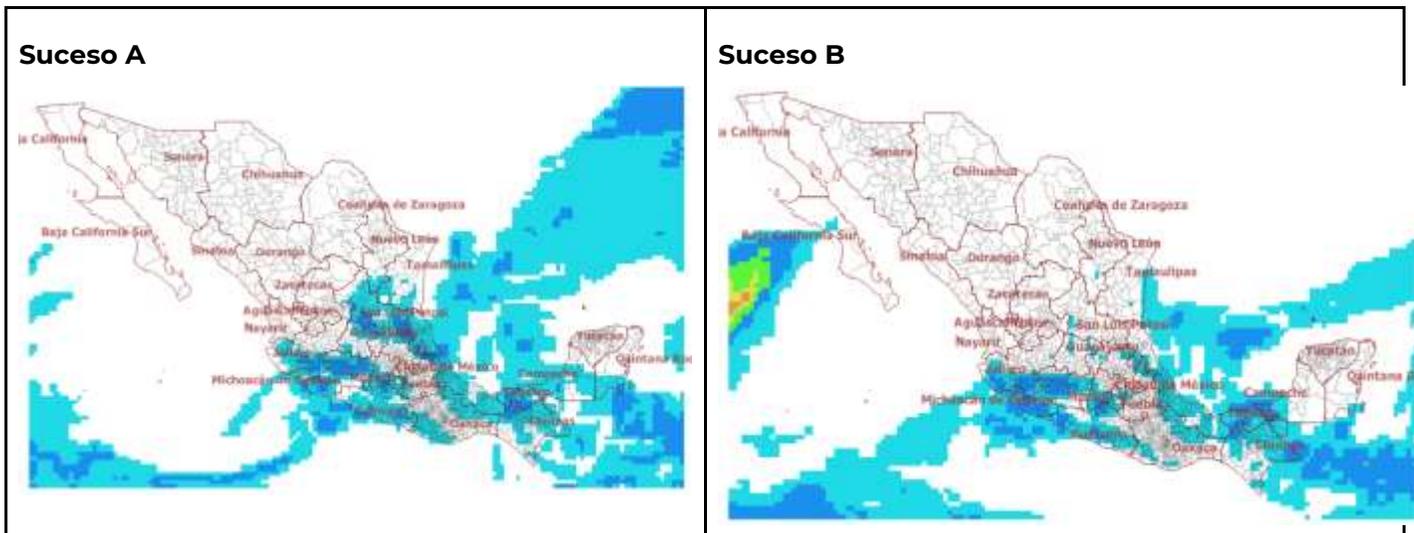
**23 de noviembre de 2019**

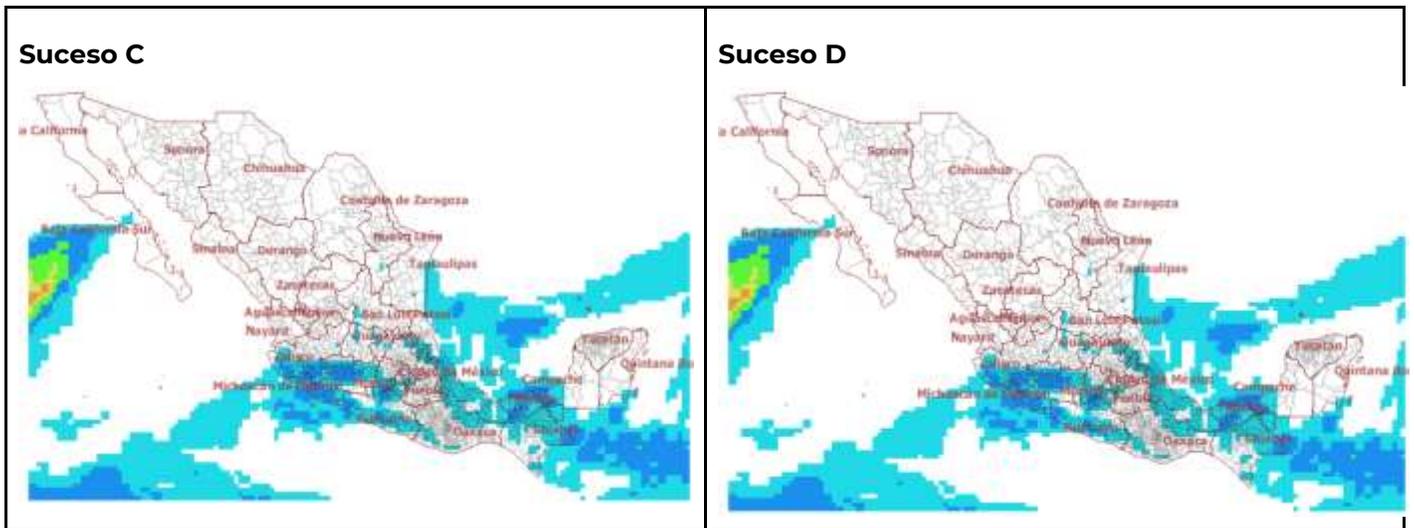
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el frente frío núm. 17 el cual se extendió desde el noreste del Golfo de México hasta las costas de Veracruz, la masa de aire frío que lo impulsó ocasionó un ligero descenso en la temperatura sobre los estados del norte y noreste del país, así como viento de componente norte con rachas superiores a 50 km/h a lo largo del litoral de Tamaulipas y Veracruz, además de la onda tropical núm. 54.



**Figura 127 Sistemas meteorológicos para el 23 de noviembre de 2019**

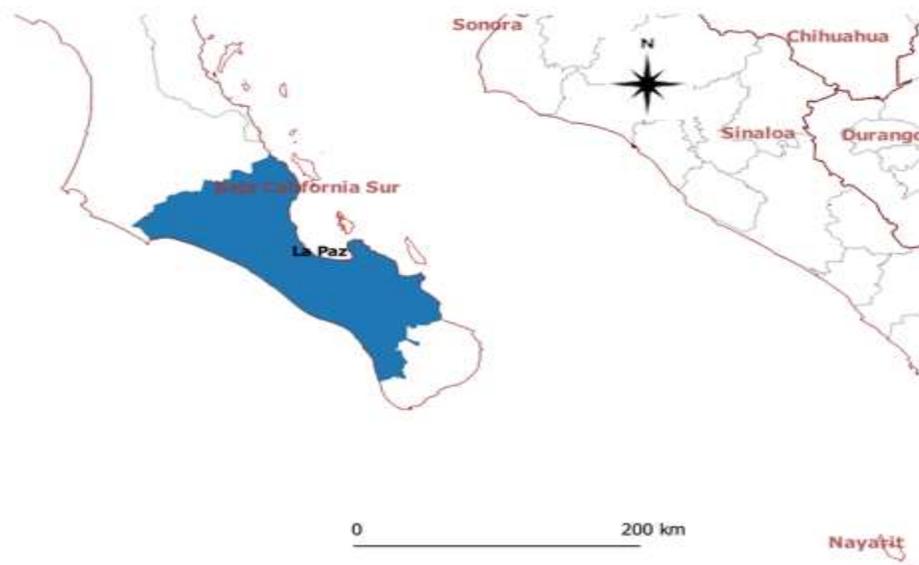
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 128** Pronóstico de lluvias del 23 al 27 de noviembre

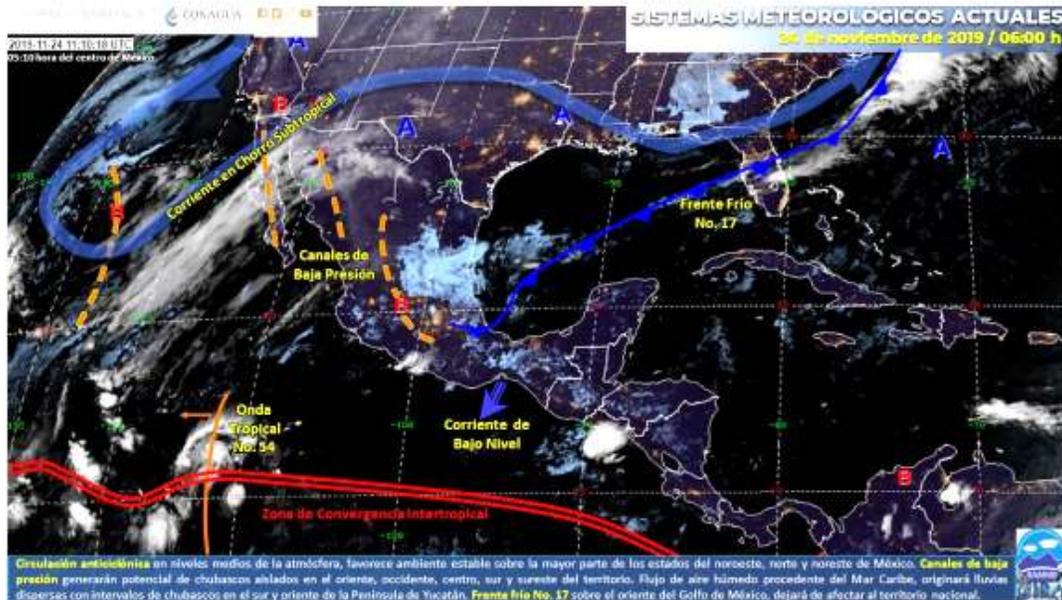
El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 129** Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 23 al 27 de octubre

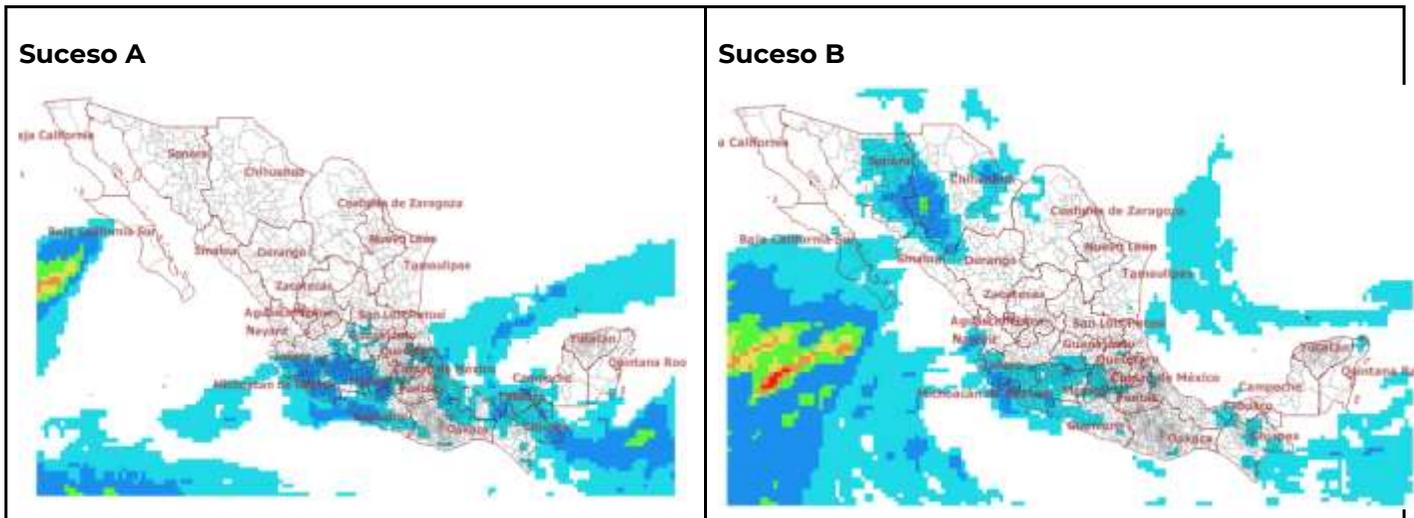
**24 de noviembre de 2019**

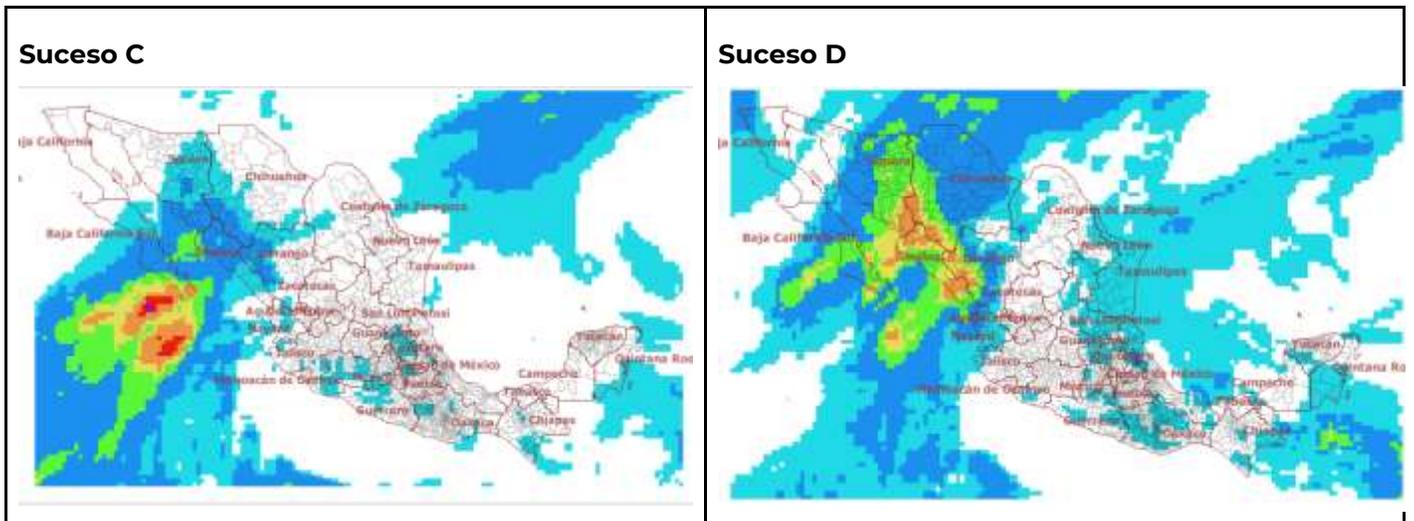
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: la circulación anticiclónica en niveles medios de la atmósfera, dos canales de baja presión sobre zonas del oriente, occidente, centro, sur y sureste del territorio y el flujo de aire húmedo procedente del Mar Caribe, además del frente frío núm. 17 sobre el oriente del Golfo de México.



**Figura 130 Sistemas meteorológicos para el 24 de noviembre de 2019**

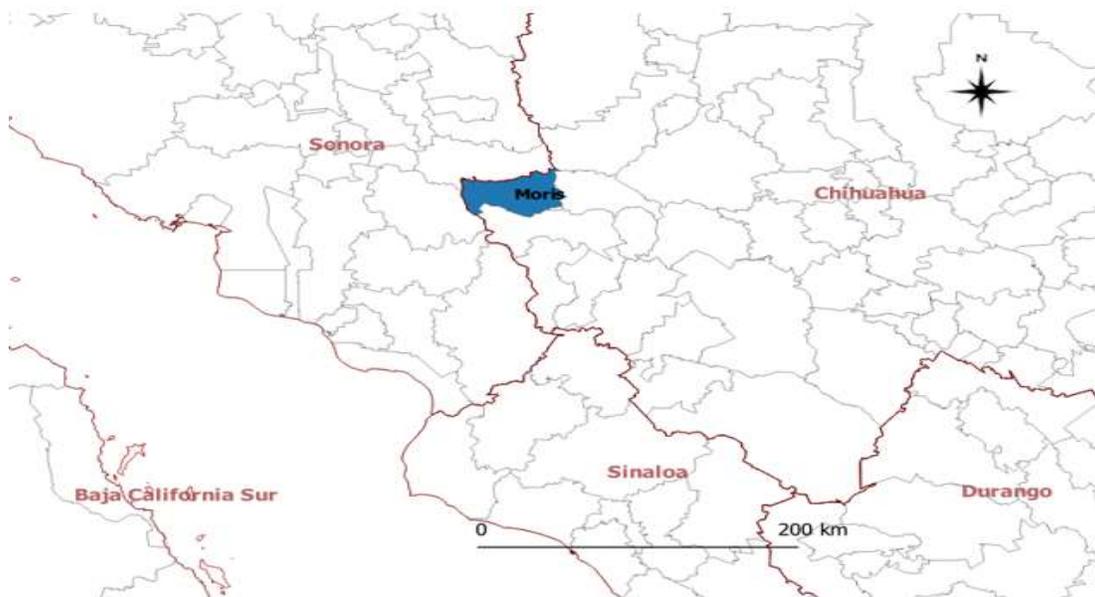
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS se muestra en la figura siguiente.





**Figura 131 Pronóstico de lluvias del 24 al 28 de noviembre**

El mapa de alertamiento es el siguiente.



**Figura 132 Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 24 al 28 de noviembre**

**25 de noviembre de 2019**

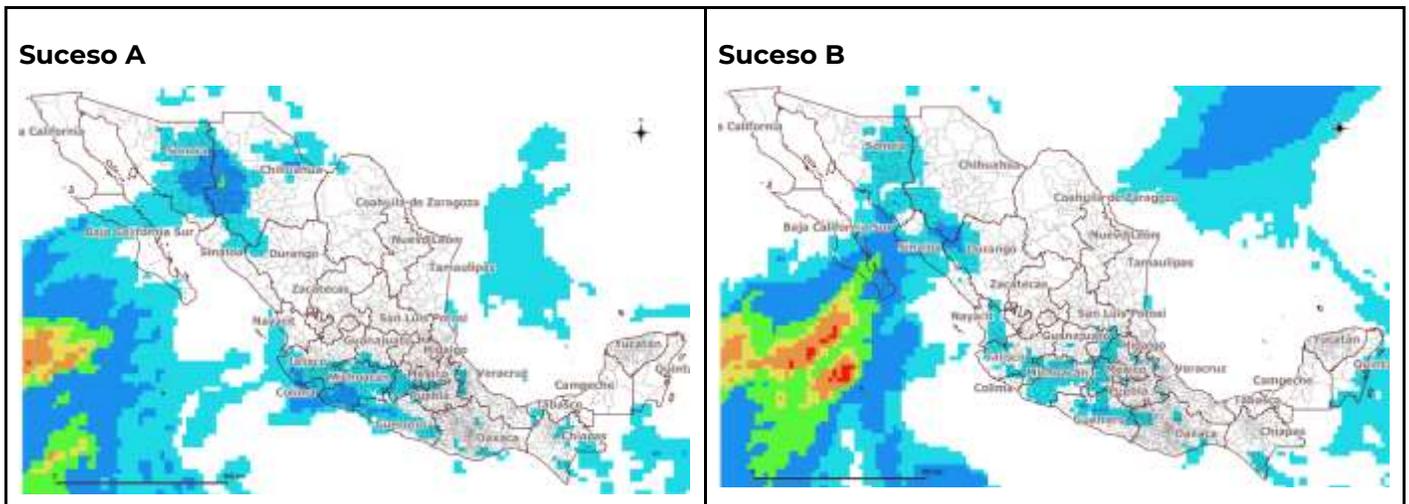
Para esta fecha, los fenómenos presentes en el país fueron: frente frío núm. 17 el cual se extendió al norte de la península de Yucatán, en etapa de disipación, sin efectos para el país y un nuevo frente frío se aproximó al noroeste de México, además de una circulación anticiclónica.

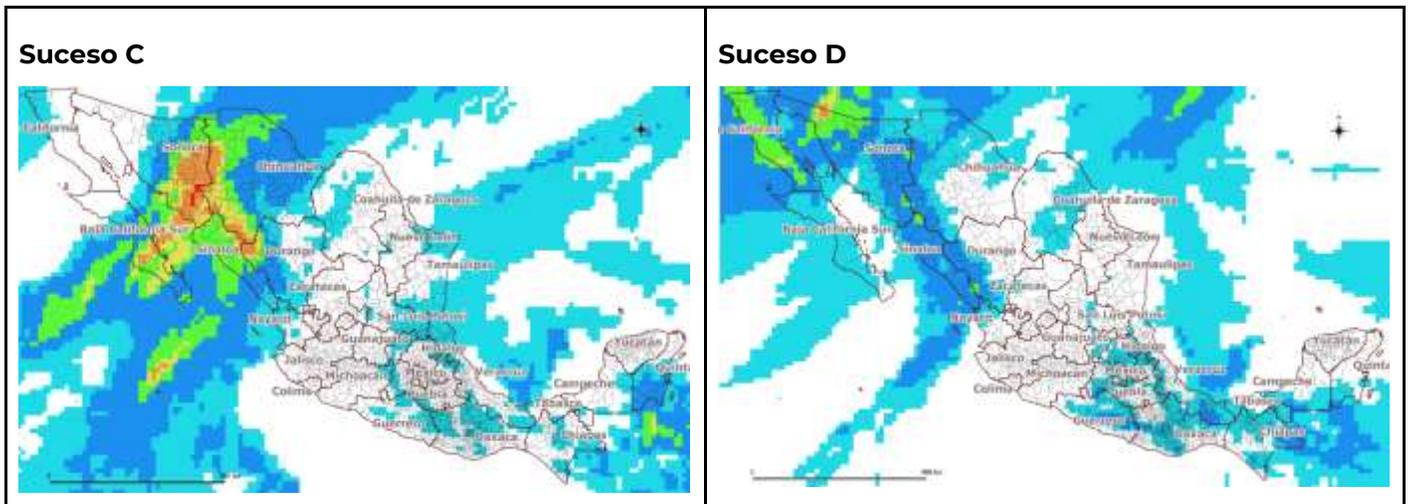


**Figura 133 Sistemas meteorológicos para el 25 de noviembre de 2019**

Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS de la página de aler

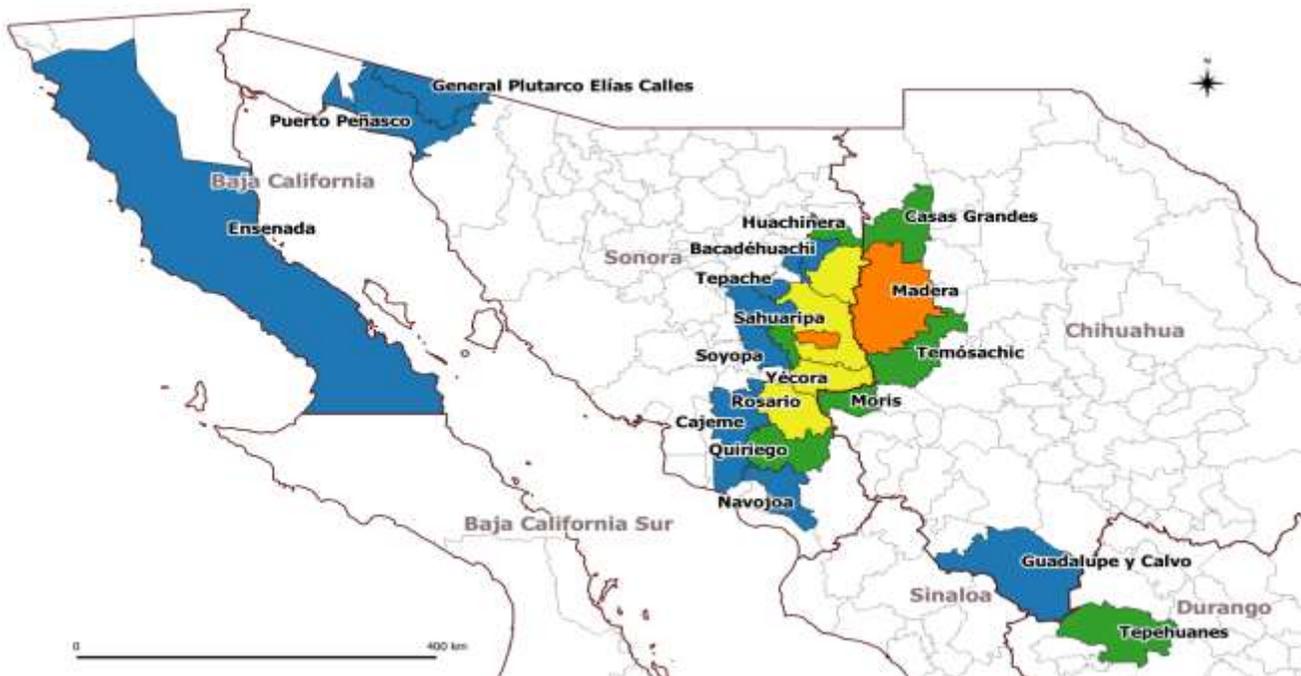
tas por lluvia, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 134** Pronóstico de lluvias del 25 al 29 de noviembre

El mapa generado, con las lluvias pronóstico y aplicando la metodología, es el siguiente.

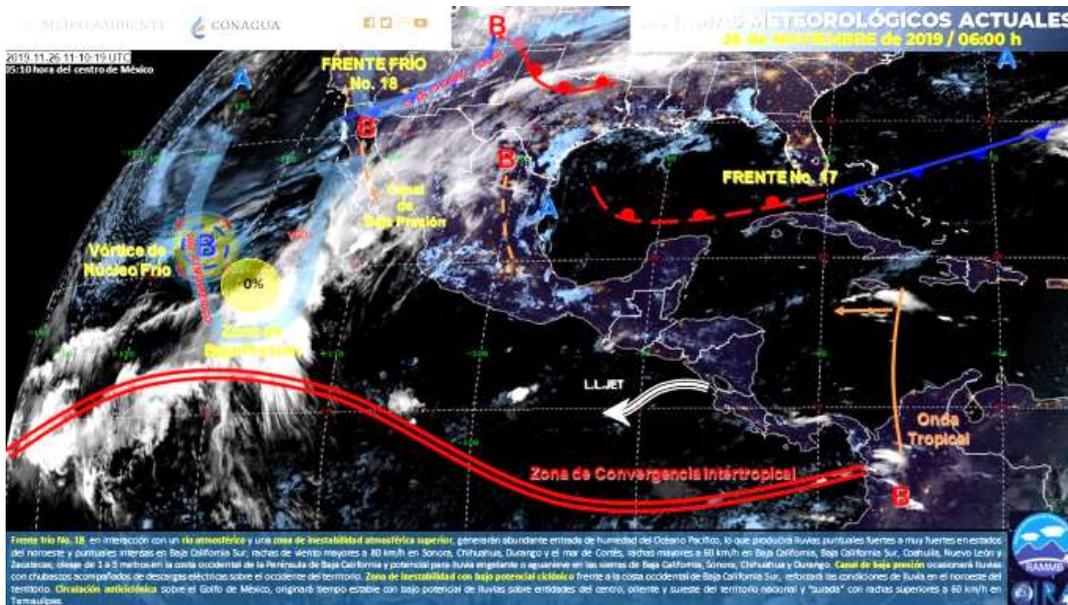


**Figura 135** Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 25 al 29 de noviembre

**26 de noviembre de 2019**

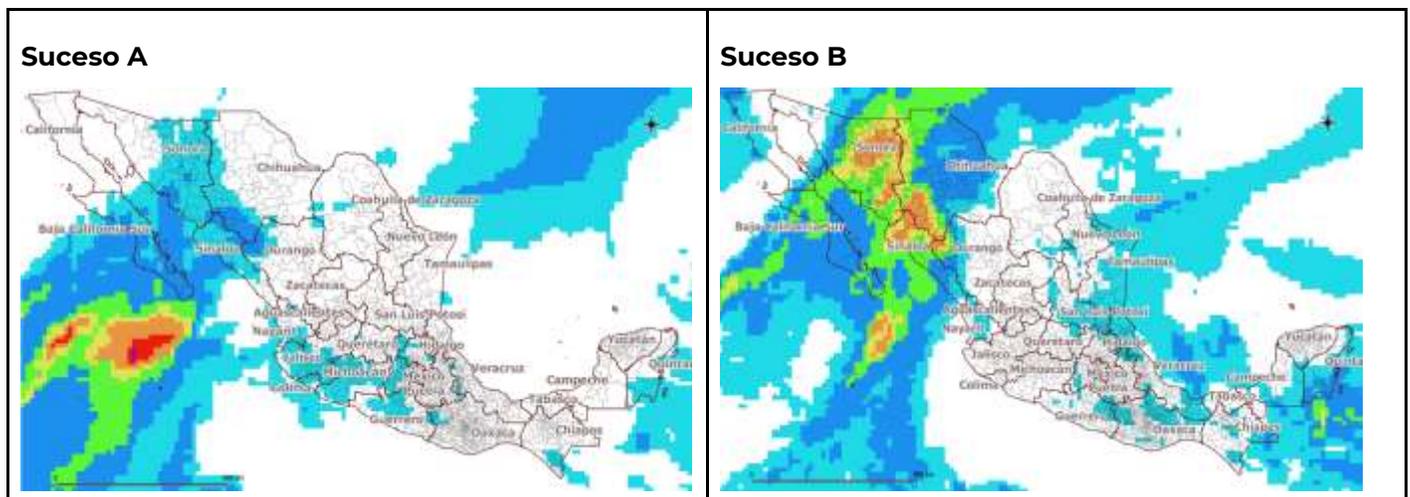
Para esta fecha, los fenómenos que afectaron al país fueron: el frente frío núm. 18 en el noroeste y norte del país, un río atmosférico y una zona de inestabilidad atmosférica superior, que generó vientos fuertes con rachas superiores a 80 km/h en Sonora, Chihuahua, Durango y el mar de Cortés; además

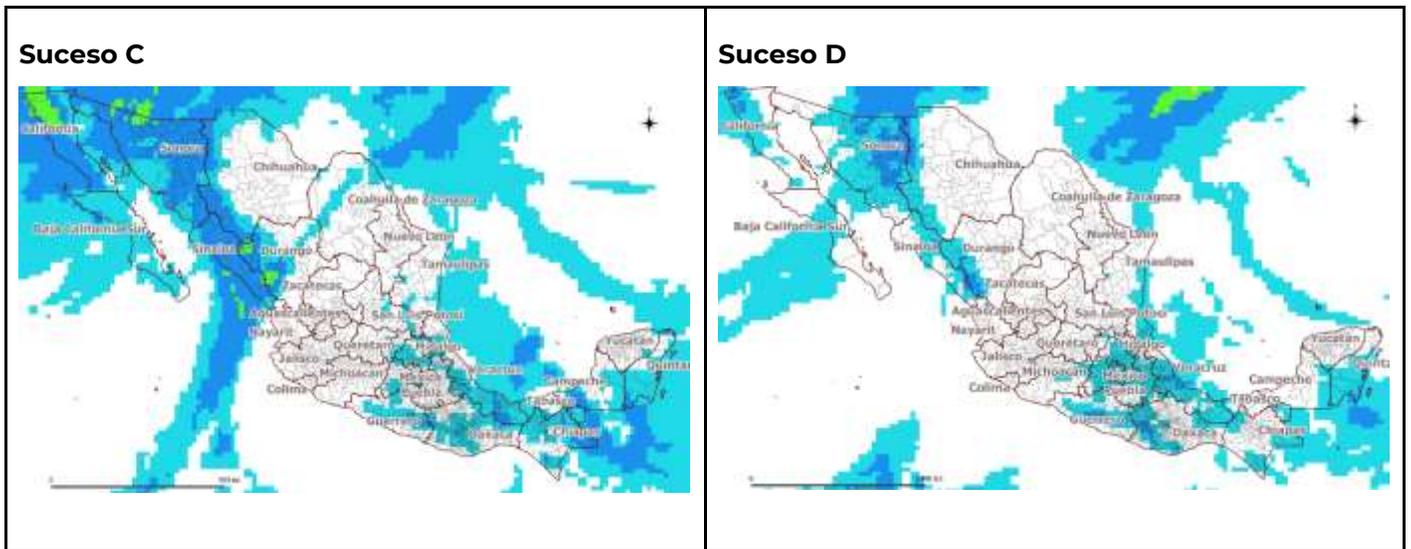
de rachas mayores a 60 km/h en Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Nuevo León y Zacatecas, oleaje de 1 a 3 metros en la costa occidental de la Península de Baja California y potencial para lluvia engelante o aguanieve en las sierras de Baja California, Sonora, Chihuahua y Durango, , una zona de inestabilidad con bajo potencial para desarrollo ciclónico se localizó frente a la costa occidental de Baja California Sur, finalmente, una circulación anticiclónica sobre el Golfo de México, originó condiciones estables con bajo potencial de lluvias sobre entidades del centro, oriente y sureste del territorio nacional, además de viento de componente sur con rachas superiores a 60 km/h en Tamaulipas.



**Figura 136 Sistemas meteorológicos para el 26 de noviembre de 2019**

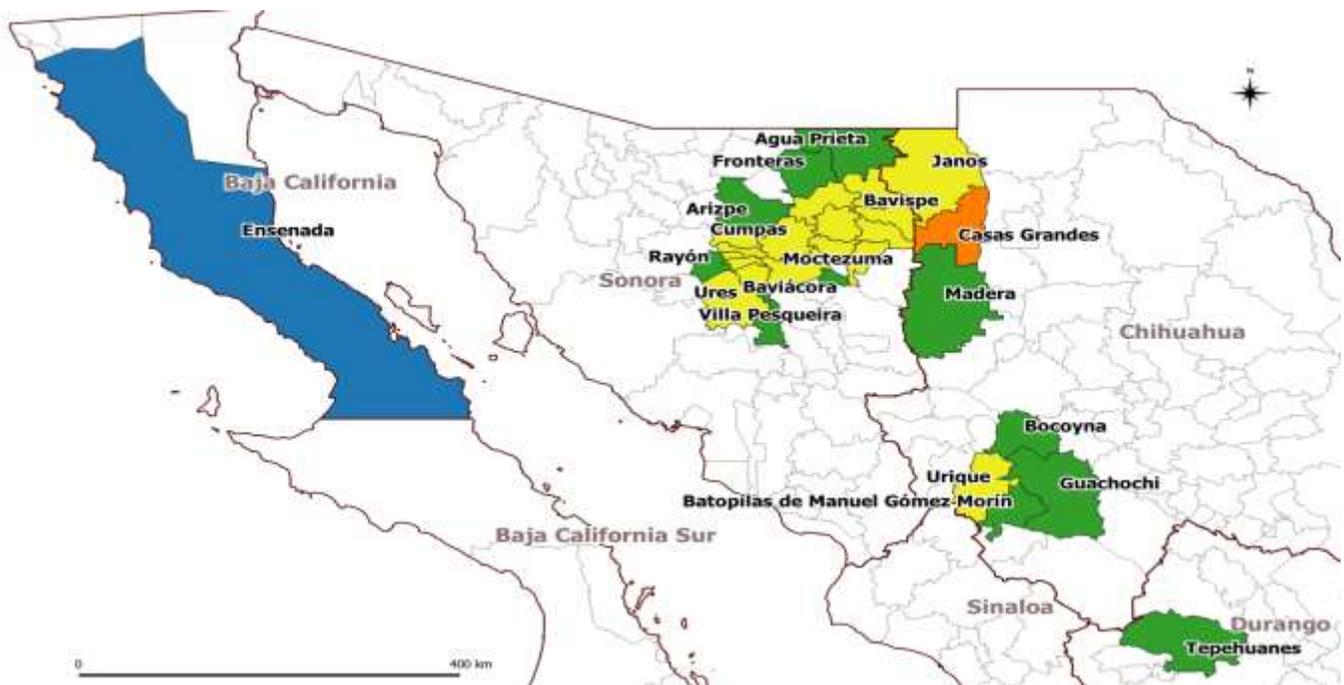
Debido a los fenómenos existentes, el pronóstico de lluvia para el país, de acuerdo al modelo GFS, se muestra en la figura siguiente.





**Figura 137** Pronóstico de lluvias del 26 al 30 de noviembre

El mapa generado es el siguiente.



**Figura 138** Alertas por periodo de retorno con duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas, del 26 al 30 de noviembre

## Análisis de resultados

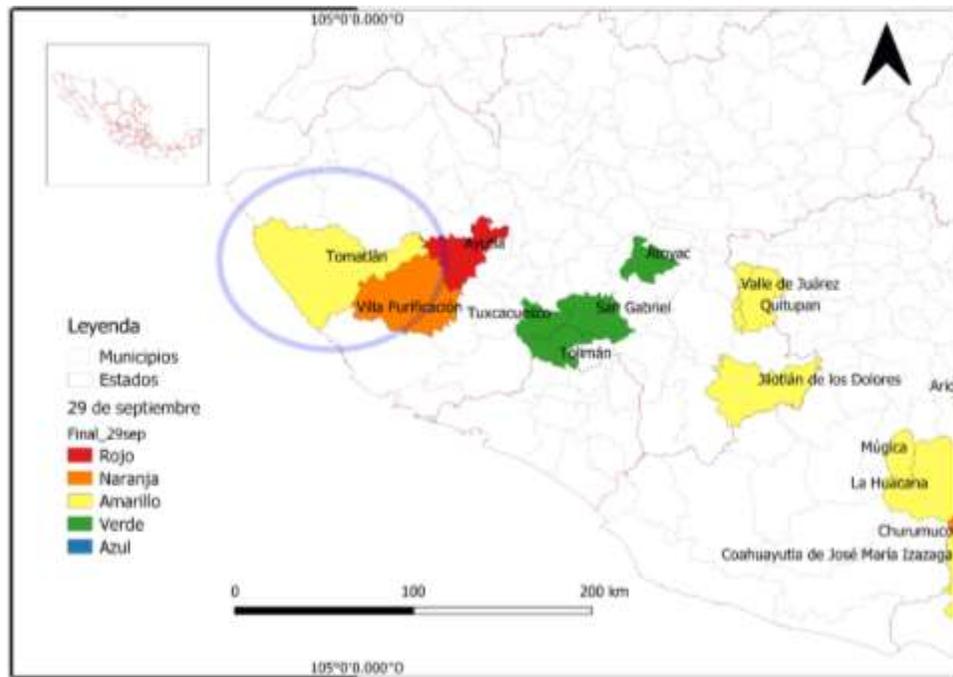
Se elaboró una base de datos sobre los eventos analizados, para comparar las alertas activadas, con la información de los casos relevantes enviados por el Centro Nacional de Comunicación y Operación (CENACOM). Si dichas eventos informaban de municipios afectados por lluvias, se comparaban con las alertas que se habían activado para ver si coincidían. La base de datos tiene dos columnas: casos exitosos y casos fallidos, además de fecha, entidad, municipios, un resumen, dirección (fuente) y, en dado caso de que fuera exitosa la comparación, el color de la alerta. Además, se llevó un control de las alertas con respecto a los casos relevantes del CENACOM por las lluvias en diferentes municipios.

En total se analizaron 113 reportes y, en general, se tuvo más casos fallidos, 111 contra dos exitosos; sin embargo, en algunos casos los municipios afectados estaban cerca de los municipios que se activaban en el mapa final.

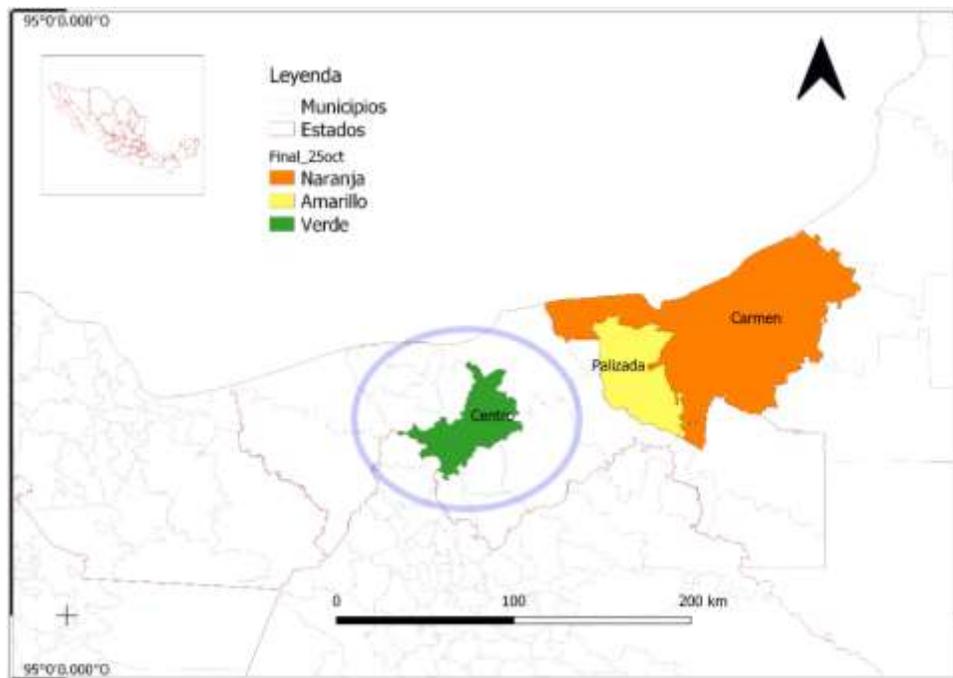
Los dos casos exitosos fueron: Tomatlán, Jalisco (Figura 140) y Centro, Tabasco (Figura 141).

| CASOS EXITOSOS |         |           |                                   |                         |          | CASOS FALLIDOS |            |                   |                     |                         |  |
|----------------|---------|-----------|-----------------------------------|-------------------------|----------|----------------|------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--|
| Fecha          | Entidad | Municipio | Resumen                           | Liga                    | Alerta   | Fecha          | Entidad    | Municipio         | Resumen             | Liga                    |  |
| 29/09/2019     | Jalisco | Tomatlán  | Resumen del Río San Nicolás, alta | <a href="#">CENACOM</a> | Amarillo | 23/09/2019     | Sonora     | Nogales           | nivel de barranca   | <a href="#">CENACOM</a> |  |
| 25/10/2019     | Tabasco | Centro    | El tramo carretero del centro c   | <a href="#">CENACOM</a> | Verde    | 23/09/2019     | Sonora     | Tuoutama          | la agua a 2' vivier | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 23/09/2019     | Sonora     | Nogales           | ades por encharr    | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Chihuahua  | Cuauhtémoc        | fujo temporal en    | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Chihuahua  | Namiquipa         | tero, no se report  | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Puebla     | Cuatlancingo      | fuista, calle Zana  | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Puebla     | San Pedro Cholula | Se asina c          | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Sonora     | Hermosillo        | lancia, Jesús Gan   | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Sonora     | Santa Ana         | intensa sin novie   | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Sonora     | Benjamin Hill     | s se presentó fur   | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Sonora     | Oposote           | Se clases por el d  | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Hidalgo    | Zempoala          | iración de agua     | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 24/09/2019     | Durango    | Canatlán          | das afectadas por   | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 25/09/2019     | Sonora     | Nogales           | hulizco cerrado     | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 25/09/2019     | Puebla     | Cuatlancingo      | del municipio, per  | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 26/09/2019     | Chiapas    | Villa Comaltitán  | lo San Bartolo: 5i  | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 29/09/2019     | Jalisco    | Chuatlán          | icipo de Chuatlá    | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 29/09/2019     | Tamaulipas | Ocampo            | in las colonias la  | <a href="#">CENACOM</a> |  |
|                |         |           |                                   |                         |          | 29/09/2019     | Colima     | Minatitlán        | Se registró un sc   | <a href="#">CENACOM</a> |  |

**Figura 139 Base de datos con los casos exitosos y fallidos en relación con el mapa final y los casos relevantes del CENACOM**



**Figura 140 Mapa de Alerta de Lluvias donde el municipio de Tomatlán coincidió con los casos relevantes del CENACOM**



**Figura 141 Mapa de Alerta de Lluvias donde el municipio de Centro, Tabasco coincidió con los casos relevantes del CENACOM**

En ambos casos, aunque con fechas diferentes, el CENACOM registró estos dos municipios con afectaciones; sin embargo, se puede observar que se activaron varias alertas en el mapa final.

## 5 CONCLUSIONES

1. El proyecto permite que, a partir de los modelos de pronóstico de lluvias, se pueda estimar la precipitación máxima a nivel municipal, con el fin de calcular sus periodos de retorno y saber si son eventos peligrosos.
2. De forma manual, el proceso de la elaboración de los mapas de alertamiento toma aproximadamente 20 minutos; sin embargo, es mucho más sencillo analizar los alertamientos si se automatizara el procedimiento e, incluso añadir otra corrida y hacer dos veces al día el alertamiento, o bien analizar otros modelos para hacer comparaciones y disminuir la incertidumbre.
3. Este alertamiento basado en lluvias, sirve como insumo para hacer un análisis posterior para los fenómenos de inestabilidad de laderas e inundaciones, por lo que es importante seguir trabajando en él.
4. El planteamiento de estos mapas se inició a finales del mes de agosto, hasta terminar el año, lamentablemente no todos los casos han sido de éxito como es deseable, sin embargo es importante seguir probando la herramienta para una mayor calibración.
5. La interpretación de los mapas de alertamiento no es trivial; se tiene el objetivo de que alerten a los municipios de una manera rápida y que sirvan de guía a sus autoridades sobre las medidas que pueden tomarse ante un posible tamaño de deslizamiento.
6. Por supuesto que puede haber otras alternativas de mapa de alertamiento, o que probablemente se deba elaborar más de uno; no obstante, de todos modos habrá que hacer una interpretación de los mismos.
7. Es útil contar con otros modelos meteorológicos que permitan hacer la comparación entre ellos con los diferentes resultados obtenidos, y así poder inclinarse por alguno, y no necesariamente el modelo GFS que es el que se está trabajando. Por ejemplo, sería interesante analizar el modelo *Europeo*, que es de los más precisos en el mundo.
8. Es importante insistir a las instancias correspondientes la mejora en los modelos de pronóstico de lluvias, para que a su vez nos permitan dar mejores resultados en nuestro alertamiento, ya que son el insumo principal de cualquier proceso de este tipo.
9. Los mapas generados son una guía para la identificación de municipios que podrían verse afectados debido a las lluvias esperadas, ya que si éstas rebasan periodos de retorno para los cuales la infraestructura de drenaje fue diseñada ocurrirá su rebasamiento y podrá haber inundaciones.
10. Se resalta que la metodología analiza la lluvia antecedente, no solo la de pronóstico, lo cual es muy importante cuando hablamos de deslizamiento de laderas, ya que esta influye en los posibles deslizamientos.
11. Un siguiente paso, ya que esté calibrada la metodología, es que estos mapas se acompañen de acciones a realizarse en cada uno de los colores de alertamiento, dirigidas a autoridades y a la población, de manera que se eviten futuros desastres.
12. Con esta metodología es posible darle seguimiento a los fenómenos que estén presentes en el país, ya que las alertas van avanzando conforme el fenómeno se esté moviendo. Dos ejemplos muy claros son el del ciclón tropical *Lorena*, del 18 al 21 de septiembre, conforme fue avanzando por la costa del Pacífico se observaron las lluvias y alertas que se van encendiendo;

el segundo ejemplo lo tenemos con la baja presión del 26 de septiembre, la cual evoluciona al ciclón tropical *Narda*.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Eslava Morales, Héctor, Jiménez Espinosa, Martín y Monroy Cruz, Viridiana. 2017.** *Escenarios de alertamiento por inestabilidad de laderas*. CdMx : CENAPRED, 2017.

**SMN. 2019.** Sistema de Alerta Temprana para Lluvias. *Sistema de Alerta Temprana para Lluvias*. [En línea] SMN, 2019. <http://10.2.234.44/AlertasLluvia/login.php#prettyPhoto>.