

**SECRETARÍA DE SALUD**  
**SUBSECRETARÍA DE PREVENCIÓN Y PROMOCIÓN DE LA SALUD**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE EPIDEMIOLOGÍA**  
**DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE EPIDEMIOLOGÍA**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA EPIDEMIOLÓGICA**  
**UNIDAD DE INTELIGENCIA EPIDEMIOLÓGICA Y SANITARIA**

# **PERFIL NACIONAL DE RIESGOS**

## **2017**

**Dr. Javier Montiel Perdomo**  
Director de Investigación Operativa Epidemiológica

**Dra. Ana Lucia De La Garza Barroso**  
**Dr. Alessio David Scorza Gaxiola**  
Médicos Adscritos a la Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria.

Diciembre/2017

## **Dirección General de Epidemiología**

**Dr. Cuitláhuac Ruiz Matus**  
Director General de Epidemiología

**Dra. María Eugenia Jiménez Corona**  
Directora General Adjunta de Epidemiología

**Dr. José Alberto Díaz Quiñonez**  
Director General Adjunto del InDRE

## **Dirección General Adjunta de Epidemiología**

**Dr. Arturo Revuelta Herrera**  
Director de Información Epidemiológica

**Biól. José Cruz Rodríguez Martínez**  
Director de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmisibles

**Dra. María del Rocío Sánchez Díaz**  
Directora de Vigilancia Epidemiológica de  
Enfermedades no Transmisibles

**Dr. Javier Montiel Perdomo**  
Director de Investigación Operativa Epidemiológica

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>RIESGO SISMOLÓGICO</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>9</b>
<b>HISTORIA DE LOS SISMOS EN MÉXICO</b> .....	<b>9</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LOS SISMOS</b> .....	<b>11</b>
<b>PANORAMA NACIONAL ACTIVIDAD SÍSMICA; MÉXICO 2016</b> .....	<b>12</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD EN UN SISMO</b> .....	<b>16</b>
<b>FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MORBILIDAD Y LA MORTALIDAD POR TERREMOTOS.</b> .....	<b>17</b>
<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL.</b> .....	<b>18</b>
<b>MODELO PROBABILISTA DEL RIESGO</b> .....	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b> .....	<b>20</b>
<b>RIESGO VOLCÁNICO</b> .....	<b>21</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>ANTECEDENTES DE EVENTOS ERUPTIVOS EN MÉXICO.</b> .....	<b>22</b>
<b>PANORAMA ACTUAL</b> .....	<b>23</b>
<b>PRINCIPALES VOLCANES EN MÉXICO</b> .....	<b>24</b>
<b>VOLCÁN POPOCATÉPETL</b> .....	<b>26</b>
<b>VOLCÁN DE COLIMA</b> .....	<b>30</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD</b> .....	<b>31</b>
<b>IRRITANTES</b> .....	<b>31</b>
<b>CENIZA</b> .....	<b>32</b>
<b>PANORAMA DE DAÑOS A LA SALUD ASOCIADOS A CAÍDA DE CENIZA E INHALACIÓN DE GAS</b>	
<b>TOXICO POR VOLCÁN POPOCATÉPETL.</b> .....	<b>33</b>
<b>CONJUNTIVITIS:</b> .....	<b>33</b>
<b>ASMA:</b> .....	<b>34</b>
<b>Fuente:</b> Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la	
<b>Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA</b> .....	<b>35</b>
<b>INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS:</b> .....	<b>35</b>
<b>Fuente:</b> Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la	
<b>Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA</b> .....	<b>36</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES EN EL AMBIENTE.</b> .....	<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>37</b>
<b>RIESGO METEOROLÓGICO</b> .....	<b>38</b>
<b>CICLONES TROPICALES</b> .....	<b>38</b>
<b>ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS CICLONES TROPICALES EN MÉXICO.</b> .....	<b>39</b>
<b>DAÑOS A LA POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA EN SALUD</b> .....	<b>40</b>
<b>PRONÓSTICO 2017</b> .....	<b>41</b>
<b>POSIBLES ESCENARIOS</b> .....	<b>41</b>
<b>TSUNAMIS</b> .....	<b>42</b>
<b>DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA</b> .....	<b>42</b>
<b>SEQUÍAS</b> .....	<b>43</b>
<b>Clasificación de las Sequías</b> .....	<b>43</b>
Clasificación de la intensidad de la sequía de acuerdo al monitor de sequía de américa del	
norte (NADM). .....	<b>43</b>
Origen y características de las sequías .....	<b>43</b>
<b>INCENDIOS FORESTALES</b> .....	<b>45</b>

NEVADAS .....	46
INESTABILIDAD DE LADERAS .....	47
EROSIÓN.....	48
Clasificación de la erosión .....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	49
<b>TEMPERATURAS EXTREMAS.....</b>	<b>50</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>PANORAMA.....</b>	<b>51</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD.....</b>	<b>53</b>
<b>PRONÓSTICO.....</b>	<b>53</b>
<b>FRENTE FRÍO.....</b>	<b>54</b>
<b>PANORAMA.....</b>	<b>56</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD.....</b>	<b>56</b>
<b>PRONÓSTICO.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>57</b>
<b>RIESGOS QUÍMICOS .....</b>	<b>59</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>INTOXICACIÓN POR DERRAME DE METALES PESADOS Y LIXIVIADOS. ....</b>	<b>59</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>ANTECEDENTES DE EVENTOS .....</b>	<b>60</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD.....</b>	<b>61</b>
Cadmio .....	62
Plomo .....	62
Arsénico .....	63
<b>POSIBLES ESCENARIOS .....</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>64</b>
<b>DERRAME DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS.....</b>	<b>64</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>64</b>
<b>ANTECEDENTES DE EVENTOS .....</b>	<b>64</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD.....</b>	<b>65</b>
<b>POSIBLES ESCENARIOS .....</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
<b>GAS CLORO .....</b>	<b>67</b>
<b>DAÑOS A LA SALUD.....</b>	<b>68</b>
<b>POSIBLES ESCENARIOS .....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>
<b>INTOXICACIÓN POR PLAGUICIDAS.....</b>	<b>69</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>PANORAMA.....</b>	<b>70</b>
<b>EFFECTOS SOBRE LA SALUD .....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>74</b>
<b>RIESGOS RADIO-NUCLEARES .....</b>	<b>75</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>75</b>
<b>RIESGOS RADIOLÓGICOS.....</b>	<b>76</b>
<b>BOMBA DE COBALTO.....</b>	<b>76</b>
<b>¿QUÉ ES UNA "BOMBA SUCIA"?</b>	<b>77</b>
<b>PANORAMA.....</b>	<b>78</b>
Iridio 192.....	78
<b>PANORAMA.....</b>	<b>79</b>
<b>INCIDENTES DE MATERIALES RADIOACTIVOS.....</b>	<b>79</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>80</b>
<b>RIESGOS NUCLEARES .....</b>	<b>81</b>
<b>CENTRAL NUCLEOELÉCTRICA LAGUNA VERDE.....</b>	<b>81</b>

<b>PLAN DE EMERGENCIA RADIOLÓGICA EXTERNO (PERE)</b> .....	81
Delimitación de las zonas.....	83
Clasificación de las emergencias.....	84
Etapas del plan.....	84
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	86
<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b> .....	<b>87</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>87</b>
<b>BROTOS EPIDEMIOLÓGICOS</b> .....	<b>87</b>
<b>INFECCIÓN POR VIRUS ZIKA</b> .....	<b>88</b>
<b>PANORAMA</b> .....	89
<b>SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA EN MÉXICO</b> .....	90
Síndrome de Guillain Barré asociado a infección por virus Zika.....	94
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	94



## INTRODUCCIÓN

El registro y la importancia de la monitorización de eventos de salud pública, se llevan en la Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria. La notificación e información de los eventos en salud pública son realizadas a través del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) y la Vigilancia Basada en Eventos. En la primera, la información proviene de sistemas de información y vigilancia epidemiológica, estructurados, sistematizados y diseñados sobre enfermedades conocidas y de importancia en salud pública; el SINAVE, se nutre de todas las instituciones del Sector Salud del país. En la segunda, la información es de múltiples fuentes de información tanto oficiales y no oficiales. Esto es útil para poder detectar cualquier amenaza para la salud de la población. El *Perfil Nacional de Riesgos* es un documento que se actualiza cada año, documentando los principales evento de salud pública que ocurrieron en el transcurso del año.

Los impactos de un evento de salud pública por parte de agentes Químicos-Biológicos-Radio-Nucleares (QBRN) y los de origen natural (fenómenos hidrometeorológicos y geológicos), dependerá del agente utilizado y de la dimensión del evento. Es de destacar que los impactos en la salud como consecuencia de los acontecimientos por parte de agentes QBRN y desastres naturales, no están relacionados únicamente con la seguridad y la integridad física población, sino también los problemas psicológicos que puedan introducirse.

Los efectos de una amenaza de este tipo incluyen el desarrollo de un miedo latente que cambia el comportamiento de la sociedad, creando un aire de nerviosismo colectivo, la inseguridad ya veces desconfianza de los líderes políticos.

Los siguientes son otros efectos sobre la salud, el medio ambiente y los servicios que surgen de eventos de salud pública:

- Aumento repentino en el número de muertes.
- Aparición de efectos clínicos y subclínicos de la exposición a agentes QBRN.
- Aumento del riesgo de trastornos psicológicos en la población afectada.
- Aumento del riesgo de contaminación (química, biológica y radiológica) agua y alimentos.
- Daños a los servicios de comunicación (telefonía, internet, radio).
- Los daños y la interrupción de los servicios de saneamiento esenciales.
- El daño a las fuentes fijas o móviles de instalaciones de materiales peligrosos (plantas, almacenes, tiendas, transporte, oleoductos, tuberías, estanques de contención de relaves) y sustancias radiactivas, entre otros, pueden aumentar el riesgo de enfermedad y muerte en el país.
- Aislamiento de las comunidades y las familias debido a la necesidad cuarentena.
- Aumento en la demanda de los servicios de salud.
- Escases de medicamentos.
- Daños a las instalaciones de atención médica.



Figura 1. Terremoto de 2017, Ciudad de México.



Fuente:

## RIESGO SISMOLÓGICO

### INTRODUCCIÓN

Un sismo es un fenómeno que se produce por el rompimiento repentino en la cubierta rígida del planeta llamada Corteza Terrestre, que produce vibraciones que se propagan en todas direcciones y se perciben como una sacudida o un balanceo con duración e intensidad variable.<sup>1</sup>

México se localiza en una de las zonas sísmicas más activas del mundo, el cinturón de fuego del pacífico, cuyo nombre se debe al alto grado de sismicidad que resulta de la movilidad de cuatro placas tectónicas: norteamericana, cocos, rivera y del pacífico, como se puede observar en la figura 2.

Al ocurrir un sismo, tres tipos básicos de ondas producen el movimiento telúrico que es perceptible y causa daños a infraestructura, de ellos, sólo dos se propagan en todas direcciones en el interior de la Tierra, por lo que son llamadas ondas internas.

Las más rápida de las ondas internas es la onda primaria u onda "P". La primera característica de esta onda es que comprime y expande la roca, en forma alternada en la misma dirección en que viaja. La segunda onda llamada secundaria u onda "S" viaja a menor velocidad que la "P" y deforma los materiales, mientras se propaga, lateralmente respecto a su trayectoria.

El tercer tipo de ondas sísmicas es el de las llamadas ondas superficiales, que tienen la característica de propagarse por la parte más superficial de la corteza terrestre.



## ANTECEDENTES

Con base en un estudio realizado en el Instituto de Geofísica de la UNAM sobre los Sismos ocurridos en México durante el Siglo XX, se determinó que cada año se registran más de 100 sismos con magnitudes mayores o iguales a 4.5; ocurren cinco sismos de magnitud mayor o igual a 6.5 cada 4 años, y se espera un sismo con magnitud mayor o igual a 7.5 cada 10 años.

## HISTORIA DE LOS SISMOS EN MÉXICO

Tabla 1. Sismos más importantes en México.

FECHA DEL SISMO	MAGNITUD	EPICENTRO	ZONAS AFECTADAS	DAÑOS
03/05/1887	7,4	Norte de Sonora.	-	51 defunciones.
07/07/1911	7,8	Costa de Michoacán.	Ciudad de México, DF	40 defunciones y 16 heridos.
03/01/1920	6,4	Quimixtlán Estado de Puebla.	-	650 defunciones, destrucción total de Quimixtlán y parcial de Xalapa.
15/04/1941	7,7	Costa de Colima	Ciudad de México, DF	90 defunciones.
22/02/1943	7,5	Petatlán, Guerrero.	-	75 defunciones.
28/07/1957	7,7	Costa de Guerrero, cerca de Acapulco.	Ciudad de México, DF	68 defunciones, daños en la capital del país; la estatua del Ángel de la Independencia colapsó.
06/07/1964 1:00 a.m.	6,9	Cerca de Huetamo, Michoacán.	La región de Tierra Caliente en Guerrero y Michoacán	30 defunciones, la población de Coyuca de Catalán, en Guerrero, quedaron semidestruida.
28/08/1973 4:53:41 a.m.	7,3	Ixtaczoquitlán, Veracruz.	Centro del estado de Veracruz, regiones de la Esperanza y Tehuacán en Puebla	1,200-3,000 defunciones en las regiones de Serdán y Orizaba, 1.600 heridos, 17.575 casas dañadas.
19/09/1985 7:17:47 a.m.	8,1	Desembocadura del río Balsas, en las costas de Michoacán y Guerrero.	Centro, sur y occidente de la República Mexicana (especialmente la Ciudad de México)	La cifra del gobierno fue oficialmente de alrededor de 10,000 defunciones. El sismo tuvo un grado de intensidad y afectación variable en el Valle de México.
20/09/1985 7:37:13 p.m.	7,3	Zihuatanejo, Guerrero.	Centro, sur y occidente de la República Mexicana (especialmente la Ciudad de México)	Réplica más significativa del sismo del 19 de septiembre de 1985, la cual tuvo una profundidad de 17.6 km. Terminó por colapsar edificaciones dañadas por el sismo en la Ciudad de México y en la región epicentral.
14/09/1995 8:05 a.m.	7,3	Ometepec, Estado de Guerrero.	Estado de Guerrero, Ciudad de México	Considerado como el más fuerte desde 1985, hubo cuatro defunciones y unos 5,000 damnificados, en el Distrito Federal causó gran alarma.
9/10/1995	8,0	Costa de Colima	Estados de Colima y Jalisco	49 defunciones, 1,000 damnificados.
04/04/2010 03:40:40 p.m.	7,2	18 km al sureste de Mexicali, Baja California.	Valle de Mexicali, Sur de California, Ensenada, Tijuana, Tecate.	Dos defunciones, más de 35,000 damnificados.
20/03/2012 12:02:50 p.m.	7,4	29 km al sur de Ometepec, Guerrero.	Ciudad de México, Estado de México Guerrero, Oaxaca, Puebla, Jalisco, Michoacán, Chiapas,	El sismo registró una profundidad de 15 km. Dos muertos y varios heridos, se registraron afectaciones en 29 municipios del estado de Guerrero y 27

FECHA DEL SISMO	MAGNITUD	EPICENTRO	ZONAS AFECTADAS	DAÑOS
			Hidalgo, Morelos, Tlaxcala y Veracruz.	de Oaxaca. En la capital del país hubo afectaciones en la línea "A" del Metro.
02/04/2012 12:36:43 p.m	6,3	27 km de Ometepec, Guerrero.	Zona metropolitana, Ciudad de México, Estado de México Guerrero, Oaxaca, Puebla, Morelos.	El sismo registró una profundidad de 15 km.
12/04/2012 14:15 hrs.	6,8	109 km al noreste de Guerrero Negro, Baja California Sur	Baja California Sur, Baja California Sonora y Sinaloa	El sismo tuvo una profundidad de 10 km.
14/12/2012	6,3	18 km al suroeste de Rosarito, Baja California	Baja California	No se registraron daños. El sismo tuvo una profundidad de 13 km.
18/04/2014	7,2	40 km al sur de Petatlán, Guerrero	Guerrero, Distrito Federal	El sismo ocasionó daños en edificios y caídas de bardas, en la capital y graves daños en casas y edificios públicos en Guerrero
08/05/2014	6,6	15 km al norte de Tecpan de Galeana, Guerrero	Valle de México	Se notificaron daños leves en Guerrero.
29/07/2014	6,4	46 km al suroeste de Isla, Veracruz	Veracruz	En Veracruz se reportaron grietas en varias casas.
14/06/2017	6,9	13 km al noreste de Ciudad Hidalgo, Chiapas	Estado de Chiapas y Guatemala	Tuvo una profundidad de 113 km.
07/09/2017 23:49 hrs.	8,2	133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas	Estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Ciudad de México	Tuvo una profundidad de 58 km. Se considera el más fuerte que se ha dado en el país en épocas recientes y de los más fuertes en la historia de México. Causó 101 defunciones: 81 en Oaxaca, 16 en Chiapas y 4 en Tabasco.
19/09/2017 13:40 hrs.	7,1	12 km al sureste de Axochiapan, Morelos	Ciudad de México y los estados de Morelos, Puebla, México y Guerrero.	Tuvo una profundidad de 57 km. Ocurrió el mismo día de aniversario luctuoso del Terremoto de México de 1985. Se reportaron 369 defunciones: 228 en Ciudad de México, 74 en Morelos, 45 en Puebla, 15 en Estado de México, 6 en Guerrero y 1 en Oaxaca. Fue percibido en gran parte del país (zona centro, capital y alrededores).

Fuente: <http://www.tembloresenmexico.com/index.php/listado-de-sismos-en-mexico>.

Figura x. Mapa de terremotos en México desde 1990 hasta 2017.



Figura 2. Placas tectónicas en México



Fuente: <http://conocegeografia.blogspot.mx/2013/02/placas-tectonicas-de-mexico.html>

## CLASIFICACIÓN DE LOS SISMOS

Según su origen.

- **Naturales.**
  - **Tectónicos:** Son aquellos producidos por la interacción de placas tectónicas, resultado de la deformación continental por el choque entre placas
  - **Volcánicos:** Estos acompañan a las erupciones volcánicas y son ocasionadas principalmente por el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma.
  - **De colapso:** Son los producidos por derrumbamiento del techo de cavernas y minas.
- **Artificiales.**

Son los producidos por el hombre por medio de explosiones convencionales o nucleares.

Según su magnitud. (Escala de Richter).

Magnitud	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto, destrucción total a comunidades cercanas.

Según su intensidad. (Escala de Mercalli Modificada).

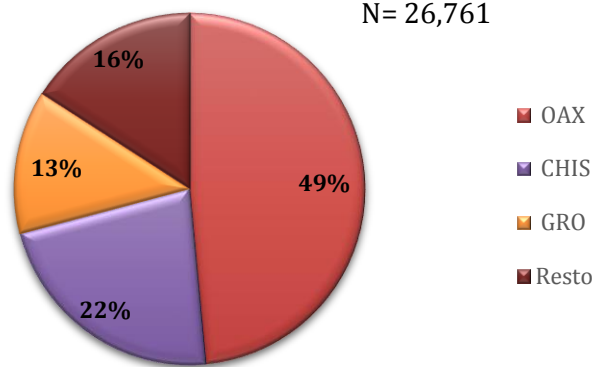
Escala	Descripción
I.	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II.	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III.	Sentido claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV.	Durante el día sentido en interiores por muchos; al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, puertas y ventanas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocará contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V.	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI.	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos caos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII.	Todo el mundo corre al exterior. Daños insignificantes en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerables en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII.	Daño leve en estructuras, diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes, Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX.	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios comunes bien construidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visible en el terreno. Tuberías subterráneas rotas.
X.	Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos, destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Deslizamientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI.	Pocas o ninguna obra de mampostería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII.	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

## PANORAMA NACIONAL ACTIVIDAD SÍSMICA; MÉXICO 2017.

Durante el año 2017, se registró un número mayor de sismos comparado con el año 2016. El 2017 cerró con 26,761 sismos en comparación con el año 2016 en donde se registraron 15,460. El rango de magnitud de estos sismos fue de 1.2 a 8.2 en escala de Richter.

Las Entidades Federativas que más sismos registraron fueron: Oaxaca (49%), Chiapas (22%) y Guerrero (13%), el resto de los estados suman el 15.9% (Gráfica 1).

**Grafica 1. Entidades Federativas con mayor numero de Sismos en México, 2017.**



Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2017.

La Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria (UIES), monitoriza los sismos con magnitud mayor e igual a 4.5 en escala de Richter. Durante el 2017, solo el 1.6% (417) del total de los sismos registrados presentaron una magnitud mayor o igual a 4.5, y el 0.1%(27) fueron iguales o mayores a 5.5 en escala de Richter.

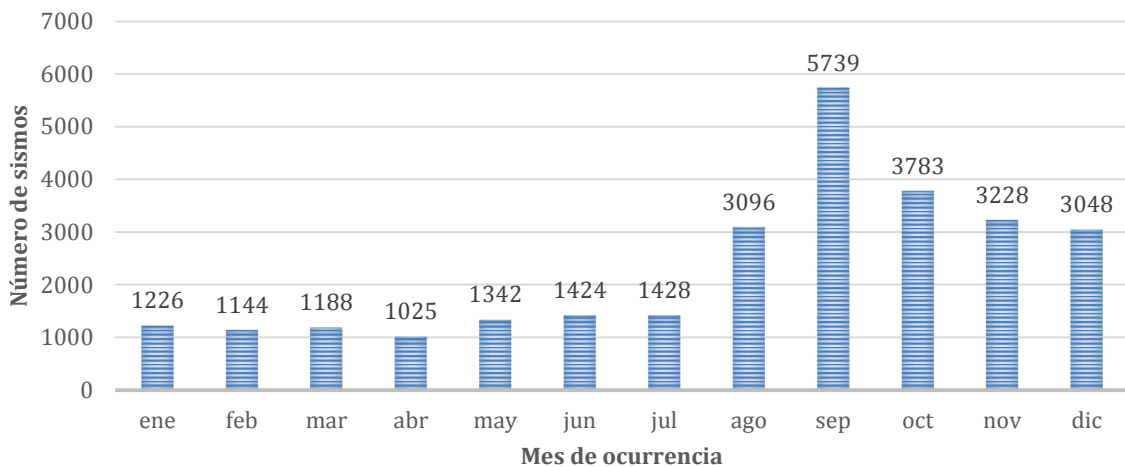
Durante el 2017, se registraron 27 sismos considerados como fuertes (5.5 a 6.5 grados en escala de Richter). Los estados que registraron estos sismos fueron: Chiapas, Morelos, Oaxaca y Jalisco

De acuerdo al mes de ocurrencia, septiembre tuvo el mayor número de sismos durante el 2017 (20.74%), no en agosto como años anteriores. Durante septiembre el rango de magnitud de estos eventos fue de 1.3 a 8.2.

La sismicidad, en este mes, se distribuyó en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán y las costas de Colima-Jalisco, así como el Golfo de California. También ocurrieron sismos aislados en las regiones centro y norte del país.

Octubre fue el segundo mes que registró el mayor número de sismos (13.67%). Por otro lado, abril (3.70%) y febrero (4.13%) fueron los meses con menor actividad sísmica. (Gráfica 2).

**Gráfica 2. Actividad sísmica por mes: México, 2017.**

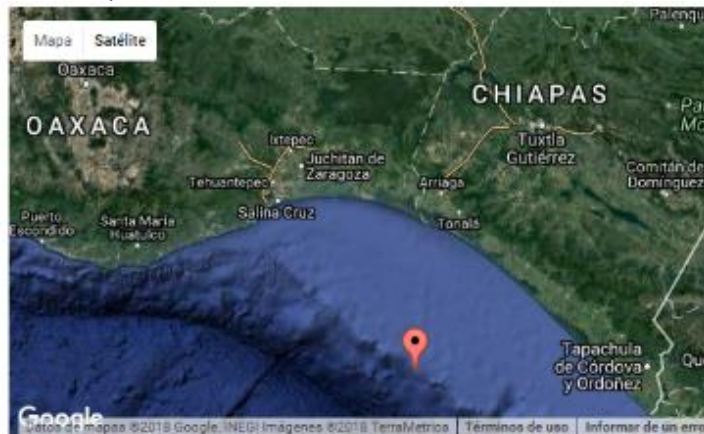




07 DE SEPTIEMBRE 2017

El día 7 de septiembre de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo con magnitud 8.2 localizado en el Golfo de Tehuantepec, a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. El sismo, ocurrido a las 23:49:17 horas (04:49 UTM), fue sentido en el sur y centro del país. Este sismo es considerado como el segundo sismo de mayor magnitud en la historia de México, solo superado por el ocurrido en 1932, cuyo epicentro fue Jalisco y cuya magnitud fue de 8.4 grados Richter (Figura 4).

Figura 4. Mapa de terremotos en México desde 1990 hasta 2017.



Fuente: Servicio Sismológico Nacional. Tomado de: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/detalle/>

Poco después del movimiento, el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico emitió una alerta de tsunami para México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Honduras y Ecuador. Quince minutos después del sismo, las olas del mar se levantaron hasta tres metros frente a las costas de Chiapas. Asimismo, se confirmaron olas de tsunami en Salina Cruz, Estado de Oaxaca (1.1 metros); Puerto Ángel, Oaxaca (29 centímetros); Acapulco, Estado de Guerrero (72 centímetros); Acajutla, El Salvador (14 centímetros); Las Islas Galápagos, Ecuador (17 centímetros); entre otros lugares.

El mecanismo focal del sismo mostro una falla de tipo normal, característica de un sismo intraplaca; la placa de Cocos se desplazó por debajo de la placa de Norteamérica y Caribe.

Al ocurrir el sismo principal, se registró inmediatamente gran cantidad de réplicas, hasta el 28 de noviembre se registraron en total en la región del Golfo de Tehuantepec

La Secretaría de Gobernación (SEGOB) informó que, con motivo del sismo, perdieron la vida 101 personas, de las cuales se registraron 81 en Oaxaca, 16 en Chiapas y 4 en Tabasco, también emitió una declaratoria de emergencia para 118 municipios en Chiapas y 41 en Oaxaca.



Fotografía en medios de comunicación. Tomada de: <https://www.lanetanoticias.com/wp-content/uploads/2017/10/portada.jpg>



Fotografía en medios de comunicación. Tomada de: <https://static01.nyt.com/images/2017/09/09/universal/terremotoES2/terremotoES2-master1050.jpg>

Medios de comunicación aseguran que hasta el 30 de enero de 2018 se han registrado más de 17,000 réplicas.

### OPERATIVO EN SALUD: CHIAPAS Y OAXACA

La Secretaría de Salud



Twitter @JoseNarroR

**Figura 1.** Terremoto 07 y del 19 Septiembre 2017, México. D.F.  
[http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2017/SSNMX\\_rep\\_esp\\_20170907\\_Tehuantepec\\_M82.pdf](http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2017/SSNMX_rep_esp_20170907_Tehuantepec_M82.pdf)

### 19 DE SEPTIEMBRE 2017

El sismo ocurrió el día 19 de septiembre a las 13:14:40 horas con epicentro a 12 Km al sureste de Axochiapan, Morelos, en el límite estatal entre los estados de Puebla y Morelos, a 120 km de la Ciudad de México con magnitud 7.1 en la escala de Richter. El sismo fue sentido fuertemente en el centro del país.

Hasta el 29 de septiembre de 2017 a las 13:00 horas se han registrado 39 réplicas, la mayor de 4.0 grados Richter.





Sitio electrónico OPS. <https://www.flickr.com/photos/pahowho/37170843632/in/album-72157686131566631/>

Fuente: Servicio Sismológico Nacional. [<http://www.ssn.unam.mx/>]

## DAÑOS A LA SALUD EN UN SISMO

En la mayoría de los terremotos, las personas fallecen por energía mecánica como resultado directo del aplastamiento por materiales de construcción. Las muertes pueden ser instantáneas, rápidas o tardías. Las primeras pueden deberse a lesiones severas en la cabeza o el tórax por aplastamiento, hemorragia interna o externa, o ahogamiento en terremotos de origen marino (tsunamis/maremotos).

Las muertes rápidas ocurren en minutos u horas y pueden deberse a asfixia por inhalación de aerosoles o compresión del tórax, choque hipovolémico o exposición ambiental (es decir, hipotermia). Las muertes tardías ocurren en días y pueden deberse a deshidratación, hipotermia, hipertermia, síndrome de aplastamiento, infección de heridas o sepsis posoperatoria.

La mayoría de las personas que requieren asistencia médica luego de terremotos, tiene lesiones menores causadas por la caída de materiales como piezas de mampostería, revestimientos y vigas.

Otra razón para la búsqueda de atención médica son las fracturas que no requieren cirugía, estos tipos de lesiones benignas usualmente sólo requieren manejo ambulatorio y tienden a ser más comunes que las lesiones severas que demandan hospitalización.

Las lesiones severas que requieren hospitalización incluyen fracturas de cráneo con hemorragia o daños severos a órganos de cualquier parte de la economía del cuerpo.

El trauma causado por el colapso de edificaciones es la causa de la mayoría de las muertes y lesiones durante los terremotos. Sin embargo, un gran número de pacientes requiere cuidado inmediato por problemas no quirúrgicos tales como

infarto de miocardio, exacerbación de enfermedades crónicas como diabetes o hipertensión, ansiedad y otros problemas de salud mental como depresión.

Un aspecto importante de los terremotos es que producen pérdidas y deterioros significativos en las instalaciones y en la infraestructura de las instituciones del sector salud. Lo cual dificulta aún más la atención de los pacientes en dichos establecimientos. En el Hospital General de México y el hospital Juárez de México, se estima fallecieron cerca de 310 miembros del personal.

Hay evidencia creciente de que los elementos no estructurales (es decir, fachadas, paredes divisorias, techos, ornamentos arquitectónicos externos) y el contenido de las edificaciones (por ejemplo, vidrio, muebles, utensilios, aplicaciones, sustancias químicas) pueden causar un aumento importante de la morbilidad posterior a los terremotos.

### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MORBILIDAD Y LA MORTALIDAD POR TERREMOTOS.

- **Replicas:** La mayoría de los terremotos son seguidos por réplicas, algunas de las cuales pueden ser tan fuertes como el terremoto mismo.
- **Clima:** Se sabe que las condiciones climáticas locales afectan el tiempo de supervivencia de las personas atrapadas en los edificios colapsados después de un terremoto, tienen una gran influencia sobre el porcentaje de lesionados que mueren antes de ser rescatados.
- **Horario:** La hora del día es un factor importante y determinante en el riesgo de morir o lesionarse a causa de la probabilidad de quedar atrapado por un edificio colapsado, ya que es más frecuente que exista mayor cantidad de lesionados en los terremotos que ocurren en horarios de oficina o escuela, que en aquellos que se presentan en horarios no laborales.
- **Factores generados por el hombre:** Los incendios y la rotura de diques en un terremoto son ejemplos de grandes complicaciones causadas por el hombre, que agravan los efectos destructivos del terremoto. En los países industrializados, un terremoto también puede ser la causa de un gran desastre tecnológico por el daño o la destrucción de estaciones nucleares, centros de investigación, áreas de almacenamiento de hidrocarburos y complejas fábricas de productos químicos y tóxicos.
- **Materiales peligrosos:** Nuestras modernas ciudades industriales están cargadas de productos químicos y del petróleo que podrían contribuir substancialmente a la generación de tóxicos luego de un terremoto
- **Incendio:** Uno de los más severos desastres secundarios que pueden seguir a los terremotos es el incendio. Las sacudidas severas pueden

causar volcamiento de estufas, calentadores, luces y otros elementos que pueden iniciar las llamas.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL.

Aunque no podemos prevenir los terremotos ni dejar los pequeños para prevenir los grandes, debemos tomarlos en consideración antes de asumir actividades que, se sabe, los precipitan, como las excavaciones profundas, las represas de agua y las descargas de explosivos nucleares bajo tierra.

Evitar la construcción residencial y comercial innecesaria sobre o cerca de fallas geológicas activas y en áreas sujetas a tsunamis o deslizamientos, la licuefacción del suelo y las fallas en la roca, es técnicamente una medida de prevención secundaria ante los terremotos, pero primaria para las lesiones relacionadas con los terremotos.

Las intervenciones en ingeniería han sido dirigidas ampliamente a incrementar la capacidad de las nuevas edificaciones para soportar las sacudidas y también para reforzar las construcciones existentes. El más estricto nivel de seguridad sísmica llevará a las edificaciones a resistir los terremotos con poco o ningún daño. Como mínimo, las edificaciones deben estar diseñadas para permanecer funcionales así estén dañadas (un importante criterio de diseño para los hospitales).

La ciencia de la predicción en tiempo, lugar y magnitud de un terremoto, está aún en su infancia. Aunque algunos terremotos importantes han sido presagiados por temblores que los preceden, los cambios en las aguas subterráneas, la actividad geotérmica y aún en el comportamiento animal, la mayoría de los terremotos han ocurrido súbitamente y sin aviso

Las conductas correctas en los terremotos son importantes. Estos, aunque súbitos, usualmente no son instantáneos. Los ocupantes de las edificaciones generalmente tienen unos pocos segundos para reaccionar antes de que la sacudida alcance su máxima intensidad, surgiendo la posibilidad de tomar acciones de evacuación para escapar de las lesiones.

El caos generalmente predomina inmediatamente después de un terremoto importante. Los residentes, desde afuera, tratarán inicialmente de ayudarse a sí mismos y a sus vecinos. Podrán hacerlo mejor si ya han planeado su respuesta a los más probables escenarios y practicado las habilidades adquiridas.

Sobre la base del escenario del terremoto desarrollado, las autoridades de salud pública deben trazar un plan. Este plan debe incluir lo siguiente:

- Acciones recomendadas a las personas durante la sacudida.
- Instrucciones para la evacuación de edificaciones después de la sacudida (o durante el terremoto mismo, si es fácil y seguro hacerlo).

- Un listado de los sitios seguros donde las personas que viven en las áreas amenazadas por deslizamientos durante temblores secundarios puedan ser reubicadas.
- Medios para el cuidado de jóvenes, ancianos, enfermos y personas débiles.
- Procedimientos para extinguir fuentes de incendios potenciales y hacer seguras las situaciones peligrosas.
- Un protocolo para chequeo personal y recuento de personas desaparecidas.
- Un plan para brindar primeros auxilios y tratar las personas en estrés.
- Procedimientos para chequeo y reporte de daños.
- Medidas de limitación de daños.
- Procedimientos para informar a la fuerza laboral acerca del momento seguro para retornar al trabajo o ir a casa.

## MODELO PROBABILISTA DEL RIESGO

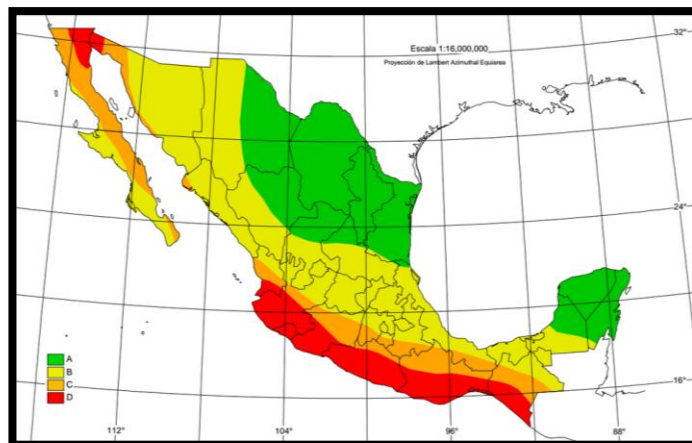
En la actualidad se cuenta con una limitada cantidad de datos e información histórica acerca de eventos catastróficos, debido en algunos casos a la ocurrencia de desastres de baja frecuencia de repetición, y en otros, a desastres con una ventana temporal de atención reciente y corta.

Considerando la posibilidad de presentarse eventos futuros altamente destructivos, la estimación del riesgo debe enfocarse en modelos probabilistas, que permitan emplear la escasa información disponible para predecir posibles escenarios catastróficos en los cuales se considere la alta incertidumbre involucrada en el análisis.

Estimar el riesgo de desastres significa estimar el daño en las diferentes poblaciones y activos expuestos en lugares de interés calculando su vulnerabilidad ante fenómenos (naturales o antropogénicos) específicos y obteniendo la probabilidad y la intensidad con que uno de estos fenómenos llegue a ocurrir. A través de la combinación de estos parámetros, es posible obtener un valor cuantitativo de los activos en riesgo para un peligro o amenaza esperada.

La estimación cuantitativa del riesgo se expresa en términos económicos o número de muertos o heridos. Para ello, se requieren datos de entrada confiable, definidos también en términos cuantitativos. Los principales datos de entrada para la estimación del riesgo son: peligro, exposición y vulnerabilidad.

Figura 4. Regiones sísmicas en México.



Fuente: <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/sismos/sismologia-de-mexico>

En la zona A no se han reportado sismos grandes en los últimos 80 años y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10% del valor de la gravedad (g).  
 En la zona D han ocurrido con frecuencia grandes temblores y se esperan pueden ser superiores al 70% de g.  
 Las zonas B y C, son intermedias a las dos anteriores, presentan sismicidad con menor frecuencia o bien, están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan el 70% de g.

Contar con un sistema para estimar pérdidas en inmuebles e infraestructura del sector público, así como población afectada, por riesgos naturales de potencial impacto catastrófico en México para SEGOB y SHCP.

R-FONDEN proporciona parámetros cuantitativos (nivel país, estado, municipio, dependencia u otro) como son:

- Pérdida anual esperada, PAE.
- Curvas de excedencia de pérdidas.
- Pérdida máxima probable (PML).

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Servicio Sismológico Nacional. CENAPRED/UNAM. En: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/Carteles/tectonica.jsp>
2. Servicio Sismológico Nacional. CENAPRED/UNAM. En: [http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/acerca\\_del\\_ssn.jsp](http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/acerca_del_ssn.jsp)
3. Centro Nacional de Desastres. Secretaría de Gobernación. En: <http://www.cenapred.unam.mx/es/>
4. Impacto de los Desastres en Salud Pública. Eric K. Noji, Organización Panamericana de la Salud, Colombia, 2000.
5. El terremoto de México de 1985 efectos e implicaciones en el sector salud. Cuauhtémoc Valdés Olmedo, Gregorio Martínez Narváez. Centro de Documentación y Archivo, Secretaría de Salud.
6. Gutiérrez M. Carlos A., Quass Weppen Roberto, Ordaz Shoeder Mario., varios, (2005), "Sismos. Serie Fascículos.", 5a. Edición, 2a. reimpresión 2011.



## RIESGO VOLCÁNICO

### INTRODUCCIÓN

Un volcán se define como aquel sitio donde sale material magmático o sus derivados, formando una acumulación que por lo general toma una forma aproximadamente cónica alrededor del punto de salida. La palabra volcán también se aplica a la estructura en forma de loma o montaña que se construye alrededor de la abertura mencionada por acumulación de los materiales emitidos. Cuando el sitio de salida no es circular, como en el caso de una fisura por ejemplo, el volcán puede tomar una forma diferente a la cónica.

Generalmente los volcanes tienen en su cumbre o en sus costados, grandes cavidades de forma aproximadamente circular denominadas cráteres, generadas por erupciones anteriores, en cuyas bases puede, en ocasiones, apreciarse la abertura de la chimenea volcánica.

Se dice que un volcán es activo, cuando existe magma fundido en su interior, o cuando puede recibir nuevas aportaciones de magma y por tanto mantiene el potencial de producir erupciones. Por ello, aun volcanes que no muestran ninguna manifestación externa pueden ser clasificados como activos. En muchos casos es difícil decir si un volcán es activo o no. Por lo general se dice entonces que un volcán es activo si ha mostrado alguna actividad eruptiva relativamente reciente. Aquí el problema se transforma en definir qué es “reciente”. Según se defina este término algunos volcanes podrán ser considerados “activos” o no. Por ejemplo, un intervalo de tiempo comúnmente aceptado es 10,000 años. Esto significa que un volcán que haya tenido algún tipo de actividad los últimos diez mil años puede ser considerado “activo”. Sin embargo, este número es convencional, ya que un volcán con, digamos once mil años de inactividad no necesariamente está muerto, ni un volcán que haya tenido su última erupción hace, digamos 8 o 9 mil años necesariamente volverá a hacer erupción.

Los volcanes activos se distribuyen por diferentes regiones definidas por los procesos tectónicos de escala global. En el mundo existen alrededor de 1300 volcanes continentales activos. De éstos, 550 han tenido alguna erupción en tiempos históricos (esto es, han sido presenciadas o han afectado a seres



humanos). Los volcanes activos mantienen una tasa eruptiva global de 50 a 60 erupciones por año.

## ANTECEDENTES DE EVENTOS ERUPTIVOS EN MÉXICO.

**Tabla 1.** Antecedente de eventos eruptivos en México.

AÑO DEL EVENTO ERUPTIVO	NOMBRE DEL VOLCÁN	DESCRIPCIÓN
1838	San Martín Tuxtla, Veracruz	Su cráter tiene aproximadamente 500m de diámetro. Erupción explosiva en 1664. Su erupción más reciente fue en 1838.
1867	Pico de Orizaba o Citlaltépetl, Puebla-Veracruz	Es el volcán y la montaña más alta de México. Erupciones 1533, 1539, 1545, 1566, 1569, 1589, 1687, 1846, 1613, 1864 y 1867.
1875	Ceboruco, Nayarit	Actualmente el volcán emite fumarolas y se le considera como activo con posibilidad de presentar erupciones en el futuro. Erupciones de 1870 a 1875.
1953	Bárcena, Baja California	Nace el 1° de agosto de 1952. Provocó daños ecológicos considerables; su actividad se prolongó hasta marzo de 1953.
1959	Sanguanguey, Nayarit	Erupciones en 1742 y 1859.
1982	El Chichón o Chichonal, Chiapas	Erupciones en los años 300, 623 y 1300. El 28 de marzo de 1982 se produjo una gran erupción, destruyó varias poblaciones, hubo 2000 víctimas y más de 2000 damnificados. Actualmente este volcán continúa activo.
1986	Tacaná, Chiapas-Guatemala	Se reconocen períodos de explosiones freáticas y fumarólica en 1855, 1878, 1900, 1903, 1949, 1951 y 1986.
1994	Everman o Socorro, Colima	Hizo erupción el 29/01/1993 y finalizó en febrero de 1994. Otras erupciones ocurrieron en 1848, 1896, 1905 y 1951.
2001	Tres Vírgenes, BCS	Erupciones en 1746 y 1857; su última erupción 06/07/2001.
2003	Popocatepetl, México-Puebla-Morelos	Es el segundo volcán más alto de México, se encuentra en intensa actividad manteniendo en alerta a cuatro estados. Actividad moderada de 1347 a 1920; al parecer la actividad explosiva mayor ocurrió en 1539 y 1720.
2011	Volcán de Fuego, Jalisco-Colima	Volcán más activo del territorio mexicano, cerca de 25 erupciones de 1560 a 1991.
2015	Volcán de Fuego, Jalisco-Colima	Incremento de actividad en julio de 2015, ameritando evacuación de población en localidades cercanas al volcán.

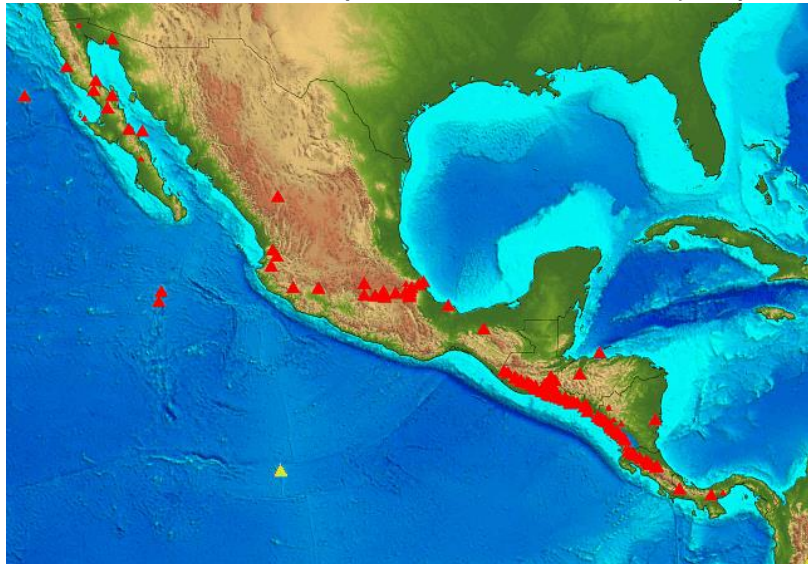
Fuente: <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/vulcanismo/volcanes-de-mexico>



## PANORAMA ACTUAL

México es una de esas regiones tectónicamente activas y los volcanes son parte característica del paisaje de muchas regiones del país, particularmente en una faja central que se extiende desde Nayarit hasta Veracruz, llamada la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), formando parte del Anillo de Fuego del Pacífico o Cinturón pacífico que rodea casi totalmente al Pacífico.

**Figura 1.** Volcanes con erupciones documentadas y/o posibles.



Fuente: Programa Global de Vulcanismo del Departamento de Ciencias Minerales, Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian.

La actividad orogénica del territorio mexicano dio lugar a numerosos sistemas montañosos cuya característica principal es estar alineados. Los principales sistemas montañosos mexicanos, que a su vez se subdividen en conjuntos menores y volcanes son:

- **Sierra Madre Occidental.** Es una cadena montañosa localizada en la región occidental de la República Mexicana, orientada de noroeste a sureste. Se extiende desde Sonora hasta Nayarit.
- **Sierra Madre Oriental.** Tiene una dirección noroeste-sureste, se inicia al sur del estado de Texas en Estados Unidos, se extiende a México, en dirección norte noroeste, desde Coahuila hacia el sur-sureste de Veracruz y Oaxaca. Cruza los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.
- **Sierra Madre del Sur.** Se extiende desde Jalisco haciendo contacto con la Cordillera Neovolcánica, y continúa hasta el Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca atravesando Colima, Michoacán y Guerrero.
- **Cordillera Neovolcánica,** se considera como una barrera natural entre América del Norte y América Central. Se extiende desde Nayarit hasta Veracruz atravesando los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Colima y Distrito Federal.

- **Sierra Madre de Chiapas.** Se localiza casi en su totalidad dentro del estado de Chiapas y sólo una pequeña parte dentro del estado de Oaxaca.
- **Sierra de California.** Se extiende en dirección norte noroeste a sur sureste a lo largo de toda la Península de Baja California, desde los límites de México con los Estados Unidos hasta Cabo San Lucas en Baja California Sur.

Se puede decir que en México existen más de 2,000 volcanes, de los cuales alrededor de 42 son reconocidos como tales aunque en total, hay quienes sostienen que existen exactamente el triple y solo algunos se consideran activos o peligrosos.

### PRINCIPALES VOLCANES EN MÉXICO

Existen más de 2000 volcanes en México, de los cuales 42 son reconocidos como tales, aunque en total hay quienes sostienen que existen exactamente el triple y solo algunos se consideran activos o peligrosos.

- Ubicados en Baja California, noroeste de México e Islas Mexicanas (16 volcanes): Cerro Prieto, Pinacate, San Quintín, Isla San Luis, Jaraguay, Coronado, Guadalupe, San Borja, Sin nombre, El Aguajito, Tres Vírgenes, Isla Tortuga, Punta Pulpito, Comondú- La Purísima, Bárcena, Socorro.
- Ubicados al oeste y centro de México (24 volcanes): Durango, Sangangüey, Ceboruco, Mascota, Sierra la Primavera, Paricutín (Michoacán-Guanajuato), Los Azufres, Los Atlixcos, Jocotitlán, Los Humeros, Naolinco, Colima, Zitácuaro-Valle de Bravo, La Gloria, Papayo, Serdán-Oriental, La Malinche, Iztaccíhuatl, Las Cumbres, Nevado de Toluca, Chichinautzin, Pico de Orizaba, Popocatépetl, San Martín.
- Ubicados al sur de México (2 volcanes): El Chichón, Tacana.

Los siguientes volcanes se consideran los más importantes del país:

- Tres Vírgenes en Baja California Sur
- Bárcena y Everman en las islas Revillagigedo
- Ceboruco y Sangangüey en Nayarit
- La Primavera en Jalisco
- Volcán de Colima en la frontera de Jalisco y Colima
- Paricutín y Jorullo en Michoacán
- Xitle en Distrito Federal
- Popocatépetl en el Estado de México y Puebla
- Humeros y Pico de Orizaba en Puebla y Veracruz
- San Martín Tuxtla en Veracruz
- El Chichón y Tacaná en Chiapas

Figura 2. Volcanes activos en México.



Fuente: Thomas Velázquez Fernando y Delgado Granados Hugo. "Conviviendo con los volcanes". Secretaría de Gobernación. Dirección General de Protección Civil. México 1997.

Las principales manifestaciones volcánicas son:

- Flujos de lava.
- Flujos piroclásticos.
- Flujos de lodo (o lahares).
- Derrumbes y deslizamientos.
- Columnas eruptivas y lluvias de fragmentos y de ceniza.

Algunos de los peligros asociados a los distintos tipos de erupciones volcánicas y sus diferentes manifestaciones se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 2. Erupciones volcánicas y sus manifestaciones.

Manifestación	Peligro asociado	Velocidad	Alcance	Efecto más frecuente
Lava líquida	Flujos de lava	Baja	Corto	Destrucción del terreno
Ceniza	Lluvia de ceniza	Media	Intermedio	Acumulación de ceniza
Fragmentos de todos tamaños	Flujos piroclásticos	Muy alta	Corto a intermedio	Devastación
Ceniza	Lluvia de ceniza	Media	Largo a muy largo	Acumulación de ceniza, bloqueo de drenajes
Lodo (agua y fragmentos)	Flujo de lodo (lahar)	Media a alta	Intermedio a largo	Devastación
Derrumbe o deslizamiento	Avalancha de escombros	Alta a muy alta	Intermedio a largo	Devastación

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres. [http://www.cenapred.unam.mx/es/]

El país ha vivido actividades recientes de volcanes que han presentado fases eruptivas importantes, algunas con consecuencias desastrosas, ejemplo de ello son el Parícutín, en Michoacán, que hizo erupción en 1943, el Chichón, en

Chiapas, en 1982; el Tacaná, en Chiapas, en 1986 y el volcán de Colima, el cual ha tenido episodios de gran actividad en los últimos años. La prueba más reciente se vivió a finales de 1994 cuando el volcán Popocatepetl, pasó de una fase moderada de actividad a una de gran actividad sísmica y fumarólica con abundante emisión de gases, cenizas, extrusión de lava e incluso producción de flujos piroclásticos durante los eventos eruptivos de mayo y junio de 1997.

### VOLCÁN POPOCATÉPETL

Localizado a 60 km al sureste de la Ciudad de México y a 45 km al oeste de la Ciudad de Puebla. Tiene una altura de 5452 msnm y un cráter de 900 m de diámetro y aprox. 200 m de profundidad. Su edificio cubre un área de 500 km<sup>2</sup> abarcando Puebla, Estado de México y Morelos. La actividad actual hasta el momento ha mostrado un comportamiento muy similar a la del episodio de 1919-1927 (y a otros 13 semejantes, reportados durante los últimos 450 años), el cual produjo exhalaciones, explosiones y lluvias de ceniza y arenilla. (Figura 3).

**Figura 3.** Exhalación en el Volcán Popocatepetl.



Fuente: Boletín UNAM-DGCS-300, 15 de mayo de 2013.

Si este comportamiento se mantiene, puede esperarse que este nivel de actividad continúe por un tiempo indeterminado, que puede ser hasta de varios años, y eventualmente termine sin mayores consecuencias.

El hecho de que en tiempos más lejanos se hayan registrado grandes erupciones de carácter destructivo (la última de ellas ocurrió hace unos 1100 años) indica que el volcán tiene un potencial que no puede ignorarse, por lo que es indispensable mantener un dispositivo de monitoreo y vigilancia del volcán y una preparación para el caso de que se desarrollara tal tipo de actividad eruptiva.

El Semáforo de Alerta Volcánica es un sistema de alertamiento, basado en gran medida en las experiencias de México y de otros países. De esas experiencias se ha determinado que una de las causas principales de los desastres es la falta de criterios o de factores de decisión y comunicación durante la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente destructivo.



El Semáforo de Alerta Volcánica, ha reducido en lo posible los factores que pueden llevar a la indecisión, o a la toma de decisiones erróneas (que lleven al desastre) en caso de emergencia. (Figura 4).

Figura 4. Semáforo de alerta volcánica.

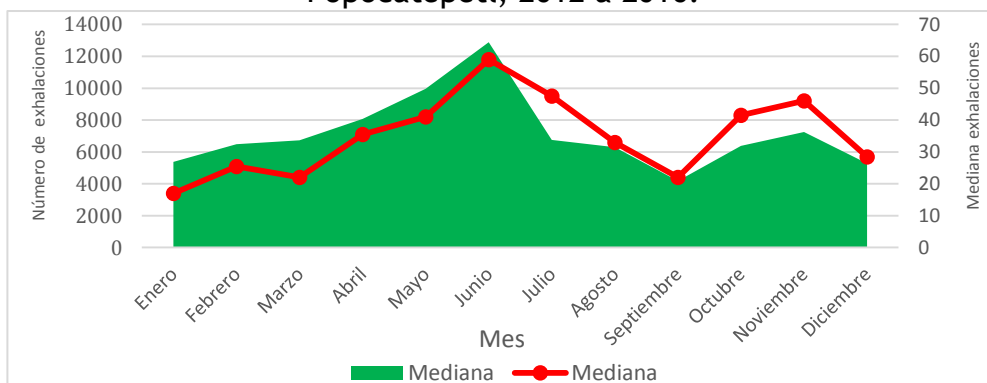


El volcán Popocatepetl es uno de los principales volcanes activos de México, alrededor de 25 millones de personas habitan a menos de 100 km del cráter, lo que lo convierten en uno de los volcanes más peligrosos del planeta.

Después de setenta años de inactividad, se notó un paulatino incremento en la actividad del volcán a partir del 21 de diciembre de 1994; desde ese momento se ha realizado un monitoreo continuo de su actividad.

Durante el periodo de 2012 a 2015 el volcán Popocatepetl registró un total de 70,638 exhalaciones, con un rango de exhalaciones por año que va de 12,450 a 23,283 (mediana: 17,453 exhalaciones). Durante este periodo se ha observado un aumento en el número de exhalaciones en los meses de abril a junio, durante el 2016 se han registrado un total de 15,013 exhalaciones.

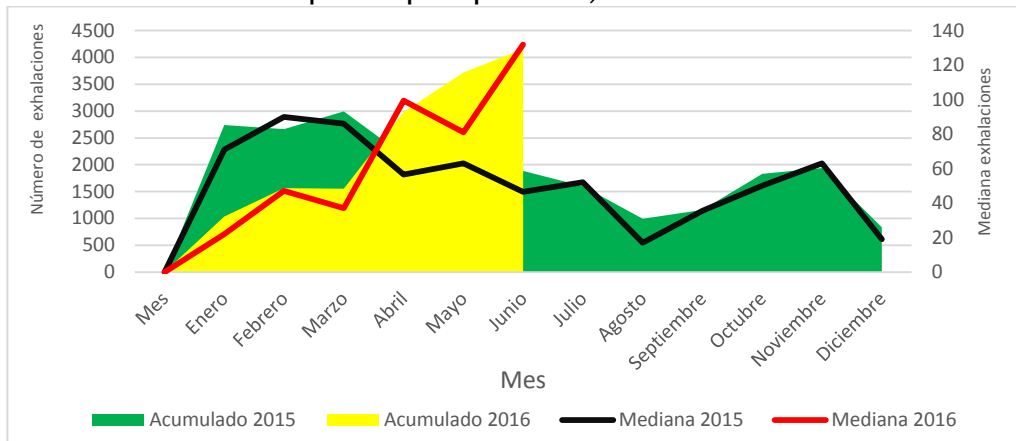
Grafica 1. Exhalaciones acumuladas y mediana de exhalaciones del volcán Popocatepetl, 2012 a 2016.



Fuente: Elaboración propia, con información de [www.cenapred.gob.mx](http://www.cenapred.gob.mx).

Durante 2016 se ha observado un aumento en el número de exhalaciones para el mismo periodo de años previos, este se hizo evidente a partir del mes de abril y continúa hasta el mes de junio.

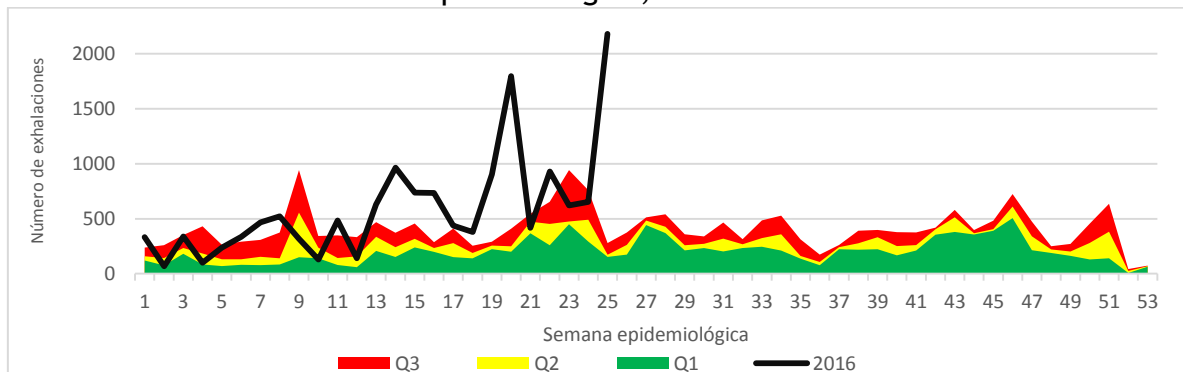
**Grafica 2.** Exhalaciones acumuladas y mediana de exhalaciones del volcán Popocatépetl por mes, 2015-2016.



Fuente: Elaboración propia, con información de [www.cenapred.gob.mx](http://www.cenapred.gob.mx).

En la gráfica 3 se observa que para el 2016 el número de exhalaciones es mayor que el percentil 75 de lo registrado en años anteriores para la mayoría de las semanas epidemiológicas.

**Grafica 3.** Comportamiento de las exhalaciones del Volcán Popocatépetl por semana epidemiológica, 2012 a 2016.

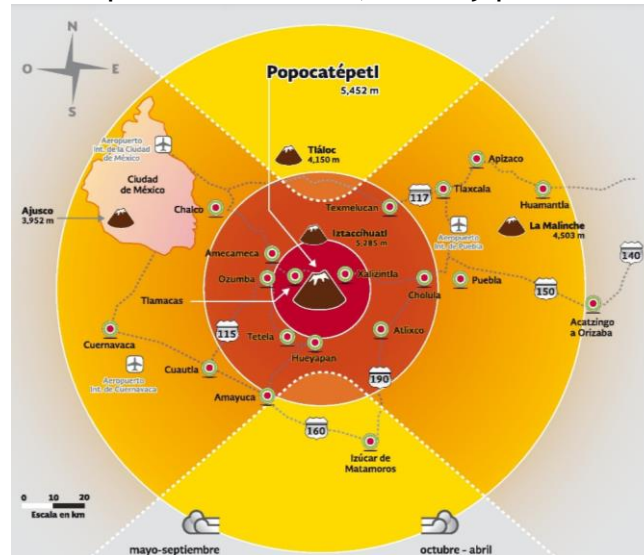


El volcán continúa en actividad (agosto de 2001), sin regresar a los valores anteriores a diciembre de 1994.<sup>5</sup> Durante los 6.5 años de actividad del volcán, han sido numerosas las emisiones de ceniza, las cuales tuvieron trayectorias y elevaciones muy diversas, pero solo unas cuantas produjeron efectos importantes que afectaron las actividades rutinarias de la población.<sup>5</sup>

Las etapas eruptivas anteriores del Popocatépetl, han durado varios años, por ejemplo, la de 1919-1928, es posible que la actual sólo se extienda por pocos años más y que el volcán entre de nuevo en una etapa de tranquilidad por decenas de años, como lo ha hecho en el pasado reciente.<sup>5</sup>

Los estados afectados serían Morelos, Puebla, Tlaxcala, Distrito Federal y Estado de México. (Figura 5).

**Figura 5.** Localidades con posible afectación por el Volcán Popocatépetl por dispersión de ceniza, arena y pómez.



Fuente: [www.proteccioncivil.gob.mx](http://www.proteccioncivil.gob.mx) / [www.cenapred.gob.mx](http://www.cenapred.gob.mx)

De acuerdo al mapa de “Dispersión de ceniza, arena y pómez” (figura 5) las zonas de afectaciones por caída de ceniza o arena volcánica (fragmentos de material volcánico con tamaño entre 2 a 64 mm) se divide en tres áreas:

- **Área 1:** Afectada por caída de cantidades importantes de ceniza, arena y pómez, cuyas acumulaciones alcanzarían varios centímetros en caso de erupciones pequeñas y hasta varios metros en erupciones muy grandes.
- **Área 2:** Caída moderada de ceniza, arena y pómez; se puede formar una capa de polvo con espesor de hasta un milímetro y un metro en erupciones grandes.
- **Área 3:** Zona menos afectada por caída de ceniza, arena y pómez; en erupciones pequeñas no habría caída de estos materiales, sin embargo, en erupciones grandes se pueden acumular decenas de centímetros.

**Tabla 3.** Estado, municipio y localidades principales en cada área de afectación.

Área	Estado	Municipio	Localidad principal
1	Estado de México	Amecameca	Tlamacas
	Puebla	San Nicolás de los Ranchos	Xalizintla
2	Estado de México	Amecameca	Amecameca
		Ozumba	Ozumba
	Puebla	Tetela del Ocampo	Tetela
		Hueyapan Atlixco San Andrés Cholula San Martín Texmelucan	Hueyapan Atlixco Cholula Texmelucan
3	Estado de México	Chalco	Chalco de Díaz Covarrubias



Área	Estado	Municipio	Localidad principal
	Puebla	Puebla Izúcar de Matamoros	Puebla Izúcar de Matamoros
	Tlaxcala	Apizaco Tlaxcala Huamantla	Apizaco Tlaxcala Huamantla
	Morelos	Cuernavaca Cautla Jantetelco	Cuernavaca Cautla Amayuca
	Ciudad de México	Todas las delegaciones	

Fuente: Elaboración propia con información de [www.cenapred.gob.mx](http://www.cenapred.gob.mx).

### VOLCÁN DE COLIMA

Se ubica en el extremo occidental de la Faja Volcánica, en la porción central del grabén Colima, entre Jalisco y Colima, en los municipios de Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, Tonila, Comalá y Cuauhtémoc. Ha presentado desde tiempos históricos una actividad cíclica de tipo explosivo con emisiones de flujos piroclásticos y grandes cantidades de ceniza y pómez de caída libre.

Actualmente la población susceptible de ser afectada, directa o indirectamente por una posible actividad explosiva del Volcán Colima, se encuentra distribuida en los municipios de Tuxpan, Zapoltitic, Ciudad Guzmán, Colima, Villa de Álvarez, Cuauhtémoc, Comala, Coquimatlán, Ixtlahuacán, Armería y Tecomán.

La actual diversificación económica de la zona se apoya en una amplia infraestructura, -principalmente carretera y portuaria- la cual ha permitido en los últimos el desarrollo de la región, estas particularidades regionales han incrementado considerablemente el riesgo volcánico que presenta el Volcán de Colima con respecto al escenario pre-eruptivo de 1913 en toda su zona de influencia.

**Figura 5.** Exhalación en el Volcán de Colima.



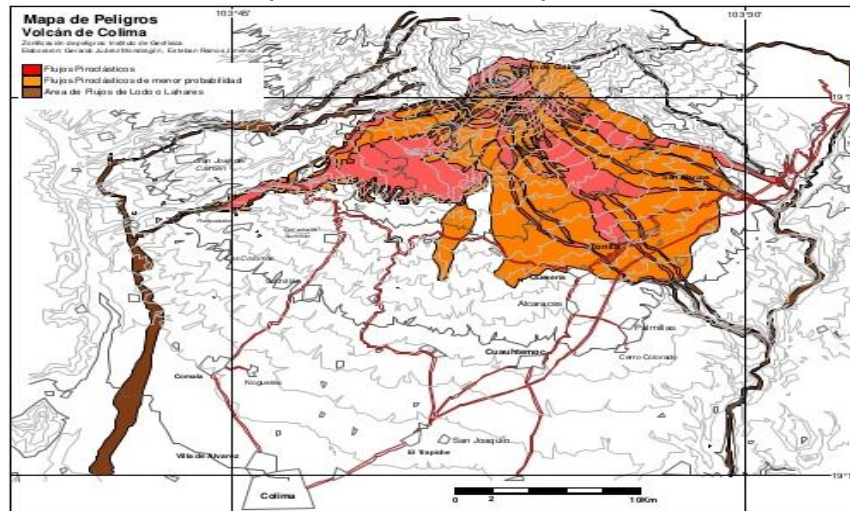
Fuente: El Universal, 18 de abril de 2013.

A lo largo de los últimos 500 años el Volcán de Fuego de Colima ha tenido una frecuencia de actividad de tipo explosivo con un número que supera las 30

erupciones entre las que destacan las de 1585, 1606, 1622, 1690, 1818, 1869, 1890, 1903 y 1913, por citar sólo algunas.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta la actividad de menor grado, todo lo cual nos demuestra que a lo largo de los últimos siglos este volcán ha incrementado su proceso eruptivo, y la actividad que sigue manteniendo actualmente es el motivo por el cual se deben seguir realizando estudios sobre su peligrosidad y por el riesgo de una nueva erupción.

**Figura 6.** Localidades con posible afectación por el Volcán de Colima.



Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/dpirdm-120822173001-phpapp01/95/riesgos-de-desastres-en-mexico-83728.jpg?cb=1345656760>

Las localidades afectadas serían Colima (municipios de Comala y Cuauhtémoc) y Jalisco (municipios de Tuxpan, Zapotitlán y Tonila).<sup>4</sup> (Figura 6).

## DAÑOS A LA SALUD

Los gases volcánicos pueden ser clasificados en irritantes y no irritantes.

### IRRITANTES

Tiene efectos a menor concentración y a mayor distancia del volcán. Su acción irritante la efectúan a nivel del tracto respiratorio y sobre el resto de mucosas con las que entra en contacto, provocando de esta manera ojo rojo, lagrimeo, odinofagia, estornudos, etc.

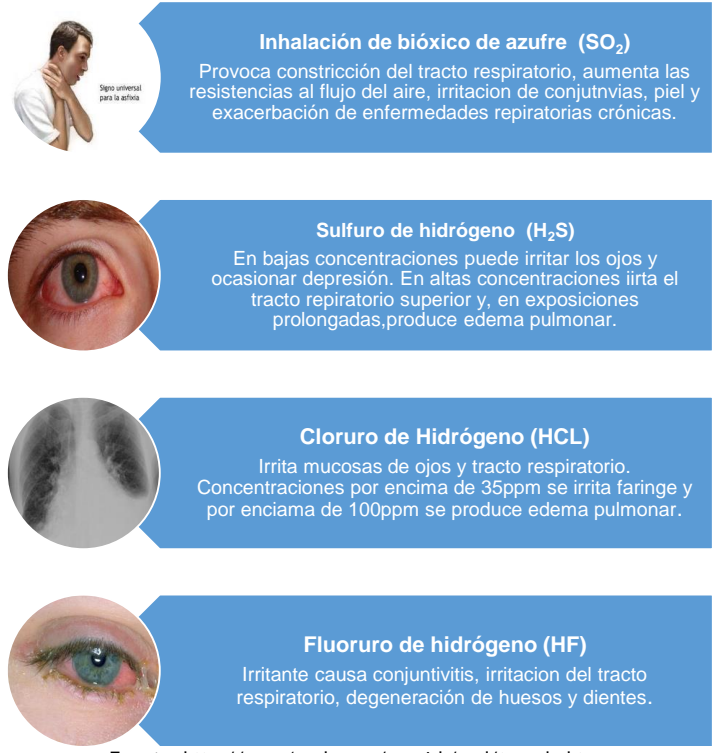
La afección del tracto aéreo depende del tiempo de exposición, de la concentración del gas en el aire y de la solubilidad acuosa.

Así los gases poco solubles penetran con facilidad hasta los alvéolos, provocando tos, bronco espasmo, dolor torácico y fundamentalmente

insuficiencia respiratoria por afectación del intercambio gaseoso, es decir, hipoxemia.<sup>7, 8.</sup>

Estas afecciones son provocadas por la inhalación de las siguientes sustancias:

Figura 7. Afecciones provocadas por inhalación de gases volcánicos.



Fuente: [http://www1.paho.org/spanish/ped/te\\_volc.htm](http://www1.paho.org/spanish/ped/te_volc.htm).

**CENIZA**

Las partículas de ceniza producidas en erupciones explosivas son lo suficientemente pequeñas para ser rápidamente inhaladas y llevadas a los pulmones y las partículas más gruesas pueden alojarse en la nariz o en los ojos e irritar la piel.<sup>9, 10.</sup>

Tabla 4. Evento eruptivo (ceniza) y sus consecuencias en la salud.

Evento eruptivo: emisión y caída de ceniza			
Tipo de afectación	Consecuencias	Impacto a la comunidad	Acciones preventivas
Respiratoria	Inhalación de ceniza fina. <10 micras de diámetro.	Asma, recrudecimiento de enfermedades pulmonares previas.	Pruebas de laboratorio para medición de partículas. Uso de mascarilla de alto rendimiento. Protección de casas y oficinas de la infiltración de ceniza.
	Inhalación de polvo de sílice (presencia de sílice, cuarzo).	Silicosis si existe una exposición fuerte y continua (años).	Análisis de laboratorio para identificar sílice. Equipo protector respiratorio.
Tóxicas	Ingestión de agua contaminada con flúor, metales pesados (aluminio, cobre, arsénico).	Malestar gastrointestinal. Puede llevar a la muerte en personas vulnerables (enfermos crónicos).	Pruebas de laboratorio que identifiquen elementos tóxicos. Evitar las aguas superficiales para beber.
	Ingestión de alimentos contaminados (como en el caso anterior), incluida la leche.		Pruebas de laboratorio que determinen si existen elementos tóxicos. Observar la salud de los animales. Análisis de laboratorio de la leche.
Oculares	Cuerpos extraños en ojos.	Conjuntivitis; desgaste de las córneas.	Gafas protectoras para exposiciones fuertes (trabajadores al aire libre).

Mecánica	Colapso y caída de techos.	Traumas.	Prevenir la acumulación de cenizas. Eliminar la ceniza con precaución.
	Accidentes de tránsito por caminos resbalosos y poca visibilidad.	Traumas, suspensión del transporte de emergencia, viajeros desamparados	Control de tránsito y asignación de refugios de emergencia.
	Interferencias en radio y televisión.	No se reciben las alertas, no funciona la transmisión por satélite.	Campañas de información pública antes de la erupción.
	Interrupción de la electricidad.	Averías en servicios públicos, sistemas de calefacción, etc.	Cubrir aisladores u organizar cuadrillas de reparación.
<b>Protección de las vías respiratorias y de los ojos:</b> Actualmente hay mascarillas baratas, desechables y de alto rendimiento, capaces de retener partículas de tamaño micrométrico; se pueden almacenar localmente para su distribución inmediata en las comunidades después de una caída de ceniza. Se debe disponer de respiraderos de media mascarilla o de cascos de corriente de aire (respiraderos con visera y motor) y lentes de seguridad para el personal de urgencias y otras personas que trabajen al aire libre y brigadas de limpieza.			

Fuente: [http://www1.paho.org/spanish/ped/te\\_volc.htm](http://www1.paho.org/spanish/ped/te_volc.htm).

**Tabla 5. Evento eruptivo (gas) y sus consecuencias en la salud.**

Evento eruptivo: emisión de gas			
Tipo de afectación	Consecuencias	Impacto a la comunidad	Acciones preventivas
Ambiental	Lluvia ácida	Irritación de ojos y piel; posible contaminación tóxica. El olor ácido del depósito proviene de la superficie de las partículas de cenizas y no representa un riesgo respiratorio por gases tóxicos.	Protección durante la lluvia; evitar almacenar agua pluvial para beberla, especialmente de techos metálicos, etc.

Fuente: [http://www1.paho.org/spanish/ped/te\\_volc.htm](http://www1.paho.org/spanish/ped/te_volc.htm).

## PANORAMA DE DAÑOS A LA SALUD ASOCIADOS A CAÍDA DE CENIZA E INHALACIÓN DE GAS TOXICO POR VOLCÁN POPOCATÉPETL.

### CONJUNTIVITIS:

Debido a la emanación de gases volcánicos o caída de ceniza, puede existir afectación a los ojos, por un proceso irritativo o cuerpos extraños.

En los municipios de las áreas 1 y 2 de posible afectación por actividad volcánica se ha observado un comportamiento regular en cuanto al número de casos de conjuntivitis en un periodo de tiempo del 2012 al 2014, con un registro anual de casos que va de 1,485 a 1,608; en el año 2015 se registró un aumento en el número de casos con 3,292, un patrón que parece repetirse durante 2016 ya que se han notificado 1,547 casos en las primeras 23 semanas epidemiológicas del año.

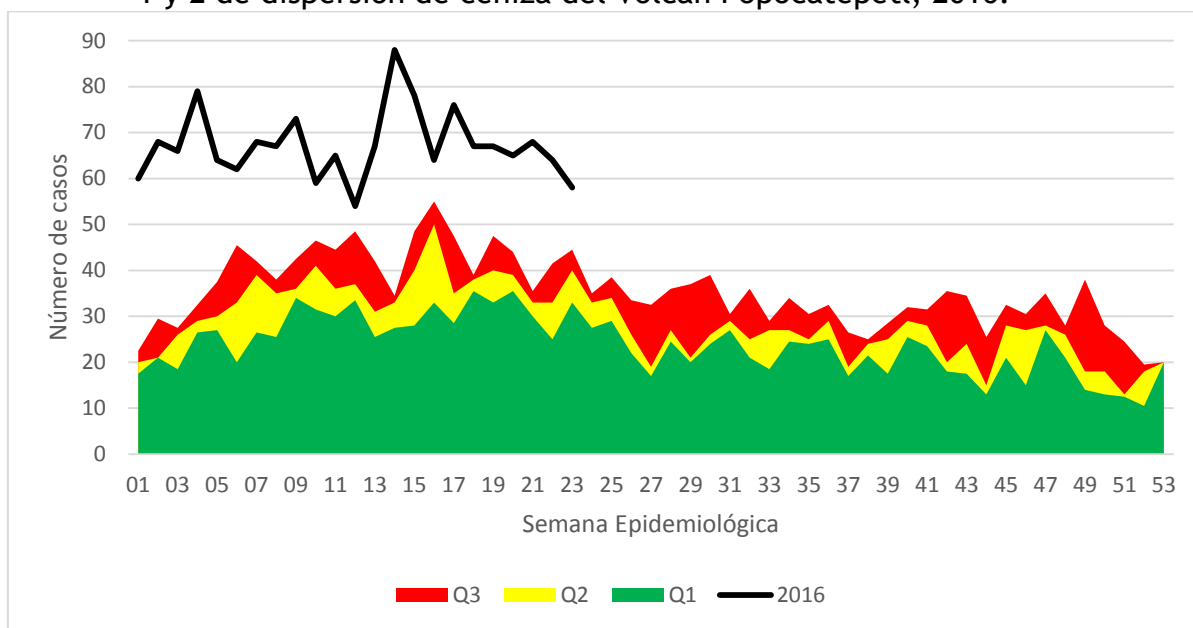
Para el 2016 se observa un aumento en el número de casos, de acuerdo a lo observado en años previos (2009-2015). Los casos de esta enfermedad se observan en la zona de epidemia, de acuerdo al canal endémico en todos los municipios del área 1 y 2 y para todas las semanas epidemiológicas del presente año. El comportamiento en años pasados nos indica que hay un leve aumento en el número de casos de la semana epidemiológica no. 5 a la 23.

**Tabla 6.** Casos de conjuntivitis y tasa por año, en municipios de área 1 y 2 de afectación.

Año	Número de casos	Tasa (casos por 100,000 habitantes)
2012	1,485	287.54
2013	1,608	307.10
2014	1,600	301.66
2015	3,292	613.20
2016*	1,547	284.88

\*Hasta la semana epidemiológica No.23  
 Fuente: Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA  
 Para el cálculo de tasas de utilizaron las Proyecciones de población de CONAPO

**Grafica 4.** Canal endémico de conjuntivitis en municipios localizados en área 1 y 2 de dispersión de ceniza del Volcán Popocatepetl, 2016.



Fuente: Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA

**ASMA:**

La actividad volcánica puede causar exacerbación de padecimientos pulmonares preexistentes, como asma; de 2012 a 2015 se han notificado de 185 a 258 casos de asma en los municipios del área 1 y 2, para 2016 en número de casos hasta la semana epidemiológica no. 23 es de 80 casos.

Para el 2016 se observa un aumento en el número de casos entre la semana epidemiológica no. 6 a la 8, de acuerdo a lo observado en años previos (2009-2015); en este periodo de tiempo los casos se encontraron en zona de epidemia, para el resto de las semanas de 2016, los casos han fluctuado entre epidemia y seguridad principalmente. El comportamiento en años pasados nos indica que los casos de asma, se presentan en mayor proporción de la semana 1 a 4 y de la 28 a 52.

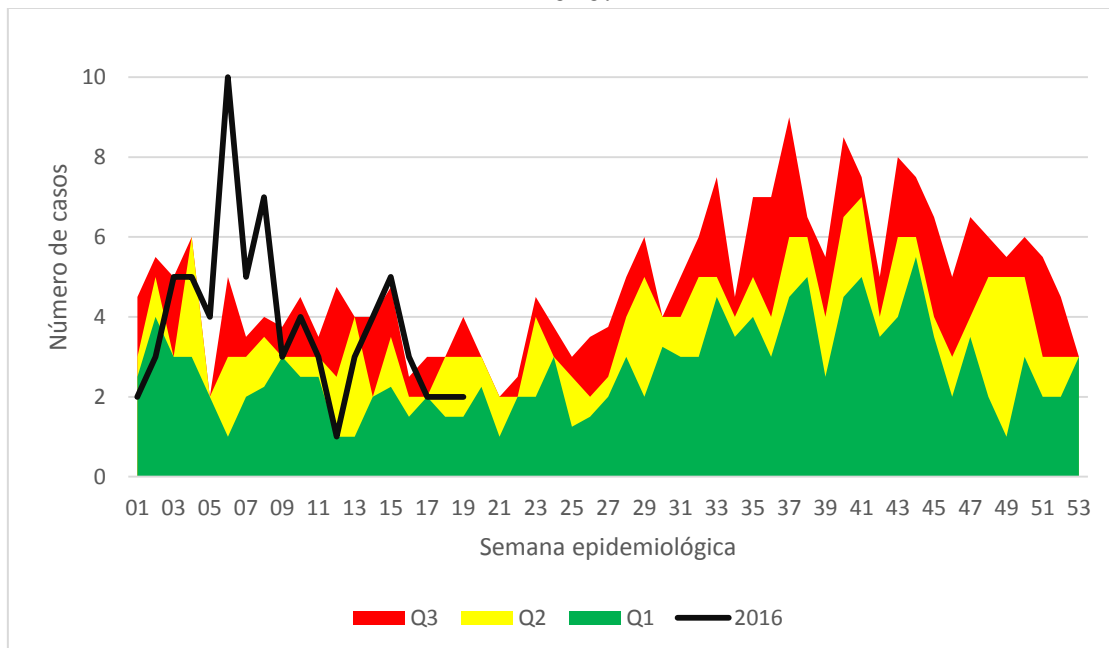


**Tabla 7.** Casos de asma y tasa por año, en municipios de área 1 y 2 de afectación.

Año	Número de casos	Tasa (casos por 100,000 habitantes)
2012	185	35.82
2013	217	41.44
2014	258	48.64
2015	188	35.02
2016*	80	14.73

\*Hasta la semana epidemiológica No.23  
 Fuente: Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA  
 Para el cálculo de tasas de utilizaron las Proyecciones de población de CONAPO

**Grafica 5.** Canal endémico de asma y estado asmático en municipios localizados en área 1 y 2 de dispersión de ceniza del Volcán Popocatepetl, 2016.



Fuente: Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA

**INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS:**

La exposición a gases y ceniza volcánica afectan el funcionamiento normal del aparato respiratorio, provocando síntomas parecidos a una infección respiratoria aguda, además pueden alterar el sistema inmunitario desencadenando una infección, principalmente de vía aérea.

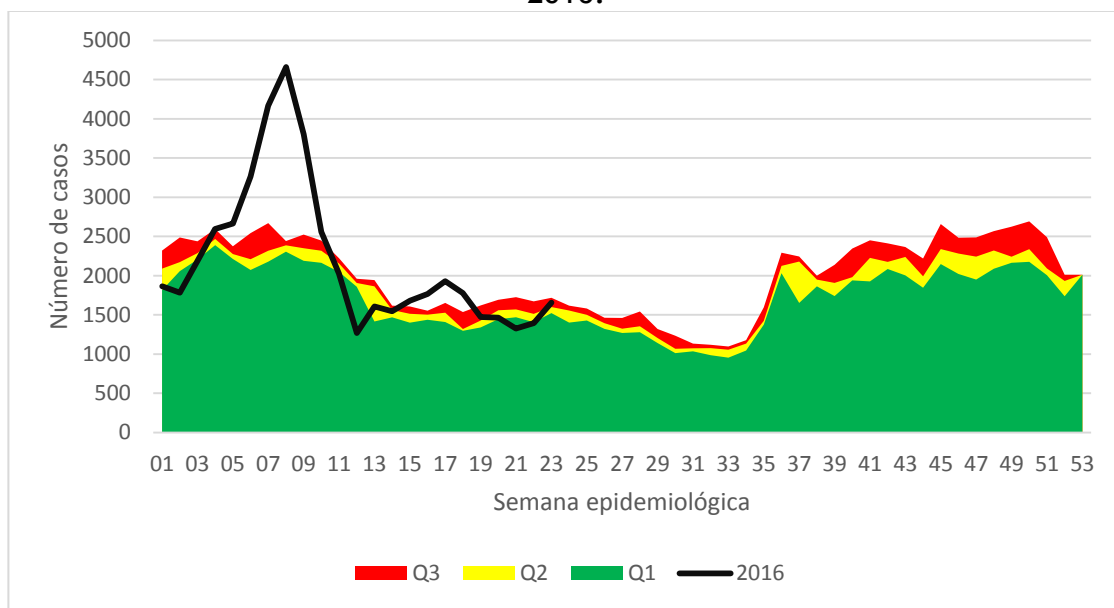
El comportamiento de las infecciones respiratorias agudas en los municipios del área 1 y 2, muestran temporalidad al igual que otros padecimientos asociados a la etapa de frío. En este año, se observa un pico con casos en zona de epidemia, que comenzó a partir de la semana epidemiológica no. 10, el pico máximo fue en la semana no. 8 y entró en zona de éxito para la semana 12. Otra elevación en de menor intensidad, pero con los casos en zona de epidemia, se observó en las emanas 15 a 18 de este año.

**Tabla 8.** Casos de infecciones respiratorias agudas y tasa por año, en municipios de área 1 y 2 de afectación.

Año	Número de casos	Tasa (casos por 100,000 habitantes)
2012	95,503	18,104.71
2013	97,109	18,546.21
2014	107,075	20,187.87
2015	90,823	16,917.63
2016*	50,437	9,287.97

\*Hasta la semana epidemiológica No.23  
 Fuente: Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA  
 Para el cálculo de tasas de utilizaron las Proyecciones de población de CONAPO

**Grafica 6.** Canal endémico de infecciones respiratorias agudas en municipios localizados en área 1 y 2 de dispersión de ceniza del Volcán Popocatepetl, 2016.



Fuente: Cubos de información del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica, DGE/SSA

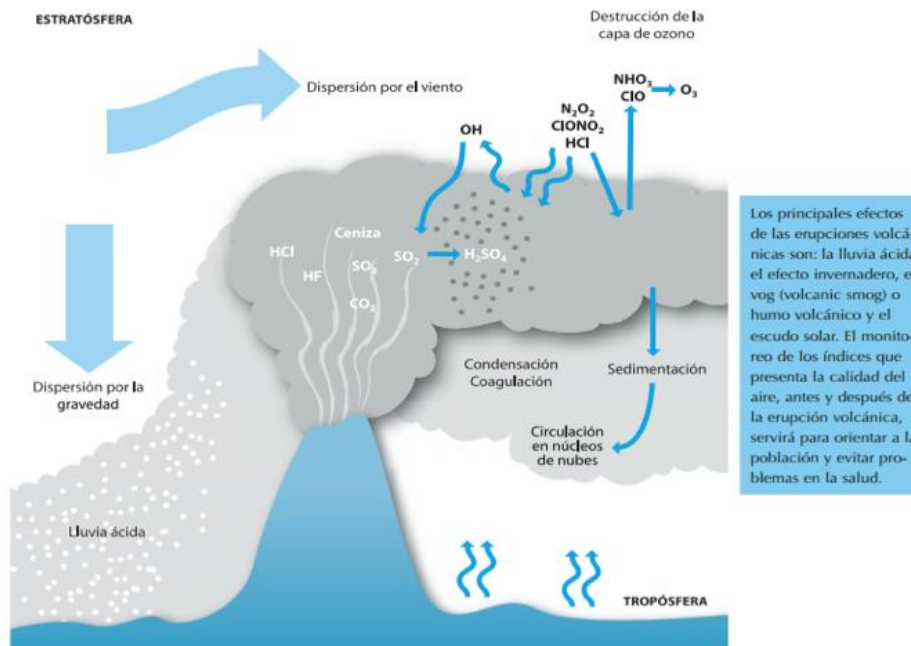
**EFFECTOS PRINCIPALES EN EL AMBIENTE.**

Se pueden considerar a los siguientes como los impactos con mayor incidencia sobre las zonas afectadas.<sup>5, 6.</sup> (Figura 8):

- La lluvia ácida.
- El efecto de invernadero.
- El vog (volcanic smog) o humo volcánico.



**Figura 8.** Alteración atmosférica por emisiones volcánicas.



Fuente: Noji, Eric. Impacto de los desastres en la salud pública. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá, 2000. p.192.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Reyna de la Cruz Servando. (2004), "Volcanes, Peligro y Riesgo Volcánico en México. Serie Fascículos.", 1a. Edición, CENAPRED, México, ISBN: 970-628-734-5
2. Servicio Geológico Mexicano, <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/vulcanismo/volcanes-de-mexico>
3. Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, [www.cenapred.unam.mx](http://www.cenapred.unam.mx)
4. ANÁLISIS Y MAPA DE RIESGO DEL VOLCÁN COLIMA, MÉXICO, Carlos Suárez Plascencia y Gustavo Saavedra De La Cruz, Centro de investigación de la Facultad de Geografía, Universidad de Guadalajara, México.
5. CENAPRED. (2001). *Las Cenizas Volcánicas del Popocatepetl y sus Efectos para la Aeronavegación a Infraestructura Aeroportuaria*. Centro Nacional de Prevención de Desastres Instituto de Geofísica, UNAM.
6. Salud, O. p. (2000). *Erupciones volcánicas y protección de la salud*. Quito.
7. Departament of the Interior, U. G. (n.d.). From <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/what/VolGas/volgas.html>
8. México, I. N. (1995). Efecto sobre la función pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatepetl. 8 (112-118).
9. Noji, E. (2000). Impacto de los desastres en la salud pública.
10. Rivera Tapia, A., Yañez, A., & Cedillo, L. (2005). Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. 14 (107-115).



## RIESGO METEOROLÓGICO

### CICLONES TROPICALES

Un **ciclón tropical** es un remolino gigantesco que cubre cientos de miles de kilómetros cuadrados y tiene lugar, primordialmente, sobre los océanos tropicales.

La formación de los ciclones se ve favorecida con temperaturas de la capa superficial de agua por arriba de los 26 °C, aunado a la existencia de una zona de baja presión atmosférica y vientos.

#### Etapas de Evolución

- **Perturbación Tropical.** Zona de inestabilidad atmosférica asociada a la existencia de un área de baja presión, la cual propicia la generación incipiente de vientos convergentes cuya organización eventual provoca el desarrollo de una depresión tropical.
- **Depresión Tropical.** Los vientos se incrementan en la superficie, producto de la existencia de una zona de baja presión. Dichos vientos alcanzan una velocidad sostenida menor o igual a 62 kilómetros por hora.
- **Tormenta Tropical.** El incremento continuo de los vientos provoca que éstos alcancen velocidades sostenidas entre los 63 y 118 km/h. Las nubes se distribuyen en forma de espiral. Cuando el ciclón alcanza esta intensidad se le asigna un nombre preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial.
- **Huracán.** Es un ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h. El área nubosa cubre una extensión entre los 500 y 900 km de diámetro, produciendo lluvias intensas. El ojo del huracán alcanza normalmente un diámetro que varía entre 24 y 40 km, sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 km.

La temporada en el Océano Pacífico Nororiental (costas de México) abarca del 15 de mayo al 30 de noviembre cada año, mientras que en el Océano Atlántico (Golfo de México y el Mar Caribe) se extiende del 01 de junio al 30 de noviembre.

En México, entre los meses de mayo a noviembre, se presentan en promedio 23 ciclones tropicales con vientos mayores a 63 km/h. Del orden de 14 ciclones

tropicales ocurren en el Océano Pacífico y nueve en el Golfo de México y el mar Caribe.

De ellos cuatro inciden cada año sobre territorio nacional o se acercan a menos de 100 km, dos desde el Pacífico y dos desde el Atlántico.

### ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS CICLONES TROPICALES EN MÉXICO.

Tabla 1. Huracanes más importantes en México.

AÑO	EVENTO	ENTIDADES FEDERATIVAS AFECTADAS	DAÑOS CAUSADOS
1970	Huracán Ella Categoría III	Quintana Roo, Tamaulipas, Nuevo León, Yucatán, Campeche.	---
1974	Huracán Carmen Categoría IV	Quintana Roo, Campeche y Yucatán.	Daños a cultivos y varias defunciones.
1977	Huracán Anita Categoría V	Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes.	Grandes daños a las aldeas en el noreste de México, con cerca de 25 mil personas quedaron sin hogar.
1980	Huracán Allen Categoría III	Quintana Roo, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.	Fallecieron 249 personas y cuantiosos daños a infraestructura.
1988	Huracán Gilberto Categoría V	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.	Las pérdidas se cuantifican en 10 billones de dólares pero en todos los países que afectó.
1997	Huracán Paulina Categoría III	Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco.	Impactó de forma desastrosa el noreste de México; se evacuaron 51 plataformas petroleras, lo que significó una pérdida de 8,708 barriles de petróleo por día y 173,140 millones de pies cúbicos de gas natural diariamente.
2002	Huracán Kenna Categoría IV	Nayarit, Jalisco, Sinaloa, Durango y Zacatecas.	No se reportaron defunciones, aunque unas 40 personas resultaron heridas y los daños ascendieron a unos 10 millones de dólares.
2005	Huracán Stan Categoría I	Quintana Roo, Yucatán, Veracruz, Oaxaca, Campeche y Chiapas.	Arrasó con 2,500 casas.
2005	Huracán Wilma Categoría IV	Península de Yucatán, el ojo pasó por la Isla de Cozumel para hacer contacto en playa del Carmen en Campeche.	Las pérdidas fueron incuantificables al afectar el turismo, la agricultura, y las actividades económicas en general, se estima, sus daños se cuantifican en 7.5 billones de dólares.
2007	Huracán Dean Categoría V	Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Querétaro.	Los daños materiales causados ascienden a 1,000 millones de pesos (unos 91 millones de dólares), estimaron autoridades estatales.
2012	Huracán Bud Categoría III	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.	Produjo consecuencias positivas para los agricultores de Colima.
2013	Huracán Manuel Categoría I	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa.	<b>Primer impacto:</b> Como tormenta tropical, el día 15 de septiembre, cerca de las 14:00 horas local del centro del país, en las cercanías al sureste de la ciudad de Manzanillo. <b>Segundo impacto:</b> Como huracán, el 19 de septiembre alrededor de las 9:00 horas local del centro del país, a 25 km al norte de la población de Altata, Sinaloa.
2013	Huracán Ingrid Categoría I	Campeche, Tabasco, Veracruz, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León e Hidalgo.	Toco tierra en la costa de Tamaulipas el día 16 de septiembre, a las 7:00 horas, tiempo del centro de México, sobre la población de La Pesca, Tamaulipas.
2014	Huracán Odile Categoría IV	Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur.	<b>Primer impacto:</b> El ojo del huracán "Odile" tocó tierra el 14 de septiembre a las 23:45 horas tiempo del centro de México, a 10 km al este de Cabo San Lucas, BCS. <b>Segundo impacto:</b> El 17 de septiembre aproximadamente a las 11:30 horas tiempo del centro de México, la tormenta tropical "Odile" tocó tierra por segunda ocasión en su trayectoria, esta vez en la costa noroeste

AÑO	EVENTO	ENTIDADES FEDERATIVAS AFECTADAS	DAÑOS CAUSADOS
			de Sonora a 75 km al sureste de Puerto Peñasco.
2015	Huracán Patricia Categoría V	Colima, Jalisco y Nayarit	El ciclón tropical “Patricia” fue considerado el huracán más intenso de la historia de las cuencas del Pacífico y Atlántico.

Fuente: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=featured&Itemid=128](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=128)

## DAÑOS A LA POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA EN SALUD

El tipo de daños provocados por las lluvias y escurrimientos de los ciclones tropicales varía dependiendo de varios factores:

- Velocidad de desplazamiento: ciclones que se mueven lentamente o permanecen estacionarios tienden a dejar más lluvia.
- Tamaño del fenómeno: mientras más grande es un ciclón, mayor es el área que recibe lluvias del mismo.
- Trayectoria específica.
- Hora del día.
- Efectos locales debidos a la topografía.
- Interacción con otros sistemas meteorológicos como frente frío, onda tropical y canal de baja presión.

Los efectos en zonas costeras provocados por el oleaje y marea de tormenta que acompañan a los ciclones tropicales pueden ser altamente destructivos; varía de acuerdo a factores locales: forma específica de la costa y lecho marino circundante, viento, campo de presión atmosférica y tamaño del fenómeno.

Las **precipitaciones** asociadas al ciclón tropical pueden reblandecer el suelo en algunas regiones, por lo que se exhorta a la población a extremar precauciones debido a que pudieran registrarse **deslaves, deslizamientos de laderas, desbordamientos de ríos, arroyos, y/o afectaciones en caminos y tramos carreteros, así como inundaciones** (eventos que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.) **en zonas bajas y saturación de drenajes en zonas urbanas.** La navegación marítima en las inmediaciones del sistema, deberá extremar precauciones, así como las operaciones aéreas.

La **marea de tormenta** (sobreelevación del nivel medio del mar cuando un ciclón tropical se acerca a la costa) es a escala mundial, la principal causa de pérdidas de vidas humanas asociadas a los huracanes; en México, venturosamente no tiene la importancia que adquiere en otros países como Estados Unidos de Norteamérica o Bangladesh.

En México, los ciclones tropicales producen las condiciones de **oleaje** más severas y, por lo que no es conveniente la navegación en esas condiciones y se considera en el diseño de las obras de protección costeras.

## PRONÓSTICO 2017

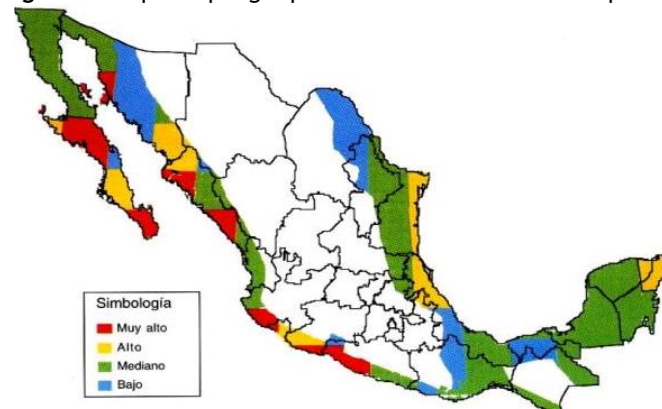
El Consorcio de Riesgo de Tormenta Tropical (TSR) de la Universidad College London, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y la Universidad Estatal de Colorado (CSU); pronostican que la temporada de 2017 para el Océano Atlántico, será una temporada cercana a la media, con una predicción de 14 tormentas tropicales, 6 huracanes y 3 huracanes mayores. Para la región del Pacífico se pronostica 28 ciclones tropicales.

## POSIBLES ESCENARIOS

Con base en las zonas de ingreso, se infiere que en los estados de Baja California Sur, Michoacán, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas; sucede mayor ocurrencia de penetración (2 a 4 años). Debido a existencia de importantes centros de población asentados a lo largo de sus costas, se ha estimado que las personas expuestas a este fenómeno son aproximadamente 4,000,000 (el 40% de la población total de estos estados, ubicada en 31 municipios costeros). En otras entidades la recurrencia de penetración ciclónica oscila entre 5 y 7 años; se estima que en ellos aproximadamente 2,000,000 de personas están expuestas a sufrir sus efectos.

Este grupo lo integran los estados de Baja California Sur, Campeche, Colima, Quintana Roo y Jalisco, en cuyos 19 municipios costeros se asienta el 26.3% de su población total. Por último, en un grupo integrado por los estados de Nayarit, Guerrero, Tabasco, Tamaulipas, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Yucatán el período de recurrencia o penetración de ciclones es de 8 a 26 años. Este grupo se caracteriza por mayor dispersión de su población costera: se ha estimado que 4,000,000 de personas (23.9% del total), en 176 municipios, están expuestas a este riesgo.

Figura 1. Mapa de peligro por incidencia de ciclones tropicales.



Fuente: [http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/sector/vulne-pcivil.html](http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/sector/vulne-pcivil.html)

## TSUNAMIS

La gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino.

En México existe un riesgo aún mayor debido a los sismos en la Fosa Mesoamericana, que es la zona de hundimiento de la Placa de Cocos y de la Placa de Rivera bajo la Placa de Norteamérica, adyacente al litoral suroccidental. La costa occidental de México en los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas está expuesta al arribo de estos tsunamis de origen local (riesgo mayor). Toda la costa del Pacífico de México está expuesta al arribo de maremotos de origen lejano (riesgo menor).

## DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA

- **Primarios:** causados directamente por la acción estática del agua (inundación, presión, flotación) en las estructuras, o por su acción dinámicas (corrientes, fuerzas de arrastre), y rompimiento de las olas o rebasado de sus aguas en muelles rompeolas.
  
- **Secundarios:**
  - Impacto de objetos flotantes o arrastrados por las aguas (embarcaciones, vehículos, etc.) en estructuras fijas.
  - Incendios o explosiones, inducidos por el impacto de tales objetos flotantes en tanques de almacenamiento de combustible.
  - Líneas eléctricas caídas.
  - Derrumbe de edificaciones, por escurrimiento del material térreo de soporte de sus cimientos.
  - Contaminación por líquidos y/o gases tóxicos, al romperse los recipientes o envases.
  - Decesos y heridos.
  - Destrucción de construcciones.
  - Daños en vías de comunicación, hospitales y escuelas.
  - Interrupción de servicios públicos (electricidad, telefonía, etc).
  - Pérdida de viviendas, desplazamiento y reubicación de asentamientos humanos.

El desarrollo actual de la sismología NO permite aún predecir cuándo ocurrirá un tsunami.



## SEQUÍAS

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas.<sup>1</sup>

### Clasificación de las Sequías

- **Sequía Meteorológica.** Se presenta en un período de tiempo cuando la lluvia registrada es menor al promedio.
- **Sequía Hidrológica.** Se presenta en un período de tiempo cuando los escurrimientos tanto superficiales como subterráneos están por debajo del promedio.
- **Sequía Agrícola.** Se presenta en un período de tiempo cuando la humedad contenida en el suelo es insuficiente para producir una cosecha.<sup>2</sup>

### Clasificación de la intensidad de la sequía de acuerdo al monitor de sequía de américa del norte (NADM).

- **Anormalmente Seco (D0):**  
Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía.
- **Sequía Moderada (D1):**  
Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.
- **Sequía Severa (D2):**  
Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.
- **Sequía Extrema (D3):**  
Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.
- **Sequía Excepcional (D4):**  
Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.<sup>3</sup>

### Origen y características de las sequías

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios de las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera, generados por modificaciones en el albedo superficial, la existencia de una

espesa capa de polvo en la atmósfera, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos y mares e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono, ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones.<sup>1</sup>

Existen áreas específicas sensibles al fenómeno, definidas básicamente por su localización geográfica, como lo es la latitud, ya que a partir de la línea del Ecuador hacia los polos, en forma alterna, se presentan las franjas de baja y alta presión atmosférica, donde las primeras corresponden a las áreas lluviosas y húmedas en el planeta, desde el Ecuador hacia los 60° de latitud Norte y Sur y las segundas, corresponden a zonas donde los vientos son secos y descendentes, que no proporcionan lluvia y están alrededor de los 30° Norte y Sur, y en los polos.<sup>1</sup>

Así, México tiene gran parte de su territorio en la franja de alta presión de latitud Norte, por lo que estas zonas son áridas y semiáridas, coincidiendo en latitud con las zonas de los grandes desiertos africanos y asiáticos, al igual que los desiertos australianos.<sup>1</sup>

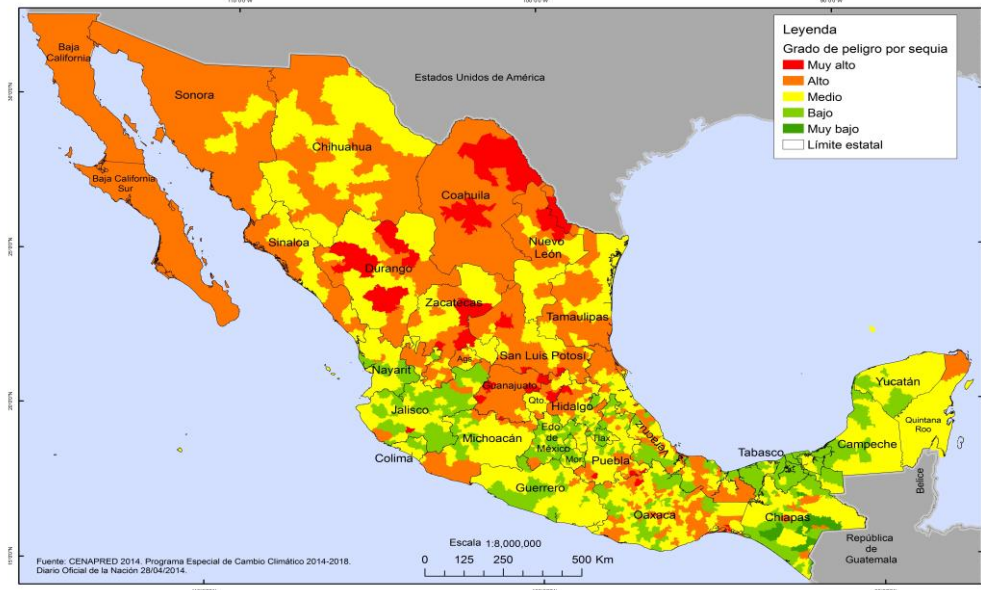
**Los estados que más las padecen son los del norte, mencionando por orden de magnitud a:** Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala.<sup>1</sup>

*Las consecuencias más comunes de la sequía incluyen:*

1. Disminución de la producción agrícola y de la capacidad de carga del ganado.
2. Malnutrición, deshidratación y enfermedades relacionadas.
3. Hambruna debido a la pérdida de los cultivos alimentarios.
4. Migración masiva, resultando en un gran número de desplazados internos y refugiados.
5. Daños al hábitat, afectando la vida silvestre en la ecorregión terrestre y acuática.
6. Tormentas de polvo, cuando la sequía afecta un área que sufre de desertificación y erosión.
7. Descontento social, conflictos y guerras por recursos naturales, incluyendo agua y alimentos.<sup>4</sup>

En México el Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), es el resultado de la cooperación técnica entre expertos de sequía de México, Estados Unidos y Canadá, tiene como objetivo describir las condiciones de sequía en América del Norte. Se basa en el éxito del Monitor de Sequía de los Estados Unidos (USDM) que utiliza una metodología basada en el análisis de diversos índices o indicadores de sequía propuesta en 1999. El Centro Nacional de Datos Climáticos de los Estados Unidos (NCDC) es el encargado de coordinar las actividades entre las contrapartes de los países, que incluye un calendario de autores por país, quienes tienen la misión de reunir las evaluaciones mensuales de la sequía y generar el mapa regional de sequía de América del Norte.<sup>3</sup>

Figura 2. Grado de peligro por sequía en México.



## INCENDIOS FORESTALES

Desde el año 2006, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), en cooperación con el Área de Análisis Satelital (SAB) de la NOAA-NESDIS, ha trabajado en forma conjunta para mejorar la detección de los incendios forestales en México. El mayor soporte ha sido el intercambio de información y técnicas de procesamiento de datos, así como la transmisión de información de puntos de calor obtenidos por diferentes sensores como el MODIS, AVHRR y del satélite GOES en tiempo real.

Actualmente, especialistas del SMN, se encuentran trabajando en forma conjunta con los especialistas de la NOAA-NESDIS para mejorar los resultados que se tienen para México. Se están considerando las actuales necesidades de las diferentes instituciones que utilizan dicha información como la Coordinación Nacional de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) entre otros.<sup>4</sup>

De acuerdo a los resultados de los análisis meteorológicos y de los modelos numéricos de predicción a corto plazo se prevé que los valores de temperatura sean moduladas por los sistemas invernales y por la menor radiación solar, por lo que el riesgo de incendio forestal irá, así mismo incrementándose. Se espera que los valores máximos de temperatura se registren en los estados costeros del litoral del Océano Pacífico.

De acuerdo a las condiciones de vegetación, ambientales y del suelo, entre otros, en las imágenes comparativas se aprecia que el riesgo alto de incendios se mantiene en la Península de Baja California; Sonora, Chihuahua, Durango y Sinaloa, el riesgo bajo se mantiene en regiones muy pequeñas de los estados restantes del país.<sup>4</sup>

Figura 3. Riesgo de incendios. Servicio Meteorológico Nacional. Periodo diciembre 2016.



Fuente: Monitoreo de riesgos para incendios forestales. Servicio Meteorológico Nacional.

## NEVADAS

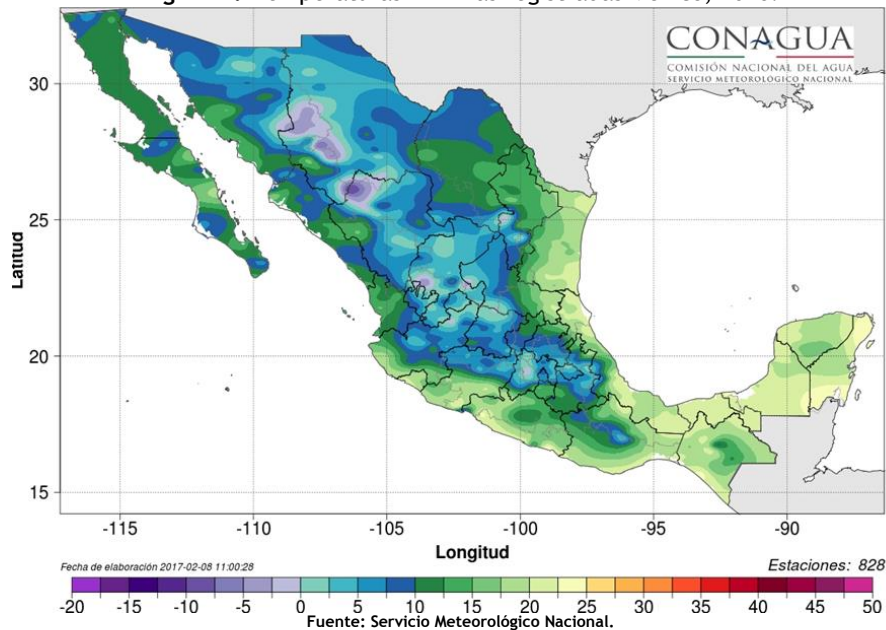
Las nevadas, también conocidas como tormentas de nieve, son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones.

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno. Un caso extraordinario ocurrió en el invierno de 1967, donde aproximadamente el 50% del territorio nacional resultó afectado por una nevada, incluso en el Valle de México.

Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país y en las regiones altas, y rara vez se presentan en el sur. Durante la estación invernal en las sierras del estado de Chihuahua suceden en promedio más de seis nevadas al año, mientras que en algunas regiones al norte de Durango y Sonora, las nevadas tienen una frecuencia de tres veces al año. También se han registrado nevadas que han afectado a las ciudades del centro del país, como las de Toluca, México, Puebla, Tlaxcala y San Luis Potosí.<sup>1</sup>

Es conveniente identificar cuáles son aquellas enfermedades que de forma directa son las causantes de los decesos durante el invierno. Entre ellas se encuentran la hipotermia, la congelación, el dolor de cabeza, los padecimientos de las vías respiratorias, la urticaria del frío, los ataques cardíacos, la intoxicación de monóxido de carbono y las quemaduras.<sup>5</sup>

Figura 4. Temperaturas mínimas registradas México, 2016.



## INESTABILIDAD DE LADERAS

Los problemas de inestabilidad de laderas se cuentan entre los peligros naturales más destructivos de nuestro planeta, lo cual representa una de las mayores amenazas para la vida y bienes materiales de la población.

Derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos complejos ocurren día con día alrededor del mundo, existen diversos factores para la inestabilidad de laderas. Principalmente influyen las modificaciones a la geometría de la ladera, por erosión o excavaciones artificiales, efectos de sismos de gran magnitud, explosiones para construcción o minería, lluvias intensas y prolongadas, debilitamiento de la capa superficial del suelo por deforestación, etc.

Las causas que disparan los deslizamientos también están relacionadas con las características geológicas y geomorfológicas del sitio (pendiente, altura, agrietamiento, grado de alteración de las rocas, etc.), así como propiedades mecánicas de los materiales propensos a la falla; estos se dividen en:

**Causas Externas.** Cambios en la pendiente del talud, acumulación de cargas sobre el talud o acciones dinámicas como las producidas por sismo, erupciones volcánicas o explosiones.

**Causas Internas.** La presencia de agua en el terreno ejerce una presión dentro de la masa de suelo que provoca la disminución de su resistencia al esfuerzo cortante, y consecuentemente la falla de una ladera. Para evitar la inestabilidad de las laderas hay que detener la deforestación, no excavar los costados de éstas, ni realizar cortes sin supervisión, detectar y corregir fugas de agua.<sup>1</sup>



De los poco más de 5 millones de personas que residen en áreas con inestabilidad de laderas, la gran mayoría presenta escasa vulnerabilidad (88.1%), dado que en gran proporción habita en ciudades mayores de 100 mil habitantes. Sin embargo, cerca de 600 mil personas tienen una elevada o moderada vulnerabilidad, la cual habita localidades menores de 5 mil habitantes. Por zona funcional, tenemos que de las 3,083 localidades en áreas de deslizamiento de laderas, 1,436 se localizan en las porciones de las cuencas altas, donde residen 550,416 personas; 1,388 localidades en la parte media con 2,813.636 habitantes y 259 en la cuenca baja con 1, 695,422 personas. Se puede observar que se presentan daños a la salud (traumatismos y asfixias principalmente) en la mayoría de la población en riesgo por estar en zonas de deslizamiento de laderas reside en la parte media de las cuencas (55.6%) y en la porción baja, 33.5 por ciento.

Según su nivel de vulnerabilidad, como se expresó con anterioridad, predomina la escasa vulnerabilidad, pero hay un poco más de 600 mil de personas con moderada y elevada vulnerabilidad, que residen principalmente en las zonas funcional media (320 mil) y alta de las cuencas, con 260 mil personas. En solamente dos cuencas: cuenca de México y río Papagayo reside la mayoría de la población en situación de riesgo por deslizamiento de laderas.<sup>6</sup>

## EROSIÓN

La erosión se define como la remoción de partículas de suelo debido a la acción de fenómenos climatológicos, como son la lluvia, el viento y el oleaje.

En México el problema se presenta principalmente en las zonas de topografía irregular, donde las pendientes del terreno son escarpadas. Tomando en cuenta que gran parte del territorio nacional tiene este tipo de relieve, y que las zonas de cultivo temporales se encuentran en estos sitios, se puede considerar que el problema es grave.

Históricamente los estados de México, Tlaxcala y Oaxaca, se han caracterizado por presentar fuertes problemas de erosión, sin embargo la objetiva evidencia de cárcavas y el azolve de embalses, se presenta en muchos otros estados.

### Clasificación de la erosión

- **Erosión Hídrica:** Esta se define como la remoción del suelo por el efecto del agua, sea causada por las gotas de lluvia o por el escurrimiento superficial.
- **Erosión Eólica:** Esta se define como la remoción del suelo por el efecto del viento.

Con respecto a las subdivisiones de los cuatro grandes procesos, tanto en la erosión hídrica como en la eólica, el tipo específico dominante fue la pérdida de suelo superficial.



En el caso de la hídrica, representó 88% de la superficie nacional afectada, y en la eólica, el 95.5%. En la degradación química predominó la disminución de la fertilidad del suelo (92.7% de la superficie nacional con degradación química) y en la física, la compactación (68.2% de la superficie nacional con degradación física).<sup>7</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

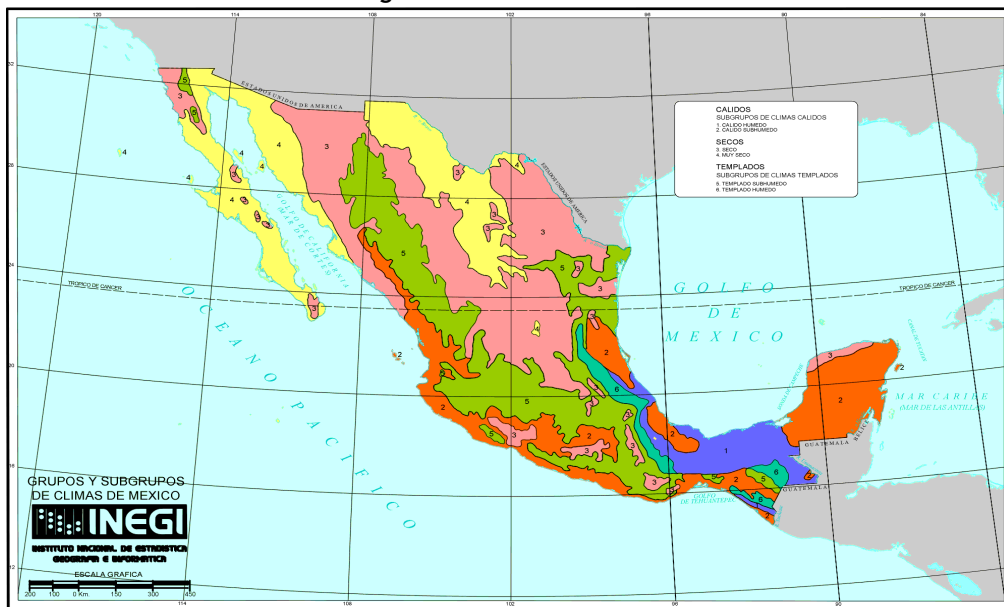
1. CENAPRED. Subsistema De Información Sobre Riesgos, Peligros Y Vulnerabilidad. 2014.
2. [http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/observatorio\\_nacional\\_sequia\\_1\\_1\\_tipos\\_sequia.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/observatorio_nacional_sequia_1_1_tipos_sequia.aspx)
3. Servicio Meteorológico Nacional. Climatología. Monitor de sequías. 2016.
4. Servicio Meteorológico Nacional. Observando el tiempo. Incendios Forestales. 2016.
5. Jiménez Espinosa, Matías Ramírez, García Jiménez. Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas.  
[http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/guia/Capitulo\\_III.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/guia/Capitulo_III.pdf)
6. Vulnerabilidad de la población frente a inundaciones e inestabilidad de laderas. Las cuencas hidrográficas en México.  
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/vulnerabilidad.pdf>
7. Suelos. SEMARNAT.
8. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap3\\_suelos.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf)

## TEMPERATURAS EXTREMAS

### INTRODUCCIÓN

En México el clima está determinado por la altitud, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, subhúmedo y muy seco.

Figura 1. Climas de México.



Fuente: INEGI.

Tabla 1. Climas en México.

CLIMA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	PRECIPITACIONES ANUALES (MM)	PORCENTAJE DEL TERRITORIO	REGIONES	COLOR EN EL MAPA
Seco	18 -26	300- 600	28.3	Norte y Centro	Pink
Muy seco	18-26	100-300	20.8	Noroeste y Norte	Yellow
Cálido húmedo	22-26	2000-4000	4.7	Sur del Golfo de México	Blue
Cálido subhúmedo	22-26	1000-2000	23	Costa del Pacífico, Península de Yucatán, Golfo de México	Orange
Templado húmedo	18-22	2000- 4000	2.7	Regiones de los estados de Veracruz y Chiapas	Cyan
Templado subhúmedo	10-18 y 18-22	600-1000	20.5	Centro	Green

Fuente: Agua, Comisión Nacional del. Clima en México. [En línea] [Citado el: 17 de Diciembre de 2014.] [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=68](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=68).

Por la diversidad de climas en México es necesario mantener la vigilancia de temperaturas extremas tanto mínimas como máximas, durante todo el año (Figura y tabla 1).

**PANORAMA**

En México la temperatura promedio anual ha ido en incremento en los últimos 13 años a razón de 0.5°C anuales. En el año 2013 la temperatura media fue de 21.9°C, 1.2°C por arriba del promedio entre los años 1971 y 2013 y siendo, junto con el 2012, el segundo año más cálido desde 1971.<sup>9</sup>

Durante el 2016, la temperatura media en el país fue de 22.4 °C. Con una temperatura mínima promedio de 15°C y máxima promedio de 29.8°C.

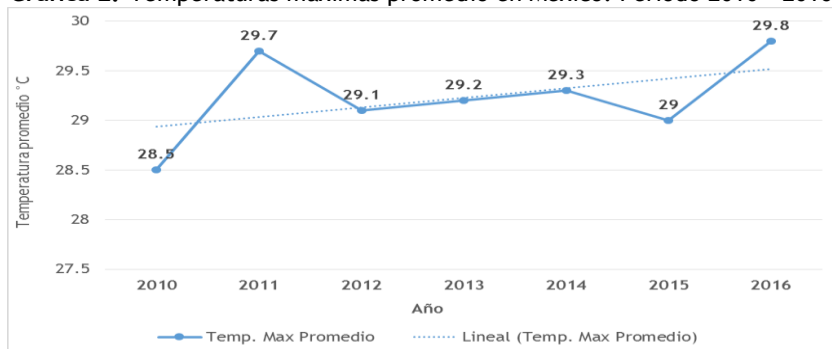
Temperatura media a nivel nacional por entidad federativa durante el año 2016.

ENTIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	12.1	15.0	17.0	19.8	23.3	21.9	21.0	20.6	20.2	18.8	15.9	15.1	18.4
BAJA CALIFORNIA	13.8	18.8	17.7	19.3	20.2	27.3	29.0	28.8	25.9	24.4	19.8	14.6	21.6
BAJA CALIFORNIA SUR	17.7	21.1	21.1	22.2	23.6	27.5	30.1	29.6	28.5	27.9	23.4	19.1	24.3
CAMPECHE	23.9	23.9	28.4	30.2	31.5	29.8	29.5	29.4	29.0	27.6	26.5	26.9	28.1
COAHUILA	12.4	16.4	20.4	22.7	25.4	27.6	29.8	27.5	26.1	23.1	18.6	15.5	22.1
COLIMA	24.8	26.1	25.0	26.4	27.7	28.8	28.9	28.6	28.3	29.0	27.6	26.3	27.3
CHIAPAS	22.9	23.0	26.5	27.9	28.3	26.2	26.3	26.1	25.7	25.3	24.2	23.8	25.5
CHIHUAHUA	9.5	13.8	16.9	19.4	22.5	26.1	26.4	23.7	23.1	20.6	15.2	12.5	19.1
DISTRITO FEDERAL	14.1	15.8	17.4	20.1	20.9	18.9	18.8	19.2	18.9	17.9	15.7	16.6	17.9
DURANGO	10.5	14.6	16.7	19.3	22.1	23.5	23.7	22.1	21.7	19.8	16.1	14.1	18.7
GUANAJUATO	14.2	15.6	18.1	21.1	23.7	21.9	21.0	20.8	20.5	19.4	16.9	16.8	19.2
GUERRERO	24.0	25.2	25.1	27.1	28.3	26.6	26.1	25.9	25.4	25.7	25.0	24.9	25.8
HIDALGO	13.8	14.9	18.5	20.9	22.6	20.7	21.0	20.7	20.3	18.6	16.4	16.4	18.7
JALISCO	17.2	18.8	19.9	22.4	25.3	24.3	23.2	23.1	22.9	22.5	19.7	18.6	21.5
ESTADO DE MÉXICO	11.6	12.5	14.3	16.6	17.8	15.9	15.8	16.1	15.7	14.7	12.8	13.7	14.8
MICHOACÁN	17.2	19.0	19.3	22.1	24.3	22.9	21.9	22.1	21.7	21.3	19.2	18.6	20.8
MORELOS	18.2	20.7	22.5	25.1	25.9	23.2	22.8	22.4	22.0	22.2	20.6	21.1	22.2
NAYARIT	20.4	23.9	23.5	25.7	28.5	29.1	28.5	28.3	28.1	28.1	26.1	23.0	26.1
NUEVO LEÓN	14.1	17.5	21.6	23.9	26.0	27.1	29.5	28.1	26.8	23.9	20.4	16.6	23.0
OAXACA	21.9	21.9	25.2	27.2	28.2	26.3	26.2	25.6	24.9	24.3	23.5	23.3	24.9
PUEBLA	14.7	15.6	18.2	20.2	21.5	19.7	19.6	19.5	19.1	18.2	16.8	16.9	18.3
QUERÉTARO	14.8	16.2	18.7	22.4	24.9	22.3	21.9	21.5	21.1	20.5	17.6	17.4	19.9
QUINTANA ROO	24.3	23.6	26.9	27.8	28.6	27.6	28.8	29.8	29.7	28.2	26.5	26.9	27.4
SAN LUIS POTOSÍ	16.2	17.9	22.7	24.6	27.0	25.7	26.4	25.8	25.0	23.4	20.0	19.8	22.9
SINALOA	19.1	22.4	22.8	24.7	27.4	30.5	30.4	29.6	29.4	29.4	25.8	21.5	26.1
SONORA	13.9	19.0	19.6	21.4	24.0	30.2	30.8	29.1	27.4	26.0	19.9	15.6	23.1
TABASCO	23.3	23.4	27.4	29.1	30.3	28.8	29.0	28.7	28.0	27.3	25.5	25.8	27.2
TAMAULIPAS	16.8	19.4	23.6	25.9	27.9	28.4	30.0	29.6	28.8	26.6	23.1	20.6	25.1
TLAXCALA	12.3	14.3	14.9	17.5	18.8	16.8	16.9	17.1	16.7	15.6	14.2	14.2	15.8
VERACRUZ	18.3	19.1	23.3	25.4	27.1	25.8	25.8	25.6	25.0	23.7	21.8	21.4	23.5
YUCATÁN	23.1	22.8	27.1	28.7	30.1	29.2	29.3	28.8	28.5	27.1	25.4	26.0	27.2
ZACATECAS	10.6	14.2	15.8	18.5	21.7	21.0	20.5	20.0	19.3	17.9	15.0	14.3	17.4
<b>NACIONAL</b>	<b>15.8</b>	<b>18.5</b>	<b>20.9</b>	<b>23.0</b>	<b>25.1</b>	<b>26.3</b>	<b>26.8</b>	<b>25.8</b>	<b>25.0</b>	<b>23.6</b>	<b>20.2</b>	<b>18.2</b>	<b>22.4</b>

Fuente: SMN, Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia 2016. Valores en °C.

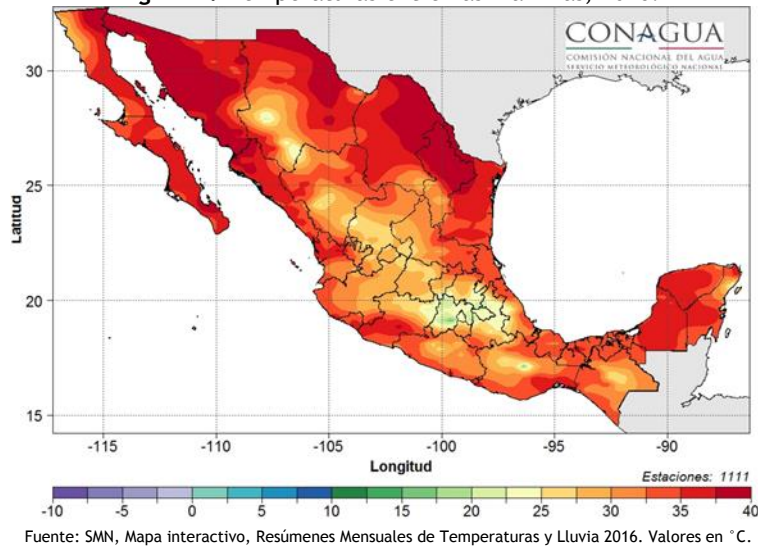
Por lo general los meses más calurosos son entre abril y agosto, principalmente el mes de junio. Las entidades que han presentan las temperaturas promedio más altas en los últimos cinco años son Sonora, Sinaloa, Campeche y Yucatán; con un aumento progresivo en la temperatura máxima anual.

Gráfica 2. Temperaturas máximas promedio en México. Periodo 2010 - 2016.



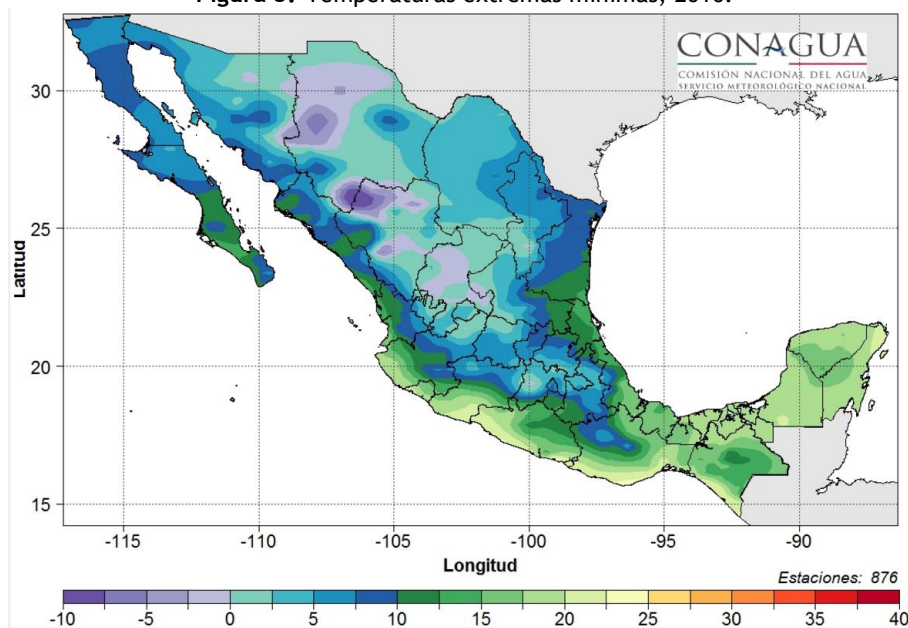
Fuente: Con datos del SMN, Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia 2010 a 2016. Valores en °C.

Figura 2. Temperaturas extremas máximas, 2016.



En 2016 el período comprendido entre mayo y julio resultó el más cálido para la mayoría del país. La temperatura máxima registrada fue de 49.5°C, en el estado de Baja California. Las entidades que registraron la temperatura máxima promedio por mes fueron Campeche (38.4°C), Sinaloa (38.9°C) y Yucatán (37.1°C).

Figura 3. Temperaturas extremas mínimas, 2016.



Las temperaturas mínimas se presentan en enero y diciembre, los estados con temperaturas mínimas promedio más bajas son Chihuahua, Tlaxcala, Durango y Zacatecas siendo Chihuahua el más afectado.<sup>5,6</sup>

## DAÑOS A LA SALUD

Las temperaturas naturales extremas representan un riesgo a la salud pues pueden producir varios daños asociados a ellas e incluso defunciones. En México se hace vigilancia durante todo el año para la temporada invernal y de calor.

Durante la temporada de invierno se pueden presentar casos de hipotermia, intoxicación por monóxido de carbono y quemaduras; en la temporada de calor se corre el riesgo de presentar casos y defunciones por golpe de calor, deshidratación y quemaduras solares.



En la temporada de calor 2016, los estados que presentaron defunciones por temperaturas extremas fueron: Baja California Sur (6), Sonora (13), Quintana Roo (4), Coahuila (2), Chihuahua (1), Tamaulipas (1), Nuevo León (1), San Luis Potosí (1), y Sinaloa (1).<sup>11</sup>

Con respecto a la temporada invernal hasta la semana epidemiológica 52 en la temporada 2016-2017 los estados que han presentado defunciones son Guanajuato (1), Durango (1), Sonora (3) y Chihuahua (1).<sup>11</sup>

## PRONÓSTICO

En cuanto a temperaturas extremas México tiene riesgo de presentar daños a la salud en la mayor parte del territorio nacional en cualquier época del año, pues debido a la gran diversidad de climas, existe temperaturas máximas y mínimas en cualquier parte del país.

Con respecto a temperaturas máximas los estados que han presentado mayores registros son los estados del noroeste, la cuenca del Balsas y la península de Yucatán, se debería hacer especial énfasis en Sonora pues ha presentado las temperaturas promedio más altas en los últimos años. También es importante recalcar que debido al efecto del calentamiento global, las temperaturas medias y máximas han aumentado progresivamente en todo el territorio nacional.



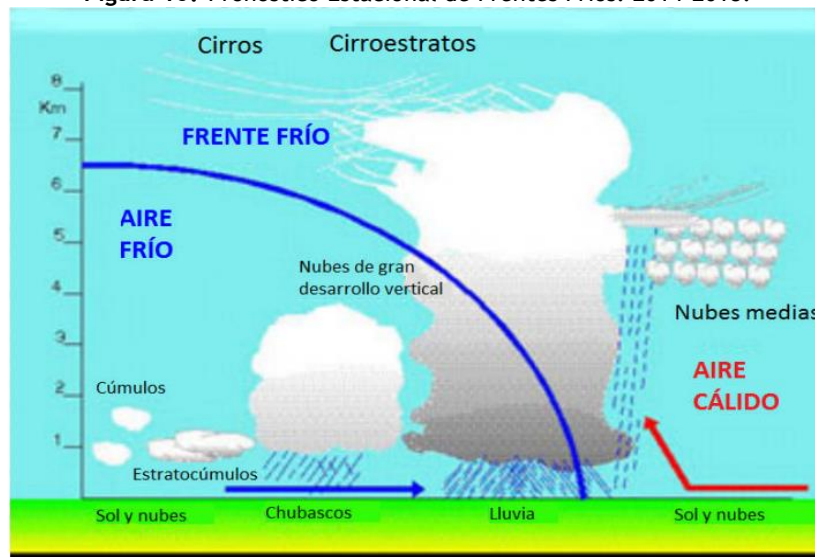
Durante la temporada de invernala los estados más afectados son los estados del norte y centro del país, en esta temporada, Chihuahua es el que menores temperaturas promedio ha registrado.

### FRENTE FRÍO

Los frentes fríos es una zona de transición corresponden a la porción delantera de una masa polar, o la penetración de sistemas de latitudes medias hacia los trópicos; transportan aire frío, y al avanzar hacia el sur interaccionan con aire caliente, se caracterizan por fuertes vientos, nublados y precipitaciones si la humedad es suficiente.

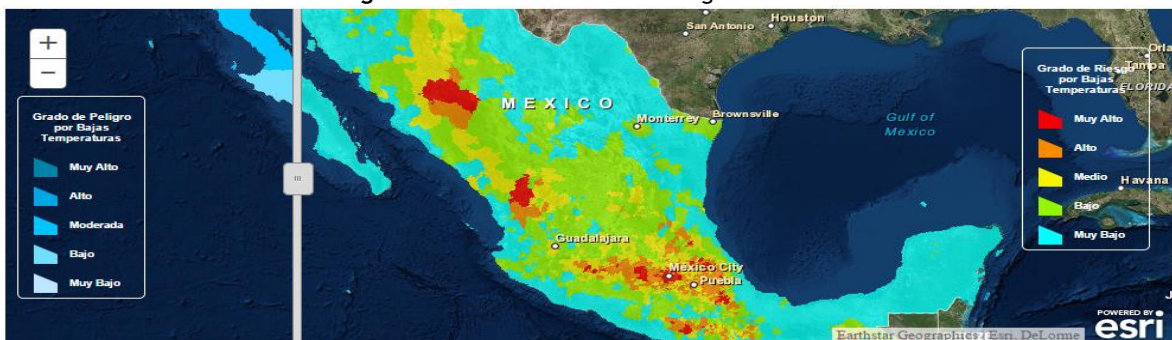
Estas invasiones de aire frío tienen su origen en los ciclones extra tropicales que se intensifican en la costa de Norteamérica del océano Pacífico. <sup>5, 6, 13.</sup>

Figura 10. Pronóstico Estacional de Frentes Fríos. 2014-2015.



Debido a su dirección norte-sur, cualquier estado puede estar afectado por el frente frío, sin embargo son las regiones con climas más frescos los que se ven más afectados por el descenso de temperaturas asociados a los frentes fríos.

Figura 11. Atlas Nacional de Riesgo. 2014.





Los frentes que cruzan el territorio mexicano en el Istmo entre noviembre y marzo, son vientos fuertes que ocasionan anomalías térmicas en el Golfo de Tehuantepec. <sup>1,2, 13.</sup>

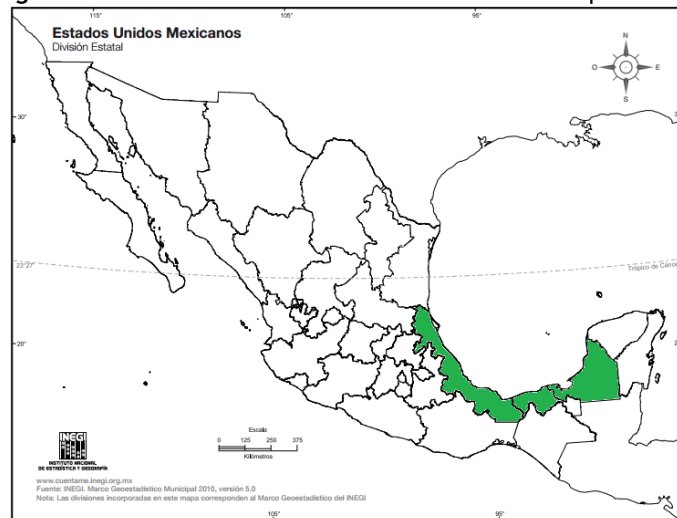
Figura 12. Istmo de Tehuantepec.



Fuente: <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Eolica/LibroProyectoEolico/Anexo%2011.pdf>

Nortes: masas polares que atraviesan el Golfo de México, en realidad son frentes fríos acompañados de fuertes vientos del norte que producen tormentas con aguaceros intensos, generalmente de origen orográfico en los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche. <sup>1,2, 13.</sup>

Figura 13. Entidades Federativas de México afectados por nortes.



Fuente: Matías R., Jiménez E., García J., Eslava M., Mendoza E., (2008), "Aplicación de la metodología para obtener mapas de riesgo por bajas temperaturas y nevadas en la Comunidad de Raíces, Estado de México", 1a. Edición, CENAPRED, México,

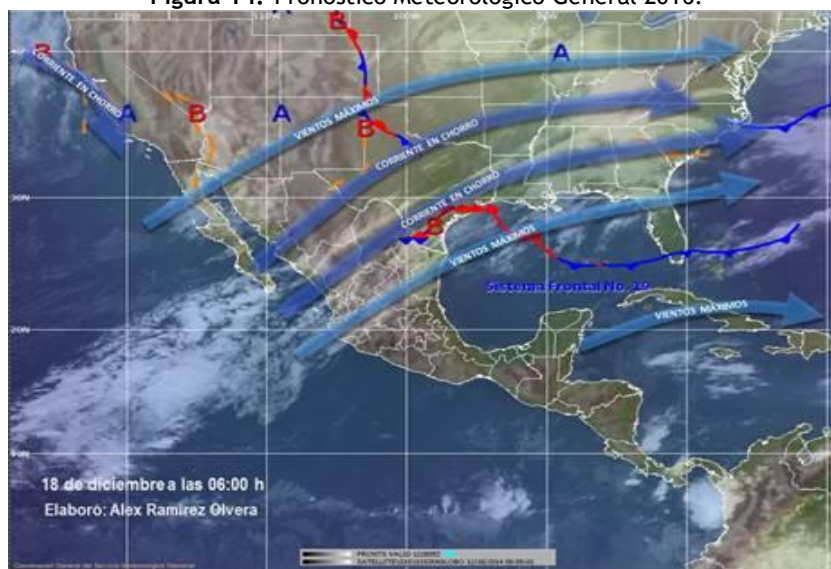
## PANORAMA

La temporada de frentes fríos abarca del 20 de septiembre al 15 de mayo. De acuerdo con el registro de la Subsecretaria de Pronóstico Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua del Servicio Meteorológico Nacional., en promedio se presentan durante este periodo 51 frentes fríos; sin embargo durante el año 2012 se presentaron 47, mientras que en el año 2013, se documentaron 36 frentes fríos .<sup>5, 6, 8.</sup>

Los meses con mayor frecuencia son enero, febrero, marzo y principalmente diciembre.<sup>5, 6.</sup>

En ésta temporada 2015-2016 hasta la semana epidemiológica 51 se han presentado 20 frentes fríos.

Figura 14. Pronóstico Meteorológico General 2016.



Fuente: [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54&Itemid=57](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=57) de 2014. [En línea] [Consultado: 18 de diciembre]

## DAÑOS A LA SALUD

Los frentes fríos traen consigo temperaturas bajas, vientos y lluvias por lo que representan un riesgo significativo a la salud. En temporada de frentes fríos se está en riesgo de hipotermia, quemaduras e intoxicación por monóxido de carbono debido a las temperaturas bajas; enfermedades transmisibles asociadas a inundaciones por lluvias como transmitidas por vector (dengue, chikungunya y malaria), enfermedades diarreicas agudas, infecciones respiratorias agudas, leptospirosis, micosis y conjuntivitis. Los vientos asociados a los nortes también pueden causar precipitaciones fuertes y daños directo a infraestructura lo que puede llevar a movilización de personas a albergues y aumento de enfermedades diarreicas, respiratorias y transmitidas por vector; así mismo, se debe tomar en cuenta todos los traumatismos e

infecciones de tejidos blando que pueden presentarse a consecuencia de estos fenómenos.

## PRONÓSTICO

Se pronostican para la temporada 2016-2017, 50 sistemas frontales, al inicio de la temporada, se vaticinó que el primer trimestre sería un poco más activo de lo normal con 15 frentes fríos sólo en estos tres meses. De igual manera para el último trimestre también se espera se presenten más frentes fríos que el promedio.<sup>5,6</sup>

Las principales entidades que podrían estar afectadas por la disminución de temperaturas debido a la presencia de frentes fríos son las del noroeste del país como Chihuahua y Durango y las del centro, Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Es importante recalcar que la región del istmo de Tehuantepec (Veracruz y Chiapas), así como el Golfo de México (Veracruz, Tabasco) son susceptibles a fuertes vientos y Nortes, junto con otros fenómenos ocasionados por estos como lluvias y disminución de temperatura.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CENAPRED. (2001). *Las Cenizas Volcánicas del Popocatepetl y sus Efectos para la Aeronavegación a Infraestructura Aeroportuaria*. Centro Nacional de Prevención de Desastres Instituto de Geofísica, UNAM.
2. CENAPRED. (s.f.). *Atlas Nacional de Reiso*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/frente-frio>
3. Comisión Nacional del Agua . (Diciembre de 2014). *Perspectiva temperatura Mínima Promedio Mensual*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/pronostico/prontemps.pdf>
4. Comisión Nacional del Agua. (2010,2011,2012,2013,2014). *Temperaturas y Lluvia*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77)
5. CONAGUA. (2014). *Pronóstico Estacional de Frentes Fríos 2014-2015*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/notasp/FrentesFrios%202014-2015.pdf>
6. CONAGUA. (2014). *Pronóstico Estacional de Frentes Fríos 2014-2015*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/notasp/FrentesFrios%202014-2015.pdf>
7. Salud, O. p. (2000). *Erupciones volcánicas y protección de la salud*. Quito.
8. SENASICA. (2012,2013). *Climatología Fitosanitaria*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de [http://portal.sinavef.gob.mx/FF\\_Historico.html](http://portal.sinavef.gob.mx/FF_Historico.html)
9. Albanil A, P. R. (2013). *Comisión Nacional del Agua*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de Reporte Anual: [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=99&Itemid=66](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=99&Itemid=66)
10. Agua, C. N. (s.f.). *Clima en México*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=68](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=68)
11. Department of the Interior, U. G. (s.f.). Obtenido de <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/what/VolGas/volgas.html>

12. Dirección General de Epidemiología. (2014). *Informe Epidemiológico Semanal. Temperaturas Extremas*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/informes/index.html>
13. Matías R, J. E. (2008). *Aplicación de la metodología para obtener maspas de riesgo por bajas temperaturas y nevadas en la Comunidad de Reaíces, Estado de México* (1 ed.). Estado de México: CENAPRED.
14. México, I. N. (1995). Efecto sobre la función pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatepetl. 8 (112-118).
15. Noji, E. (2000). Impacto de los desastres en la salud pública.
16. Rivera Tapia, A., Yañez , A., & Cedillo, L. (2005). Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. 14 (107-115).
17. CENAPRED. (2001). *Las Cenizas Volcánicas del Popocatepetl y sus Efectos para la Aeroneveación a Infraestructura Aeroportuaria*. Centro Nacional de Prevención de Desastres Instituto de Geofísica, UNAM.
18. Comisión Nacional del Agua . (Diciembre de 2014). *Perspectiva temperatura Mínima Promedio Mensual*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/pronostico/prontemps.pdf>
19. Comisión Nacional del Agua. (2010,2011,2012,2013,2014). *Temperaturas y Lluvia*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77)
20. Salud, O. p. (2000). *Erupciones volcánicas y protección de la salud*. Quito.
21. Albanil A, P. R. (2013). *Comisión Nacional del Agua*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de Reporte Anual: [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=99&Itemid=66](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=99&Itemid=66)
22. Agua, C. N. (s.f.). *Clima en México*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=68](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=68)
23. Department of the Interior, U. G. (s.f.). Obtenido de <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/what/VolGas/volgas.html>
24. Dirección General de Epidemiología. (2014). *Informe Epidemiológico Semanal. Temperaturas Extremas*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/informes/index.html>
25. México, I. N. (1995). Efecto sobre la función pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatepetl. 8 (112-118).
26. Noji, E. (2000). Impacto de los desastres en la salud pública.
27. Rivera Tapia, A., Yañez , A., & Cedillo, L. (2005). Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. 14 (107-115).



## RIESGOS QUÍMICOS

### INTRODUCCIÓN

Se consideran agentes de riesgo químico las sustancias, compuestos o productos de las actividades humanas que pueden penetrar el cuerpo humano por vía respiratoria, en formas de polvo, gases, vapores, nieblas, vapores, nieblas o por contacto y absorción en el cuerpo a través de la piel o por ingestión; cuya eficacia se debe a la toxicidad de sus principios activos, es decir, su acción química sobre los procesos vitales al ser capaces de causar la muerte, la invalidez temporal o el daño de la salud humana permanente. También se considera riesgo de exposición a químicos, si estas sustancias, compuestos o productos se encuentran en el medio ambiente, fuentes de agua y alimentos.

La detección, evaluación y monitoreo de estos riesgos es esencial, debido a que se pueden establecer nuevos focos de la enfermedad en humanos y animales como resultado de los cambios ambientales causados por el uso de agentes químicos o como resultado del uso de estos agentes contra la fauna y flora. Éstos pudieran tener efectos adversos a largo plazo en la salud humana por la reducción en la calidad y en la cantidad del suministro de alimentos derivados de las plantas y los animales. También podrían tener un importante impacto económico, ya sea por los efectos directos en la agricultura o a través de efectos indirectos en el comercio y el turismo. Con la intervención oportuna, se alcanza a mitigar el riesgo y reducir la exposición a estos agentes.

### INTOXICACIÓN POR DERRAME DE METALES PESADOS Y LIXIVIADOS.

#### INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades económicas de mayor tradición en México, ya que nuestro país cuenta con abundantes recursos minerales. <sup>1</sup> Esta actividad ha sido practicada desde la expansión regional en la colonial. Dentro de los principales tipos de yacimientos que han sido explotados destacan los epitermales, los de metasomatismo de contacto o skarn, los sulfuros masivos vulcanogénicos y yacimientos del tipo pórfido cuprífero. <sup>2</sup>



Actualmente en México hay 2,957 unidades mineras y 142,325 trabajadores, a pesar de esto la proporción de trabajadores en comparación con otras actividades económicas es reducida. Sin embargo, se ubica en el segundo lugar entre los 20 sectores de actividad económica después de la industria manufacturera. <sup>3</sup> Contribuye con el 4.9% del Producto Interno Bruto nacional. <sup>4</sup> (Figura 1)

**Figura 1. Distribución de las minas en el territorio nacional.**



Fuente: Secretaría de Economía. Servicio Geológico Mexicano. Explotación Minera.

A nivel mundial, México ocupa el primer lugar en la producción de plata, se ubica entre los diez principales productores de 16 diferentes minerales: oro, plomo, zinc, cobre, bismuto, fluorita, celestita, wollastonita, cadmio, diatomita, molibdeno, barita, grafito, sal, yeso y manganeso. <sup>4</sup>

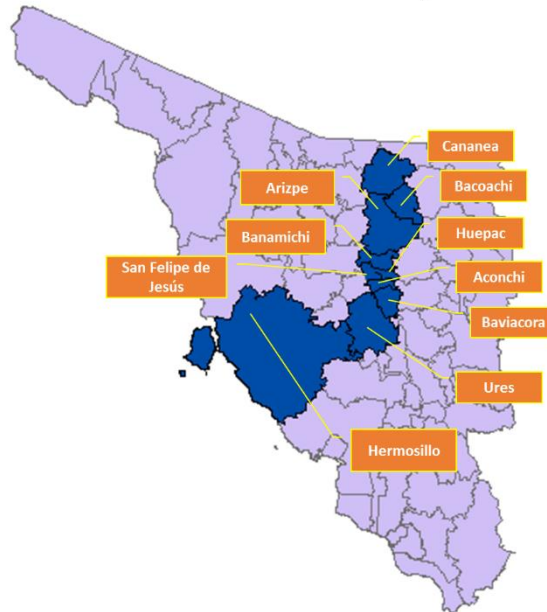
### ANTECEDENTES DE EVENTOS

El día 6 de agosto de 2014 se presentó un derrame de lixiviados de cobre en la mina Buenavista del cobre, en Cananea, Sonora. Este derrame afectó directamente al Río Bacanuchi que nace precisamente en las cercanías de la mina, y mantiene un caudal constante hasta su confluencia con el Río Sonora, el cual también se vio afectado por este evento. El Río Sonora es la corriente superficial más importante de la zona, contando con una cuenca general de 21,324 km<sup>2</sup>. El caudal de este río involucra a varios municipios: Cananea, Bacanuchi, Bacoachi, Arizpe, Banámichi, Huepac, San Felipe de Jesús, Aconchi,



Baviacora, Ures y Hermosillo, sumando un total de 916,321 pobladores. <sup>5</sup> (Figura 2)

**Figura 2. Municipios afectados por el derrame de lixiviados de cobre en los Ríos Bacanuchi y Sonora. 2014**



Fuente: QUINTERO, Soto María Luisa y Amelia Reyes Martínez "Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora".

Desde el día 8 de agosto de 2014 se comenzaron a atender a los pobladores que llegaron a sufrir alguna lesión relacionada al contacto directo con el agua del río y de los pozos dentro de los 500 km a la periferia del cauce del Río Sonora. Todos estos pozos fueron cerrados para evitar el consumo del agua contenido en los mismos, ya que al realizar los estudios pertinentes para la medición de metales pesados, se determinó que no eran aptos para el consumo humano. La primera fase de la atención de los pacientes ya fue concluida, la cual consistió en la atención de los pacientes que resultaron de la intoxicación aguda por contacto con agua contaminada, actualmente sigue la segunda fase donde se atenderán, a través de médicos especialistas a las personas detectadas para poder dar un seguimiento a largo plazo y atención de las afecciones crónicas debidas a este tipo de intoxicaciones.

### DAÑOS A LA SALUD

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos mal definidos, existen algunos necesarios para el ser humano como el hierro (Fe), el cobalto (Co), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mb) y el zinc (Zn); en cambio existe otro grupo de metales, como el Plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el arsénico (As) que se desconoce su función en el organismo, pero presentan efectos directos sobre el riñón y en condiciones consideradas como normales, pueden llegar a ser nefrotóxicos. <sup>6</sup>

## Cadmio

El cadmio es uno de los elementos más tóxicos, la exposición ambiental ocurre principalmente a través del humo de tabaco, agua y alimentos. La acumulación en el organismo es gradual y se incrementa con la edad, ya que la vida media de este metal es mayor a 20 años. Al circular en sangre, se une a la albumina y es transportado al hígado, donde se une al glutatión y a la metalotioneína-1 (MT1), el complejo Cd-MT1 es un complejo de bajo peso molecular, que se filtra fácilmente al glomérulo y es reabsorbido en su totalidad en el segmento S1 del túbulo contorneo proximal. Existe un transportador llamado ZIP-8 (zinc transporter protein 8) que se localiza en esa zona del glomérulo, y que es capaz de transportar Cd y otros metales divalentes, a través de la membrana apical. El complejo Cd-MT1 es almacenado y degradado en los lisosomas, el Cd libre es transportado hacia el citoplasma por el DMT-1 lisosomal, la activación de la proteína cinasa C incrementa la expresión del transportador DMT-1 y por lo tanto la toxicidad tubular del Cd. El Cd libre se acumula en la mitocondria inhibiendo, causando disfunción de la misma y formando radicales libres, que llevan a una activación de la cascada de las caspasas y el desarrollo de apoptosis.<sup>6</sup>

## Plomo

El plomo se ha reconocido como una sustancia tóxica desde que sus efectos se conocieron desde hace más de 2000 años por la ingestión que era común entre los romanos. Actualmente leyes han ayudado a la disminución de las concentraciones de Pb en diferentes sustancias, como pinturas y gasolina. El Pb se absorbe principalmente por vía intestinal, respiratoria y a través de la piel, la absorción se incrementa cuando existe una deficiencia en la ingesta de Fe y Zn.<sup>6</sup>

Una de las más eficientes es la vía respiratoria con una captación mayor al 40%. Ya en sangre el 99% del Pb se une a proteínas y es distribuido a tejidos blandos y hueso, donde este último es el principal reservorio en el organismo, y en períodos de mayor recambio óseo el paso de este metal incrementa. La vía de eliminación del Pb es a través del riñón. El Pb afecta reacciones enzimáticas en las cuales interviene el calcio, incluyendo el receptor sensor de calcio. El Pb unido a proteínas se filtra a través del glomérulo y se reabsorbe por las células del túbulo contorneado proximal por endocitosis.<sup>6</sup>

Para describir las manifestaciones clínicas debemos de tomar en cuenta que puede existir intoxicación aguda y crónica. La intoxicación aguda puede causar lesión en el túbulo contorneado proximal lo que provocaría aminoaciduria, glucosuria e hiperfosfaturia. Algunas otras manifestaciones pueden ser anemia hemolítica, ataques agudos de gota, dolor abdominal intenso y encefalopatía.<sup>6</sup>

Las manifestaciones crónicas pueden existir dos posibles escenarios, nefropatía o alteraciones óseas. El diagnóstico de nefropatía crónica es difícil, por la gran variedad de síntomas y hallazgos, que pueden llegar a ser poco específicos. Se trata de una nefropatía túbulo-intersticial con un deterioro progresivo de la

función renal. En el hueso se relaciona al desarrollo de la osteoporosis, por los efectos adversos en los osteoblastos y osteoclastos.<sup>6</sup>

### Arsénico

El Arsénico es uno de los contaminantes ambientales más abundantes, ya que se encuentra presente en el agua de beber. Se absorbe por vía intestinal, pulmonar y a través de la piel, al ser absorbido se distribuye por todos los tejidos del cuerpo. Lamentablemente no existe información suficiente sobre las manifestaciones clínicas en riñón por la intoxicación por As, pero probablemente cause daño tubular, como proteinuria, aminoaciduria, glucosuria y fosfaturia, así como deterioro progresivo de la función renal.<sup>6</sup>

### POSIBLES ESCENARIOS

Como ya fue mencionado en gran parte del territorio nacional se realiza actividad minera, y un porcentaje importante de estas se encuentran cerca de las cuencas de ríos, por lo cual este tipo de eventos seguirán presentándose mientras no se tenga un control estricto de la disposición de los lixiviados de las mineras del país. Las dependencias reguladoras de la actividad minera, deben de ser estrictas en el control y disposición de los residuos que estas generen de dicha actividad.

Las alteraciones de los suelos, secundarios a las actividades mineras, aumentan la cantidad de microelementos los cuales afectan la biota y la calidad del suelo, que a su vez afecta la diversidad y actividad de los organismos.

Los metales pesados tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos; las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben todos estos productos. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación.

Todas estas alteraciones tanto en el agua y en el suelo aledaño a las mineras, ponen en riesgo a la población que vive y que tiene actividad económica en este perímetro, llegando a consumo e intoxicación crónica por los metales pesados, aumentando la prevalencia de padecimientos crónicos renales y óseos, dependiendo de los metales y sus niveles en sangre.

Las alteraciones de la población no está bien descrita en la literatura ya que es un campo poco estudiado en nuestro país, será de importancia el evento de derrame en los Ríos Bacanuchi y Sonora para evaluar a la población y estudiarlos a largo plazo para poder conocer los efectos de este desastre y así poder tomar decisiones en salud en el estado de Sonora.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Ecología. [Internet] México. [Consulta 17 de diciembre de 2014] Disponible a: [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/16/parte3\\_12.html](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/16/parte3_12.html)
2. Secretaría de Economía. [Internet] México. [Consulta 17 de diciembre de 2014] Disponible: <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/yacimientos-minerales/explotacionminera>
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [Internet] México. [Consulta 17 de diciembre de 2014] Disponible: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/mineria.html>
4. Secretaría de Economía. [Internet] México [Consulta 17 de diciembre de 2014] Disponible: <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/mineria>
5. Consejo Nacional de Población [Internet] México. [Consulta 17 de diciembre de 2014] Disponible: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>
6. Sabath E., Robles-Osorio M. Medio ambiente y riñón: nefrotoxicidad por metales pesados. *Nefrología* 2012;32(3):279-86.

## DERRAME DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS.

### INTRODUCCIÓN

La contaminación por petróleo crudo o refinado, es generada de forma accidental o deliberadamente desde diferentes fuentes. Se estima que 3 mil 800 millones de litros entran cada año a los océanos como resultado de las actividades humanas a nivel mundial, de éstos, sólo 8% se debe a fuentes naturales; 22% a descargas operacionales intencionales de los barcos, 12% por derrames de buques y 36% por descargas de aguas residuales.<sup>0</sup>

Los efectos del petróleo, dependen de factores como: tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad, distancia del sitio contaminado con la playa, época del año, condiciones atmosféricas, temperatura media del agua y corrientes oceánicas.

Los daños en las comunidades provocados por derrame de petróleo provocan considerables afectaciones al contaminar las tierras agrícolas, fuentes de agua, ganado, animales domésticos, pesca, ecosistemas en la zona, viviendas, pero sobre todo, daños la salud de las personas y trabajadores, por exposición directa y continuada a sustancias tóxicas y persistentes.<sup>2</sup>

### ANTECEDENTES DE EVENTOS

El derrame de petróleo en el Golfo de México por el hundimiento y falla de la plataforma de exploración *Deepwater Horizon* de la empresa British Petroleum el 22 de abril del 2010 frente a las costas de Louisiana, se ha convertido en el más grande desastre en la historia de los derrames de crudo registrados en el Golfo de México con grave daño medioambiental y a la biodiversidad además del impacto económico a las actividades pesqueras de todo el litoral.<sup>3</sup>

El 3 de junio de 1979, el pozo de exploración a 2 millas de profundidad, Ixtoc I, explotó en la Bahía de Campeche, frente a Ciudad del Carmen, México. Para cuando el pozo fue controlado, en marzo de 1980, se estima que 140 millones de galones de petróleo se habían derramado en la bahía. Después del incidente frente a las costas de Louisiana, el derrame de Ixtoc I es considerado como el segundo mayor desastre de derrame de petróleo en el mundo. <sup>4</sup>

## DAÑOS A LA SALUD

El petróleo crudo es una compleja mezcla de químicos, compuesta principalmente de hidrocarburos parafénicos, cicloparafénicos, nafténicos y aromáticos, y partículas de otros elementos, incluyendo varios metales. Los hidrocarburos del petróleo de mayor interés toxicológico, son los compuestos volátiles orgánicos (principalmente benceno, tolueno y xileno) y los hidrocarburos aromáticos polinucleares.<sup>5</sup>

Sus componentes pueden entrar en contacto con el cuerpo humano a través de tres vías:<sup>6</sup>

- a) Absorción por la piel
- b) Ingesta de alimentos y agua contaminada
- c) Inhalación

Los efectos en el hombre ante una exposición aguda al crudo son principalmente transitorios y de corta duración a menos que las concentraciones de los compuestos sean inusualmente altas. Tales exposiciones causan irritación de la piel, prurito o irritación ocular ante un contacto accidental o por la exposición a sus vapores. Así mismo pueden producir náusea, vértigo, cefalea o mareos ante una exposición prolongada o repetida a bajas concentraciones de sus compuestos volátiles.<sup>6</sup> Se ha documentado que la inhalación de hidrocarburos volátiles de petróleo puede llegar a causar neumonía y la muerte.<sup>7</sup>

De particular preocupación es la exposición al benceno, tolueno y xileno. El benceno es clasificado como carcinógeno basado en estudios ocupacionales que demostraron aumento en la incidencia de leucemia en adultos. Además ha demostrado ser genotóxico principalmente en las células hematopoyéticas del ser humano.<sup>8</sup>

Los efectos primarios a la salud por tolueno y xileno son principalmente en el sistema nervioso central. Se ha reportado que la exposición aguda al tolueno causa fatiga, confusión e incoordinación, en tanto que la exposición por xileno provoca cefalea, náusea, vómito y vértigo.<sup>6</sup>

## POSIBLES ESCENARIOS

México es uno de los principales productores y exportadores de petróleo y sus derivados a Estados Unidos y América Latina. El organismo encargado de la

exploración, explotación, transformación y comercialización del petróleo es Petróleos Mexicanos (PEMEX), que es un organismo descentralizado con fines productivos, personalidad jurídica y patrimonio propios.

La industria petrolera nacional se ha estructurado y organizado como un complejo económico que ha integrado áreas terrestres y marítimas asociadas a la plataforma continental del Golfo de México, que se vinculan con las unidades y complejos de producción (refinerías, centros procesadores de gas, complejos y unidades petroquímicas), con los centros de consumo nacionales y con las terminales transfronterizas y marítimas de movimientos de altura y cabotaje, a través de un sistema de ductos de distribución que se extienden sobre todo a lo largo de la costa del Golfo de México y las principales zonas urbano-industriales del país.

En el siguiente mapa se identifican, los espacios económico-productivos en los cuales la presencia de dichas instalaciones representa una amenaza constante, por la probable ocurrencia de derrames de hidrocarburos que puedan impactar negativamente los ecosistemas, los asentamientos humanos y la economía de las áreas aledañas a ellas.

Mapa 1. Principales instalaciones de PEMEX



El Golfo de México es una de las regiones petroleras más grandes del mundo. La porción sureste es altamente productiva de petróleo y contiene más del 80% de las reservas totales del crudo. Además es la región de mayor importancia en la producción y procesamiento de hidrocarburos en el continente americano y es la mayor área de perforaciones en la plataforma continental en el mundo.<sup>10</sup>

Por lo tanto, se destacan como principales zonas de riesgo, las áreas productoras de petróleo crudo ubicadas en la plataforma continental del Golfo



de Campeche (regiones marinas Noreste y Suroeste), donde destaca el yacimiento de Cantarell.

Últimamente en el año 2016, se ha registrado múltiples, tomas clandestinas de ductos de transporte de hidrocarburos, para el robo de este combustible. Lo que ha ocasionado incendios y derrames del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Greenpeace. Impactos ambientales del petróleo. [Internet] Enero, 2012. [citado el 17 de diciembre del 2014]. Disponible en: [www.greenpeace.org.com.mx](http://www.greenpeace.org.com.mx)
2. Jacott M, Arias JM, Ireta GM, Franco A. Impactos de la actividad petrolera y en la salud humana y el ambiente. Fronteras comunes y asociación ecológica Santo Tomás. México; 2011.
3. Belotti I, Cipolatti V. El Derrame en el Golfo de México: ¿Es posible recuperarse del daño ambiental y humano? Grupo de estudios internacionales contemporáneos. ISSN 1853-1873
4. Lira C. Los 10 derrames de petróleo más grandes de la historia. [Internet]. México: La Jornada Ecológica; 2 de agosto del 2010. [ citado el 18 de diciembre del 2014] Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2010/08/02/eco-f.html>
5. Secretaría de energía. Instituto Mexicano del Petróleo. [Internet] México; 2013. [Última modificación 5 de septiembre del 2011; citado el 17 de diciembre del 2014]. Disponible en: <http://www.imp.mx/petroleo/?imp=comp>
6. D Campbell, D Cox, J Crum, K Foster, P Christie, and D Brewster. Initial effects of the grounding of the tanker Braer on health in Shetland. The Shetland Health Study Group. *BMJ*. Nov 13, 1993; 307(6914): 1251-1255.
7. Rodriguez MA, Martinez MC, Martinez-Ruiz D, Paz Giménez M, Menéndez M, Repetto M. Death following crude oil aspiration. *J Forensic Sci*. 1991 Jul;36(4):1240-5.
8. U.S. EPA, Toxicity and Exposure Assessments for Children's Health. Benzene Teach Chemical Summary. United States; 2006. Last revised: 2009. 14 p.
9. Sánchez Salazar M, Martínez Laguna N. Infraestructura industrial de PEMEX. Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Atlas regional, 2007.
10. Vázquez Botello A. Golfo de México: Contaminación e Impacto Ambiental. UNAM. 2005

## GAS CLORO

Es un elemento químico, símbolo Cl, de número atómico 17 y peso atómico 35.453. Existe como un gas amarillo-verdoso a temperaturas y presiones ordinarias. Es el segundo en reactividad entre los halógenos, sólo después del flúor, y de aquí que se encuentre libre en la naturaleza sólo a las temperaturas elevadas de los gases volcánicos. Se estima que 0.045% de la corteza terrestre es cloro. Se combina con metales, no metales y materiales orgánicos para formar cientos de compuestos.

El cloro es un gas altamente reactivo. Es un elemento que se da de forma natural. Los mayores consumidores de cloro son las compañías que producen

dicloruro de etileno y otros disolventes clorinados, resinas de cloruro de polivinilo (PVC), clorofluorocarbonos (CFCs) y óxido de propileno. Las compañías papeleras utilizan cloro para blanquear el papel. Las plantas de tratamiento de agua y de aguas residuales utilizan cloro para reducir los niveles de microorganismos que pueden propagar enfermedades entre los humanos (desinfección).

La exposición al cloro puede ocurrir en el lugar de trabajo o en el medio ambiente a causa de escapes en el aire, el agua o el suelo. Generalmente el cloro se encuentra solamente en instalaciones industriales. (Figura 1)

Figura 1: Tanques de gas cloro



Fuente: El Quadratín Querétaro: 30/junio/2014 17:04

El cloro entra en el cuerpo al ser respirado el aire contaminado o al ser consumido con comida o agua contaminada. No permanece en el cuerpo, debido a su reactividad.

## DAÑOS A LA SALUD

Los efectos del cloro en la salud humana dependen de la cantidad de cloro presente, y del tiempo y la frecuencia de exposición. Los efectos también dependen de la salud de la persona y de las condiciones del medio cuando la exposición tuvo lugar.

La respiración de pequeñas cantidades de cloro durante cortos periodos de tiempo afecta negativamente al sistema respiratorio humano. Los efectos van desde tos y dolor precordial hasta retención de líquidos intrapulmonar. El cloro irrita la piel, los ojos y el sistema respiratorio.

Los efectos en la salud humana asociados con la respiración o el consumo de pequeñas cantidades de cloro durante periodos prolongados de tiempo no son conocidos. Algunos estudios muestran que los trabajadores desarrollan efectos adversos al estar expuestos a inhalaciones repetidas de cloro, pero otros no.

Se disuelve cuando se mezcla con el agua. También puede escaparse del agua e incorporarse al aire bajo ciertas condiciones. La mayoría de las emisiones de cloro al medio ambiente son al aire y a las aguas superficiales. Una vez en el

aire o en el agua, el cloro reacciona con otros compuestos químicos. Se combina con material inorgánico en el agua para formar sales de cloro, y con materia orgánica para formar compuestos orgánicos clorinados.

Debido a su reactividad no es probable que el cloro se mueva a través del suelo y se incorpore a las aguas subterráneas.

## POSIBLES ESCENARIOS

Durante el monitoreo de medios de comunicación en la UIES se detecta la siguiente noticia que informa: “Querétaro, México (30 junio 2014). El Director de la Unidad Estatal de Protección Civil (UEPC) del Estado, señaló que sus homólogos del estado de San Luis Potosí le alertaron sobre el robo de dos tanques que contienen gas cloro, producto que puede ser altamente tóxico.

Este elemento como se mencionó con anterioridad, se encuentra principalmente en zonas industriales, sin embargo se debe tener en cuenta que la exposición a este elemento sin protección puede ser nocivo para la salud, así como su uso indiscriminado e irresponsabilidad.

Todas la zonas industriales donde es utilizado el gas cloro, pueden ocurrir la exposición tanto ocupacional, accidental o intencionada.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo. Productos Químicos. En: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>
2. La Seguridad con El Gas de Cloro. Texas Department of Insurance. En: <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spt5chlorine.pdf>

## INTOXICACIÓN POR PLAGUICIDAS

### INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas son compuestos químicos que se utilizan para matar las plagas, incluyendo insectos, roedores, hongos y plantas no deseadas (malas hierbas). Los pesticidas se usan en salud pública para eliminar los vectores de enfermedades, como los mosquitos, y en la agricultura, para matar las plagas que dañan los cultivos. Por su naturaleza, los pesticidas son potencialmente tóxicos para otros organismos, incluidos los humanos, y deben ser utilizados de manera segura y se desechan adecuadamente.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, en los países en desarrollo, incluido nuestro país, los plaguicidas causan un millón de casos de intoxicación

y cerca de 20,000 muertes anualmente (OMS, 1990). En México, donde gran parte de la población está involucrada con el sector agrícola, no se cuenta con un programa de vigilancia epidemiológica de intoxicación aguda por agroquímicos. Adicionalmente, los proveedores de la salud, generalmente, desconocen aspectos relativos a las intoxicaciones por agroquímicos (Routt, 1999).

No se tiene precisión nacional sobre la incidencia de intoxicación por agroquímicos de grupos específicos, tales como los organofosforados, carbamatos, organoclorados y paraquat. Estos grupos de sustancias químicas, fueron seleccionados para desarrollar esta guía, con base en la capacidad que tienen los mismos para causar daños severos dentro de la población, debido a la alta disponibilidad y frecuencia de uso de los mismos en el sector agrícola.

La intoxicación aguda por agroquímicos (CIE 10 T60: Efecto tóxico de plaguicidas [pesticidas]) se refiere a los efectos perjudiciales que pueden provocar sobre la salud la exposición a estos agentes químicos. Se denomina agroquímico a cualquier sustancia de tipo inorgánico y orgánico utilizada en actividades agrícolas para favorecer y mejorar el desarrollo de los cultivos e incrementar su producción.

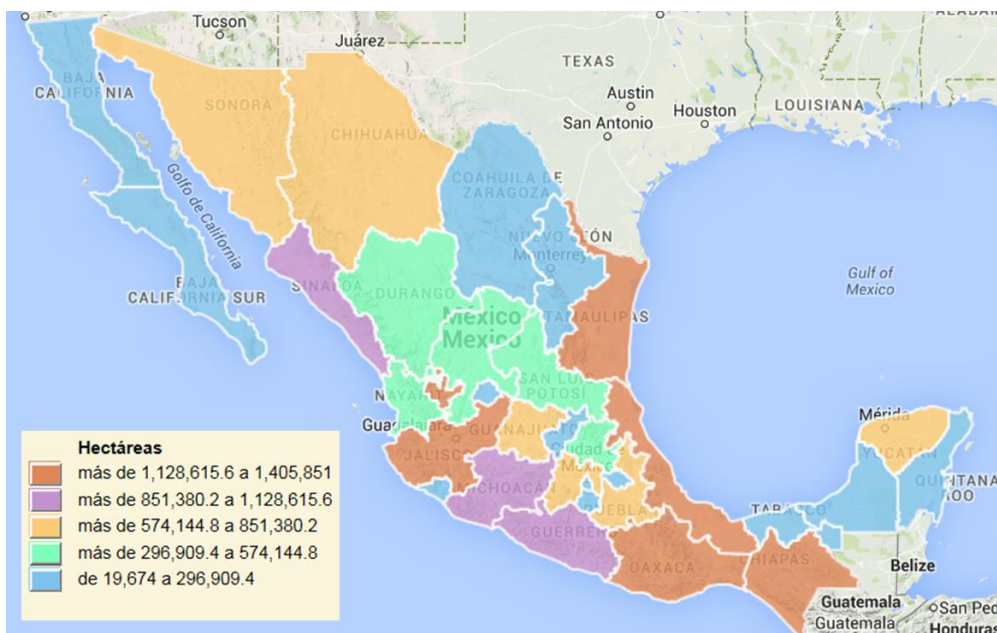
El término “plaguicida” es una palabra compuesta, que comprende todos los productos químicos utilizados para destruir las plagas o para controlarlas. En la agricultura, se utilizan herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y rodenticidas.

La Organización Mundial de la Salud ha establecido una clasificación de los plaguicidas, basada en el nivel de riesgo para la salud humana que representan, derivado de la dosis letal media en animales.

## PANORAMA

En México, la tierra disponible para la agricultura es de unos 23 millones de hectáreas (Figura 1), o sea, cerca del 12 % de la superficie total del país; los cultivos más importantes son maíz, frijol, sorgo, trigo, cebada, papa y hortalizas. En gran medida, la estructura agraria todavía está basada en el ejido y la pequeña propiedad; de acuerdo con cifras oficiales, en este año la población dedicada a la agricultura es alrededor de 7 millones de personas; sin embargo, a esta cifra habría que agregarle la población rural en su conjunto que también puede estar expuesta a los plaguicidas y que se calcula en 25.4 % de la población del país.

Figura 1. Uso de suelo: Superficie de cosechada total.



Unidad de medida: Hectáreas

Fuente: INEGI: SAGARPA, SIAP Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

La contribución del trabajo agrícola al Producto Interno Bruto pasó de cerca de 5% en 1995 hasta 3.5% en 2003, lo que prueba que esta actividad no está aportando al desarrollo del país una proporción equivalente a la población que participa en ella.

Salvo el caso del algodón, históricamente el uso de plaguicidas ha estado concentrado en los estados del noroeste del país, en donde prevalece la agricultura dedicada a cultivos de exportación; sin embargo, los estados del sur y centro del país se han ido uniendo poco a poco a esta tendencia. En la agricultura mexicana de exportación se han tenido que incorporar avances tecnológicos para que sus productos puedan seguir siendo competitivos y aceptados en otros países, pero estos cambios, entre ellos la sustitución de plaguicidas persistentes por no persistentes, han dado por resultado un mayor riesgo inmediato para los jornaleros.

Según los datos disponibles, actualmente las regiones con mayor uso de plaguicidas son: Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco-Nayarit-Colima, Sonora-Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México y Puebla-Oaxaca. Se calcula que en ellas se aplica el 80 % de total de plaguicidas usados en el país, lo que comprueba que el uso de plaguicidas tiene una fuerte concentración en algunas regiones y algunos cultivos.

Cualquier revisión bibliográfica muestra que la gran mayoría de las investigaciones que se han realizado en México no se han dedicado a los productos de uso actual en el país y se han limitado a determinar los residuos de plaguicidas persistentes en alimentos, tejidos humanos o el ambiente, sin evaluar las consecuencias adversas para la salud pública o el equilibrio ambiental, sobre todo a largo plazo, que pueden derivar de esos datos. Muy pocos estudios han evaluado las condiciones reales de uso de plaguicidas y las

consecuencias adversas para la salud, el ambiente, la economía y la estabilidad social que pueden estar asociadas con dicho uso. A pesar de ser escasos, sus resultados permiten documentar que las declaraciones oficiales carecen de credibilidad.

## EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Los plaguicidas sintéticos han contribuido sustancialmente al mejoramiento de la productividad agrícola en el mundo. Paralelamente, su uso ha tenido efectos adversos que incluyen el deterioro ecológico y el daño a la salud humana. El potencial tóxico de los plaguicidas es, en buena parte, responsable de esta dicotomía; es decir, su capacidad para destruir plagas es una poderosa herramienta para el control de las mismas y, a la vez, esta característica los hace potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente.

Debido a las grandes ventajas de los plaguicidas su uso se generalizó, penetrando en los mercados de los productos agroquímicos. La transferencia de esta tecnología a países en desarrollo, cuyas condiciones son muy diferentes a las de los países a los que estaban destinados (clima, sistemas de irrigación, composición de suelos, variedades de plagas), dio como resultado que con frecuencia se utilizaran en exceso. Esto incrementó la resistencia de las plagas, obligó a la aplicación de cantidades cada vez mayores de plaguicidas, y estimuló la producción de productos nuevos y más tóxicos.

En México, la mayor parte de los estudios sobre los efectos de los plaguicidas en la salud se ha enfocado a las exposiciones agudas. Esto se refleja en la instrumentación de programas de vigilancia epidemiológica para casos de intoxicación por plaguicidas. Pero el conocimiento sobre los efectos crónicos de estas sustancias es muy limitado, aun en el ámbito internacional.<sup>2</sup>

En este sentido los plaguicidas organofosforados resultan particularmente importantes, debido sobre todo al incremento en su comercialización y al aumento en el comercio de los productos tratados con este tipo de sustancias.<sup>1,3</sup> Por estas razones se espera un incremento en la exposición a estas sustancias en los alimentos y en los sitios de trabajo.

Los daños a la salud ocasionados por los plaguicidas organofosforados están relacionados con su capacidad para inhibir la actividad de un grupo de enzimas llamadas colinesterasas. Esta inhibición se produce en el tejido nervioso, propiciando una acumulación de acetilcolina endógena, con los consecuentes signos y síntomas, que mimetizan los efectos muscarínicos y nicotínicos de la acetilcolina, así como los que esta enzima produce en el sistema nervioso central. Las intoxicaciones agudas de los compuestos organofosforados asemejan el cuadro clínico de los ataques epilépticos.

Los efectos a largo plazo de estos compuestos son más difíciles de evaluar. En años recientes la investigación se ha trasladado sobre todo al campo epidemiológico. La mayor parte de los estudios están dirigidos a evaluar los



efectos neurotóxicos y conductuales que ocasionan este tipo de plaguicidas. Algunos estudios iniciales, realizados en trabajadores expuestos cotidianamente a plaguicidas organofosforados, sugieren intoxicaciones que incrementan el riesgo de desarrollar manifestaciones clínicas y muerte.

Uno de los posibles efectos de los plaguicidas es la llamada enfermedad de Parkinson. La participación de factores ambientales en la etiología de este padecimiento fue propuesta a raíz del descubrimiento del daño neurológico provocado por la sustancia N-metil, 4-fenil 1,2,3,6-tetrahidro piridina, conocida como MPTP.<sup>6</sup> Dicho hallazgo proporcionó el primer modelo experimental del mal de Parkinson y estimuló de manera notable la investigación epidemiológica de esta enfermedad. Los resultados de otros estudios sugieren que existe una asociación positiva entre la enfermedad de Parkinson y la exposición a los plaguicidas organofosforados.

Otro posible efecto de los plaguicidas organofosforados es la exacerbación de las enfermedades infecciosas. En efecto, algunas investigaciones realizadas en trabajadores ocupacionalmente expuestos a estos compuestos han encontrado una mayor frecuencia de infecciones del tracto respiratorio.

La intoxicación aguda con plaguicidas es un problema de salud pública grave en muchas partes de América Latina y el Caribe, mucho más grave que en los países desarrollados. Existe además evidencia de que la contaminación ambiental es frecuente y amplia, a pesar de que el tema no se ha examinado minuciosamente. Con pocas excepciones ha habido pocos estudios sistemáticos, ya sea sobre intoxicación aguda o sobre contaminación ambiental, dirigidos a que ayuden a quienes toman las decisiones a formular políticas preventivas.

Recientemente se informó también que la frecuencia de leucemia linfocítica crónica es mayor en sujetos expuestos a plaguicidas organofosforados.<sup>14</sup> Esta asociación se encontró específicamente para crotoxfos, diclorvos y fampur, por lo que dicho estudio puede abrir una interesante línea de investigación sobre los efectos genotóxicos de estos plaguicidas.

Es necesario mejorar los sistemas de registro epidemiológico de este problema de salud, que permitan dimensionar su alcance, permitiendo establecer modelos de investigación que ofrezcan respuestas más precisas para el establecimiento de estrategias oportunas y adecuadas en la atención clínica.

Para terminar, aunque es difícil medir el impacto, es importante resaltar que las prácticas dudosas de mercado y las estructuras legales arcaicas, contribuyen al uso inadecuado de plaguicidas, lo que permite la libre exportación de plaguicidas que están restringidos en Europa y Estados Unidos. Sólo la mitad de los países latinoamericanos cuentan con legislación vigente para uso y eliminación de plaguicidas. En México existen tolerancias para contaminantes que rara vez se encuentran en alimentos mexicanos, y no existen límites establecidos para algunos contaminantes comunes. Deberán realizarse estudios cuando existan las oportunidades de medir el efecto en la salud, con el fin de demostrar a quienes toman decisiones en los países, los costos que implican el no actuar sobre estos problemas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. NORMA Oficial Mexicana NOM-256-SSA1-2012, Condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos y personal dedicados a los servicios urbanos de control de plagas mediante plaguicidas. En: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5286029&fecha=29/01/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286029&fecha=29/01/2013)
2. Highly Hazardous Pesticides. Food and Agriculture Organization of the United Nations En: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/hhp/en/>
3. Improving availability of information about human exposures to pesticides. International Programme on Chemical Safety. Poisoning Prevention and Management. World Health Organization. En: <http://www.who.int/topics/pesticides/en/>
4. Poder Ejecutivo Federal. Ley Federal de Sanidad Vegetal 1994. Diario Oficial de la Federación, 5 de enero, 1994.
5. Environmental Protection Agency. Development document for effluent limitations guidelines, pretreatment standards, and new source performance standards for the pesticide chemicals manufacturing point source category (Final) Washington, D.C.: EPA, 1993.



## RIESGOS RADIO-NUCLEARES

### INTRODUCCIÓN

La práctica con fuentes de radiación ionizante se extienden cada día (Construcción, radiología, medicina industria, nuclear, etc.) aumentando por lo tanto la probabilidad de accidentes involucrando estas fuentes. Los accidentes radiológicos son más propensos de ocurrir que los accidentes nucleares. La probabilidad de que este tipo de accidentes es baja y su impacto general afecta a un pequeño número de personas, sin embargo, el impacto en las personas puede ser muy graves. En una emergencia radiológica, el servicio a los aspectos no radiológicos debe tener prioridad sobre radiológica, por ejemplo: salvar vidas, tratar las lesiones, extinción de incendios, protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad. Dado que los hallazgos radiológicos no se estabilizan, los pasos siguientes deberán dirigirse a minimizar los riesgos radiológicos a población, los profesionales implicados en la respuesta a emergencias y protección medio ambiente. Es necesario identificar cómo la exposición / contaminación ocurrido para establecer el tratamiento médico.

La **Central Nuclear de Laguna Verde**, en el Estado de Veracruz, propiedad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE ), es la principal central nuclear de generación eléctrica con la que cuenta México, la otra, el **Instituto Nacional de Investigación Nuclear (ININ)**, ubicada en La Marquesa, Estado de México, su función es la seguridad energética, investigación y desarrollo en ciencia y tecnología nucleares.

Existe la preocupación por los ataques violentos que puedan afectar a la estructura y operación de las plantas que conducen a un desastre nuclear. En la producción nuclear un accidente / de incidente, la llamada reacción en cadena de cerca de 30 productos primarios resultantes de la fisión del uranio 235, con vidas medias que van desde 30 segundos (rodio 106) a 30 años (cesio 137). En un accidente/incidente otros elementos nucleares, además de cesio, que están sujetos a preocupación por el potencial nocivo para los seres vivos, como el yodo 131, bario 140 y estroncio 90.

El cesio liberado a la atmósfera puede ser depositado en la contaminación de los cultivos durante largos períodos de tiempo, las plantas cultivadas en ellos.

El cesio radiactivo es el cáncer potencial formación en los tejidos nerviosos. Asimismo, el emisiones de estroncio radiactivo y bario son perjudiciales porque contaminan pastos y pueden ser una fuente de contaminación del ganado, lo que lleva a la fijación de estos elementos en la leche producida por estos animales, contaminando cadena alimentaria entera. El yodo radiactivo, a su vez, produce en el hombre varios tipos de cáncer de los cuales el más común es la tiroides. Para mitigar su impacto, se indica ingesta de yoduro de potasio, lo que conduce a la excreción de yodo radiactivo por el sudor, la orina y las heces.

Por lo tanto, la aplicación de **Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE)**, ha estado a cargo de un Comité de Planeación de Emergencias Radiológicas Externas, constituido por los elementos de las entidades participantes en situaciones de emergencia. Este Comité se abocó a la formulación de dicho plan ofreciendo avances en su implementación y desarrollo, así ante la inminente puesta en operación comercial de la Central en agosto de 1990, se integró un documento suficientemente accesible y elástico que permitiera contemplar lo realizado y establecer acciones de preparación, respuesta y recuperación inmediata ante la eventualidad de una emergencia radiológica.

De acuerdo con en el artículo 29 de la Ley General de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, la Secretaría de Gobernación, coordinará las actividades de las Dependencias del Sector Público, Federal, Estatal y Municipal, así como la de los organismos privados, para el auxilio, evacuación y medidas de seguridad, en zonas en que se prevea u ocurra un accidente nuclear.

Así con base en lo anterior, la Secretaría de Gobernación, a través de la Coordinación General de Protección Civil, es la encargada de presidir el Comité de Planeación de Emergencias Radiológicas Externas.

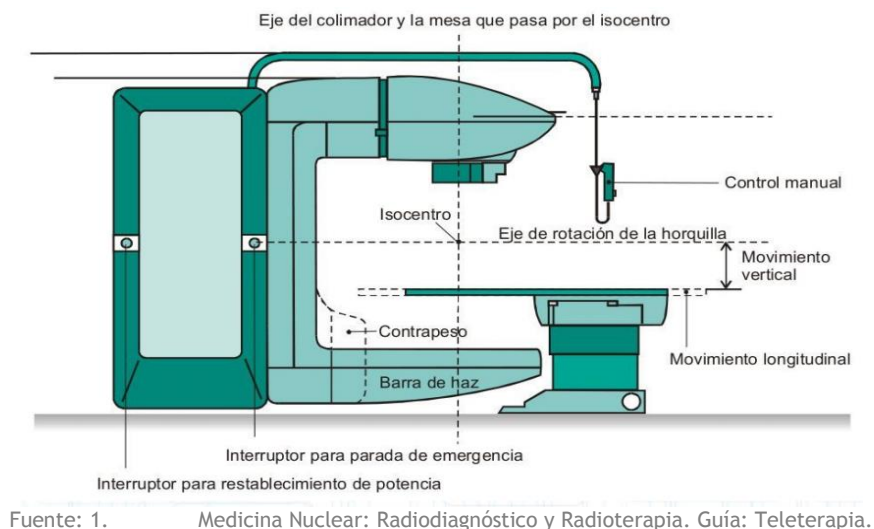
El marco regulador adoptado y establecido por la **Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias**, el organismo regulador en materia nuclear en México, sobre el cual se garantiza la seguridad de la Central, proviene del *Código de Reglamentos Federales de los Estados Unidos de América*, por ser este el país de origen de la empresa fabricante de los reactores.

## RIESGOS RADIOLÓGICOS

### BOMBA DE COBALTO

La bomba de cobalto es una máquina para radioterapia, utilizada en el tratamiento de determinadas patologías (imagen 1). El cobalto 60 (Co-60) es un radioisótopo que constituye un agente fundamental en el tratamiento de diversos tipos de cáncer. El Co-60 se emplea como fuente generadora de radiaciones, aprovechando la inestabilidad del átomo, es decir, la capacidad para liberar partículas alfa, beta y gamma, esta energía actúa directamente sobre las células tumorales, pero también sobre los tejidos sanos.

Imagen 1: Bomba de cobalto



Fuente: 1. Medicina Nuclear: Radiodiagnóstico y Radioterapia. Guía: Teleterapia.

El tratamiento del cáncer en México se inició alrededor de los años veinte y consistía fundamentalmente con el empleo del Radium, actividad que era desempeñada por los radiólogos. En 1917 el General Alfredo Breceda, gobernador en ese entonces del Distrito Federal, adquirió la primera carga de Radium con que se contó en México. En el año de 1949 en el local del dispensario anticanceroso Ulises Valdés se originó el Instituto Nacional de Cancerología, el cual contó en el año de 1956 con la primera bomba de Cobalto de México y la tercera en América Latina.

### ¿QUÉ ES UNA "BOMBA SUCIA"?

Una bomba sucia, o dispositivo de dispersión radiológica, es una bomba que combina explosivos convencionales, tal como dinamita, con materiales radioactivos como el Co 60 en forma de polvo o gránulos. La idea en que se basa una bomba sucia es diseminar material radioactivo en la zona situada alrededor de la explosión. Esto podría causar posiblemente que los edificios y las personas queden expuestos al material radioactivo. El objetivo principal de una bomba sucia es atemorizar a la gente y hacer que los edificios o la tierra permanezcan inutilizables por un tiempo prolongado.

Entre sus efectos sobre la salud destacan, pérdida de cabello, problemas en la piel, vómito, dolores entre otros. Cuando respiramos cobalto 60 hay efectos como asma y neumonía. El Co 60 tiene una vida media de 5. 27 años. La exposición al cobalto radiactivo puede ser muy peligrosa para la salud. Las células en su cuerpo pueden ser dañadas por los rayos gama que pueden atravesar el cuerpo, aun sin necesidad de tocar cobalto radiactivo. La magnitud del daño depende de la cantidad de radiación a la que está expuesto, la que a su vez depende de la actividad del material radiactivo y de la duración de la exposición. Puede sufrir una reducción del número de glóbulos blancos, lo que

puede disminuir la resistencia contra infecciones. Así como también ampollas, quemaduras de la piel y pérdida del pelo del área expuesta.

## PANORAMA

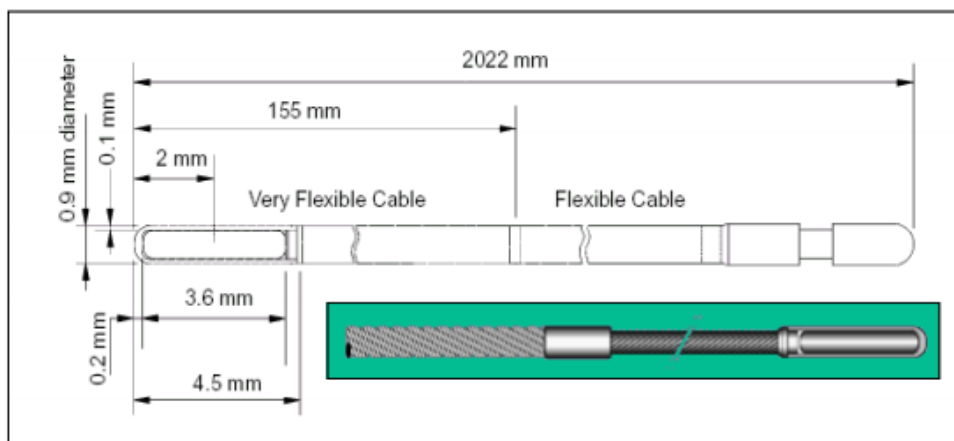
El cuatro de diciembre del año 2013 se detecta en monitoreo de medios de comunicación una noticia que comunica lo siguiente: “Roban camión con material radioactivo peligroso en México; Ladrones robaron un camión en México que trasladaba material radioactivo peligroso destinado a tratamientos médicos, informó el miércoles el organismo de control nuclear de Naciones Unidas”.

Actualmente en México y de acuerdo con la Asociación Mexicana de Lucha Contra el Cáncer A.C., todos los estados del país con excepción de Hidalgo, Morelos, Quintana Roo y Tlaxcala cuentan con centros oncológicos, lo que incrementa la posibilidad de robo de alguna bomba de cobalto para uso ajeno a fines terapéuticos.

## Iridio 192

Al día de hoy existen alrededor de 3,800 isotopos radiactivos, el Iridio-192 es uno de ellos, con una vida media de 73 días. Es un isotopo artificial, el cual se produce en un laboratorio nuclear por bombardeo de partículas subatómicas y se utiliza para radioterapia del cáncer. (Figura 1)

Figura 1: fuente de Iridio 192



Fuente: 1. Medicina Nuclear: Radiodiagnóstico y Radioterapia. Guía: Teleterapia.

El iridio 192 es un elemento radioactivo que emite rayos gamma. Estos rayos tienen una energía 250.000 veces superior a la de la luz normal, esterilizan toda forma de vida.

Un radioisótopo de iridio, el iridio 192, es peligroso al igual que cualquier otro isótopo radioactivo. Los únicos reportes relacionados con lesiones por iridio



conciernen a la exposición accidental usada en braquiterapia. Las altas radiaciones de rayos gamma de alta energía pueden incrementar el riesgo de cáncer. La exposición externa puede causar quemaduras, envenenamiento por radiación, y la muerte. La ingestión puede quemar el revestimiento del estómago y de los intestinos. Tiende a depositarse en el hígado, y puede plantear riesgos para la salud tanto por radiación gamma como por radiación beta.

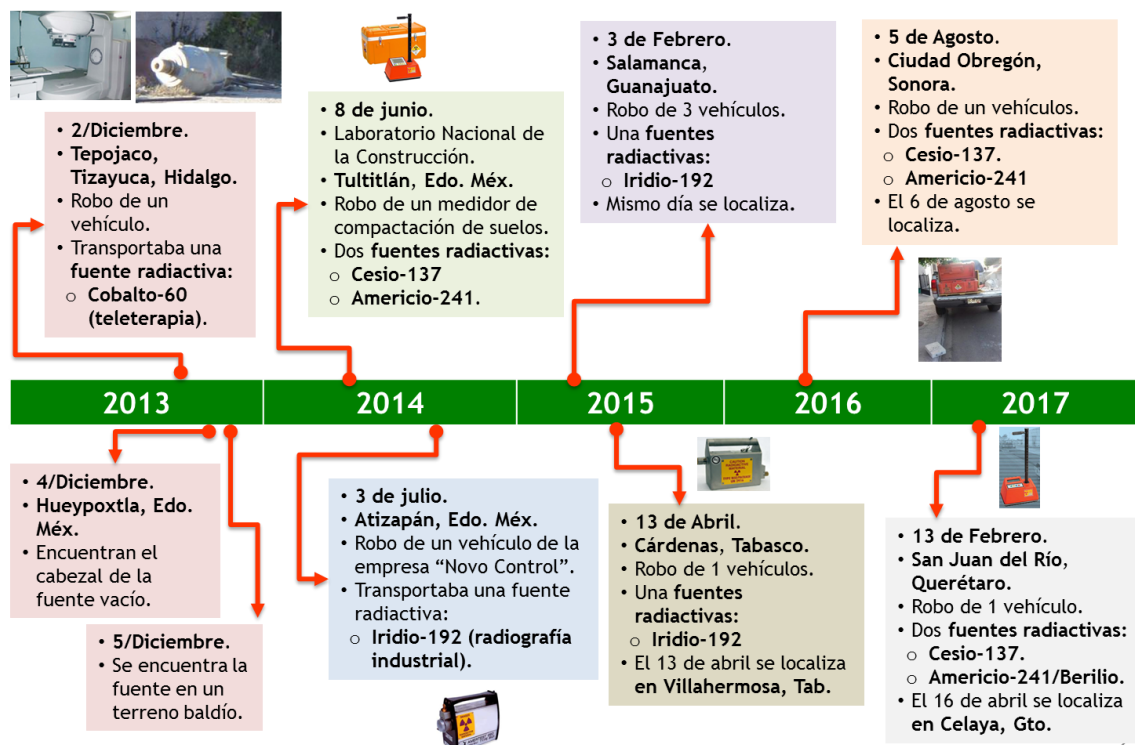
**PANORAMA**

El 4 de julio de 2014 durante el monitoreo de medios de comunicación en la UIES, se detecta una noticia que comunica: “Roban otra fuente radioactiva en Edomex; la Coordinación Nacional de Protección Civil del a Secretaría de Gobernación emitió una alerta a sus unidades en 12 estados por el robo de una fuente radiactiva, la cual puede resultar peligrosa para la salud humana si se extrae de su contenedor.

Debido a la presencia de Centros Oncológicos distribuidos a lo largo del territorio nacional, se incrementa el riesgo de robo y exposición a una fuente de iridio 192.

**INCIDENTES DE MATERIALES RADIOACTIVOS**

En el siguiente esquema se resumen los incidentes de materiales radioactivos que han ocurrido del 2013 a 2017. Durante el 2016, solo ocurrió un incidente en Sonora; donde se robaron una fuente radioactiva de Cesio-137 y Americio-241, utilizado en la industria de la construcción. El material fue encontrado.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Medicina Nuclear: Radiodiagnóstico y Radioterapia. Guía: Teleterapia. En: [http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiodiagnostico\\_radioterapia/archivos/coloquio/teleterapia-guia5.pdf](http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiodiagnostico_radioterapia/archivos/coloquio/teleterapia-guia5.pdf)
2. Instituto Nacional De Investigaciones Nucleares. Carretera México-Toluca s/n, La Marquesa Ocoyoacac, México. En: <http://www.inin.gob.mx>
3. Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE). Secretaría de Gobernación. En: <http://www.pere.proteccioncivil.gob.mx/es/PERE>
4. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2004. Reseña Toxicológica del Cobalto (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. En: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs33.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs33.html)

## RIESGOS NUCLEARES

### CENTRAL NUCLEOELÉCTRICA LAGUNA VERDE

La Central Nucleoeléctrica Laguna Verde (CNLV) cuenta con un superficie de 370 hectáreas, se localiza sobre la costa del Golfo de México, en el kilómetro 42.5 de la Carretera Federal Ciudad Cardel-Nautla, en la localidad denominada Punta Limón en el Municipio de Alto Lucero, Estado de Veracruz. Geográficamente, se encuentra a 70 kilómetros al Nornoroeste del Puerto de Veracruz, a 60 kilómetros al Estenoreste de Xalapa y a 290 kilómetros al Estenoreste del Centro del Distrito Federal.

La Central, operada por la Comisión Federal de Electricidad, consta de dos unidades cada una con capacidad de 682.44 MWe (Mega watt eléctrico) y salida neta a la red de 655.14 MWe por unidad. Está dotada de reactores de agua en ebullición de la quinta generación (Boiling Water Reactor 5), fabricados por General Electric.

Durante el año 2016, no se registró ningún incidente relacionado con la CNLV.

### PLAN DE EMERGENCIA RADIOLÓGICA EXTERNO (PERE)

El Plan de Emergencia Radiológica Externo es contar con la capacidad para enfrentar a nivel regional las emergencias provocadas por algún accidente o incidente en la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde que trascienda y pueda trascender el ámbito propio de la Central, con el fin de evitar o minimizar la exposición a la radiación del ecosistema, y por ende, de la población aledaña. (Figura 1)

Figura 1. Mapa de riesgo de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde.



Fuente: Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE). Secretaría de Gobernación.

El objetivo es brindar seguridad y protección a la población y su entorno ecológico en caso de desastre y una emergencia radiológica en la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde; en coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

El SINAPROC está integrado por los planes y programas de Protección Civil que establecen los gobiernos Federales, Estatales y Municipales, así como dependencias y organismos de los Sectores Privados, Social, Académico, Científico y Voluntario, de tal manera que todos tenemos responsabilidades en su funcionamiento.

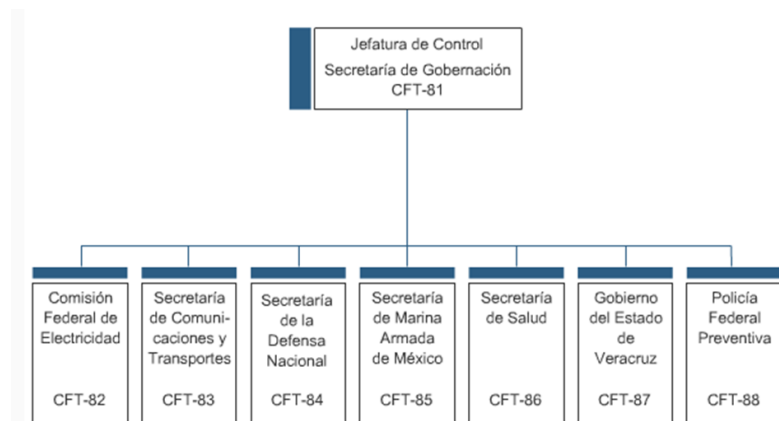
El Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE) forma parte de estos objetivos y reúne las responsabilidades del Sistema Estatal de Protección Civil del Estado de Veracruz, así como diversas Dependencias y Organismos Federales con la finalidad de garantizar la protección y salvaguardar la población aledaña a la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde, en el poco probable caso de un accidente en sus instalaciones. (Figura 2)

Las instituciones involucradas son:

1. Secretaría de Gobernación.
2. Secretaría de la Defensa Nacional.
3. Secretaría de Marina.
4. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
5. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
6. Secretaría de Salud.
7. Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
8. Gobierno del Estado de Veracruz.

9. Comisión Federal de Electricidad.
10. Policía Federal Preventiva.
11. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.
12. Comisión Nacional del Agua.
13. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
14. Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.
15. Telecomunicaciones de México.
16. Sistema Nacional de Protección Civil.
17. Secretaría de Energía.

Figura 2. Organigrama del Plan de Emergencia Radiológica Externo.



Fuente: Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE). Secretaría de Gobernación.

Existe una relación obvia del PERE, con el Plan de Emergencia Interno (PEI) de la CNLV, ya que en dicho documento se detalla el mecanismo de activación del presente plan y la forma en que la CFE protegerá a todos los individuos que estén dentro del sitio al momento de ocurrir una emergencia. Además se tiene interrelación con el Plan DN-III E, de la SEDENA, con el plan de auxilio a la población civil en casos y zonas de desastre de la SM-AM y con el Sistema Estatal de Protección Civil.

### Delimitación de las zonas

Para definir las áreas o zonas alrededor de la Central que requieren acciones de protección a la población, se han observado las regulaciones establecidas al respecto por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS).

Dichas regulaciones establecen dos zonas de planeación para emergencias:

1. **Zona Vía Pluma.**- Área con radio de 16 km, con centro en los reactores de la CNLV.

En la Zona Vía Pluma, la principal vía de exposición al material radiactivo se debe a la inhalación del mismo proveniente del penacho o nube durante su desplazamiento y difusión en la atmósfera.

2. **Zona Vía Ingestión.**- Área con radio de 80 km, con centro en los reactores de la CNLV, con posibilidades de ampliarse hasta donde la situación lo requiera.

En la Zona Vía Ingestión, la principal vía de exposición se debe a la ingestión de aguas superficiales, alimentos contaminados y por el material radiactivo depositado en el suelo.

## Clasificación de las emergencias

Considerando que la efectividad de una medida de protección dependerá de la oportunidad de su aplicación, se determinó conveniente clasificar como emergencia a todo evento que de cualquier forma o grado afecte la operación normal de la CLNV, de lo que resultó la clasificación siguiente:

1. **Clase "Alerta".**- Es la situación de la CNLV que requiere de la activación del PERE, constituyendo el inicio de las acciones de respuesta.
2. **Clase "Emergencia de Sitio".**- Es una situación que pone en riesgo la seguridad de la CNLV, considerándose una posible liberación al medio ambiente de material radiactivo, requiriendo la aplicación de medidas de protección.
3. **Clase "Emergencia General".**- Es la situación de la CNLV que implica liberación de material radiactivo al medio ambiente, requiriendo la aplicación total del PERE.

## Etapas del plan

Por la naturaleza compleja de la clase de emergencia a la que se puede enfrentar el "PERE", en la cual por un lado se requiere de equipo especializado y personal entrenado y por otro es previsible que la emergencia pudiera dejar una secuela de contaminación, se identificó la conveniencia de que la planeación abarcara desde la verificación del equipo y material especializado, entrenamiento de personal y ejecución propiamente de la operación, hasta el enfrentamiento de las consecuencias de la emergencia y la incorporación tanto de las mejoras tecnológicas que surgieran en el campo de la seguridad radiológica, como las modificaciones para corregir fallas o deficiencias del propio plan, resultantes de su revisión o de los ejercicios que son calificados por la CNSNS.

Basado en las consideraciones antes mencionadas, se dividió el planeamiento general del "PERE" en tres etapas que incluyen las acciones previas, concurrentes y posteriores a la emergencia agrupándolas de la manera siguiente:



### 1. Preparación

En esta etapa se determinan los recursos necesarios para asegurar una respuesta efectiva, los cuales son revaluados periódicamente mediante ejercicios y simulacros, asegurando su disponibilidad permanente para casos de emergencia, disponiendo de lo necesario para su almacenamiento, mantenimiento y eventual distribución. A continuación se engloban las actividades que es necesario realizar previas a la aplicación del Plan, tales como:

- Actualización del Plan
- Adiestramiento Especializado
- Información al Público
- Verificación de Recursos Humanos y Materiales
- Ejercicios y Simulacros

### 2. Respuesta

En esta se inicia la respuesta para proteger a la población que se encuentra en la Zona Vía Pluma. En caso de que la emergencia rebase la Zona Vía Pluma, se continúa con las actividades para la protección del público en la Zona Vía Ingestión.

Las actividades a realizar en la etapa de respuesta son las siguientes:

- Comando y control
- Notificación a la Jefatura de Control
- Evaluación del Accidente
- Cálculo de Dosis
- Monitoreo Ambiental Fuera de Sitio
- Evaluación de las Acciones de Protección
- Notificación a la Población
- Comunicaciones
- Operación de la Red
- Control de Tránsito Terrestre y Aéreo
- Apoyo Logístico y Transporte
- Evacuación
- Profilaxis Radiológica
- Rescate y Salvamento
- Monitoreo, Clasificación y Descontaminación de evacuados
- Atención Médica General
- Atención Médica Especializada
- Transporte de Lesionados
- Control de la Exposición Radiológica
- Activación de Albergues
- Descontaminación de Equipo y Vehículos
- Seguridad y Vigilancia
- Atención a Damnificados
- Control de Agua y Alimentos.

### 3. Recuperación

En cuanto la situación de la emergencia esté bajo control se inicia la etapa de recuperación, interviniendo todas las instituciones del COPERE con objeto de volver a la normalidad; esta etapa comprende entre otras, las siguientes actividades:

- Comando y Control
- Evaluación de las Consecuencias del Accidente
- Atención Médica
- Control de Agua y Alimentos
- Control de la Exposición Radiológica del Personal Participante en la Recuperación
- Descontaminación de Equipo, Vehículos y Sectores
- Control de Acceso, Vigilancia de la Seguridad y el Orden
- Comunicaciones.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE). Secretaría de Gobernación. En: <http://www.pere.proteccioncivil.gob.mx/es/PERE>



## RIESGOS BIOLÓGICOS

### INTRODUCCIÓN

El riesgo por agentes biológicos está relacionada con la presencia de virus, bacterias, hongos u parásitos (agentes) o sus toxinas, que causan enfermedad o muerte en personas, animales o plantas. Según el agente biológico, el desarrollo de enfermedad, dependerá del tiempo de incubación, difusión y la transmisión puede ocurrir la exposición de las poblaciones no inmune al agente.

Los agentes biológicos tienen la capacidad de dañar la salud humana diversas formas, desde reacciones alérgicas leves a enfermedades graves, que puede conducir a la muerte. Es de destacar que el agente biológico se produce naturalmente y puede ser modificada genéticamente para aumentar su capacidad transmisión, hacen que sea resistente a los medicamentos y desarrollar más hábil enfermedades.

### BROTOS EPIDEMIOLÓGICOS

El Sistema Especial de Notificación Inmediata (NOTINMED) del SINAVE, tiene como objetivo registrar todos los casos, eventos o brotes que tenga carácter de urgente y su notificación tenga que ser dentro de las 24 horas que inicia o se detectó.

La Norma Oficial Mexicana 017 Para la Vigilancia Epidemiológica, establece que la ocurrencia de dos o más casos asociados epidemiológicamente entre sí, se considera brote; y la forma de vigilancia epidemiológica es a través del llenado de estudio de brote. El llenado del estudio de brote es responsabilidad del titular de las unidades que realizan la vigilancia, los cuales deben notificar de forma inmediata a la Dirección General de Epidemiología, antes de que transcurran 24 horas a través del NOTINMED.

Durante el 2016 el brote más importante que ocurrió fue el de la enfermedad por infección de virus Zika.

## INFECCIÓN POR VIRUS ZIKA

El virus de Zika (ZIKV) es un flavivirus relacionado con la fiebre amarilla, dengue, virus del oeste del nilo y la encefalitis japonesa.

ZIKV, es un virus de RNA que contiene 10,794 nucleótidos que codifican a 3,419 aminoácidos. Este virus está estrechamente relacionado con el virus Spondweni, ambos pertenecen al grupo Spondweni. (1)

El virus Zika se transmite por la picadura de mosquitos del género Aedes, tanto en un ámbito urbano como selvático. (2)

La información relativa a la patogénesis de ZIKV es escasa, sin embargo, se ha reportado que la replicación del virus inicialmente se lleva a cabo en las células dendríticas cerca del sitio de la inoculación para posteriormente extenderse a los ganglios linfáticos y el torrente sanguíneo. (3)

Este virus fue aislado por primera vez el 18 de abril de 1947 en los bosques de Zika (Uganda) en un mono Rhesus experimental perteneciente a la Fundación Rockefeller como parte de un programa de investigación llevado a cabo en la jungla sobre fiebre amarilla. Posteriormente en 1948 el virus fue aislado del mosquito aedes africanus del mismo bosque. En 1968, ZIKV fue aislado de los seres humanos en Nigeria durante un estudio que fue realizado, posteriormente en un estudio llevado a cabo entre 1971 y 1975 se encontró que el 40% de la población en estudio contaba con anticuerpos neutralizantes para ZIKAV. EN 1981 Olson et al. reportó a 7 personas con evidencia serológica de enfermedad por ZIKV en Indonesia. En 2007 se reportó un brote en la Isla Yap en Micronesia. (1) Posteriormente se registró un brote en la Polinesia Francesa en 2013 en donde se registraron alrededor de 10,000 casos de los cuales aproximadamente 70 casos fueron graves con complicaciones neurológicas (síndrome de Guillain Barré, meningoencefalitis) o autoinmunes (púrpura trombocitopénica, leucopenia). En el 2014, se registraron también casos en Nueva Caledonia y en las Islas Cook. (2)

El periodo de incubación de ZIKV es de 2 a 13 días, la infección se caracteriza por fiebre, artralgias, particular de pequeñas articulaciones, mialgias, cefalea, dolor retro ocular, conjuntivitis no purulenta y erupción maculo papular. Los síntomas duran de 4 a 7 días, y son auto limitados. Se estima que la infección en la mayoría de los casos es asintomática o sub clínica. (4)

Las complicaciones neurológicas y autoinmunes reportadas eran poco frecuentes y habían sido identificadas sólo en la epidemia de la Polinesia Francesa.

Recientemente, fue reportada una nueva particularidad para ZIKV, este virus puede transmitirse por vía sexual, a través de transmisión perinatal y transparentaria durante el parto y por transfusión sanguínea. (5)

Es precisamente la vía transplacentaria la que está involucrada en la ocurrencia del síndrome congénito por el virus Zika teniendo a la microcefalia como una de las presentaciones(6) clínicas que contribuyeron a que en febrero de 2016

se declarara como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII) (7).

No se tienen aún definidos con detalle los mecanismos mediante los cuales el neurotropismo del virus ejerce su efecto patogénico sobre el feto en desarrollo. Se ha teorizado que puede tener relación con una de las secuencias genéticas que comparte con otro tipo de flavivirus con efectos en el sistema nervioso, la fiebre amarilla (4); sin embargo, no se debe de perder de vista que otros fenómenos climatológicos, sociales, migratorios y económicos tienen el potencial de explicar al menos en parte, la rápida dispersión del virus desde el Pacífico al territorio Americano (8) (9).

La evidencia disponible orienta a que el riesgo de presentar síndrome congénito por el virus Zika y/o microcefalia depende del momento en el que las mujeres embarazadas están expuestas ante el virus, siendo el primer trimestre el momento con el riesgo más elevado (10).

Hasta el momento no existe tratamiento antiviral específico, ni vacuna disponible para esta enfermedad. Se recomienda el tratamiento sintomático tras excluir enfermedades más graves tales como malaria, dengue o infecciones bacterianas. La atención hospitalaria está indicado en casos de enfermedad grave o si se presentan complicaciones. (2)

## PANORAMA

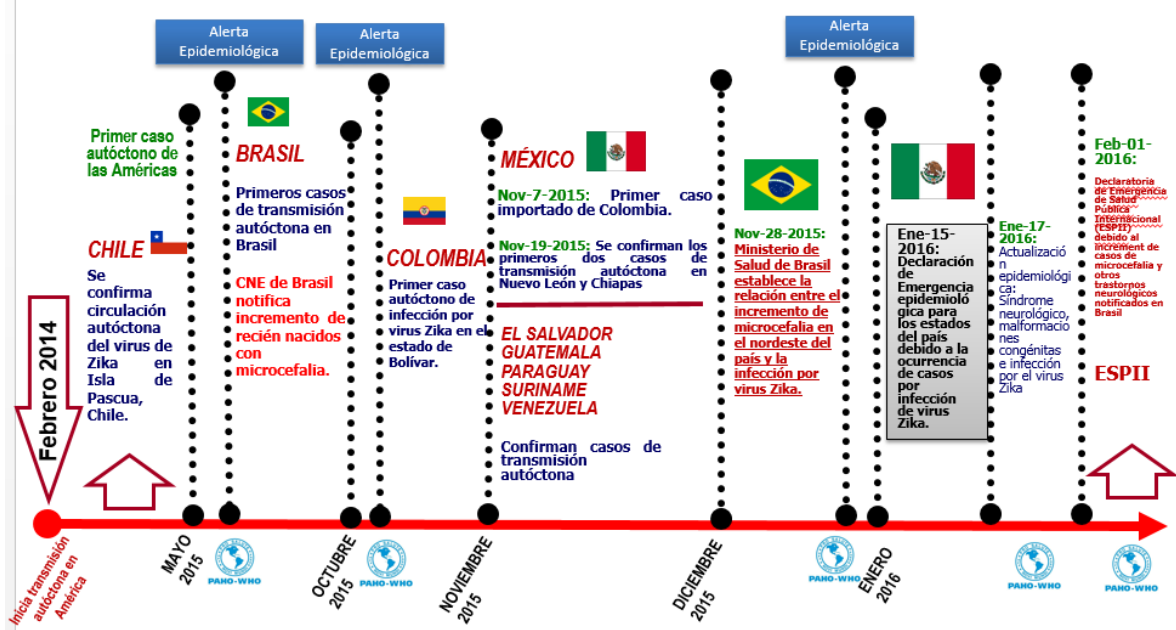
Desde el año 2014 fue detectada la circulación autóctona de ZIKV en las Américas. En febrero de 2014, en Chile se confirmó el primer caso de transmisión autóctona de infección por ZIKV en la isla de Pascua (Chile). Posteriormente en mayo de 2015 en Brasil se confirmó la transmisión autóctona del virus en el nordeste del país, en octubre del mismo año Colombia notificó la detección del primer caso autóctono de infección por ZIKV en el estado de Bolívar.

Hasta la semana epidemiológica 47 del 2015 (del 22 al 28 de noviembre del 2015) un total de 7 países en la región de las Américas que habían reportado transmisión autóctona de infección por ZIKAV confirmada a través de laboratorio. (11)

El 30 de octubre el Departamento de vigilancia de la Salud del Ministerio de Salud de Brasil fue notificado de 54 casos de recién nacidos con microcefalia en varios hospitales públicos y privados en el estado de Pernambuco; el 30 de noviembre el Ministerio de Salud de Brasil confirmó la relación existente entre ZIKV y los casos de microcefalia en recién nacidos. (12)

En la Figura 1 se puede apreciar la línea del tiempo de algunos de los hechos más importantes referentes a la ocurrencia de esta infección en las Américas.

Figura 1. Línea del tiempo de eventos referentes a la infección por virus Zika en América.



Fuente: CORONA, Maria Eugenia Jimenez, et al. Clinical and epidemiological characterization of laboratory-confirmed autochthonous cases of Zika virus disease in Mexico. PLoS currents, 2016, vol. 8.

Hasta el 02 de febrero de 2017, 76 países y territorios han reportado trasmisión autóctona por mosquitos desde el 2007 (70 con reporte desde 2015), 59 han reportado un brote que continua desde el 2015, siete reportaron posible trasmisión endémica en 2016 o 2017, diez cuentan con evidencia de trasmisión autóctona en 2015 o antes, pero con el brote terminado. 13 países han reportado trasmisión de persona a persona, 29 países han reportado casos de microcefalia o malformaciones del sistema nervioso central potencialmente asociados a la infección por virus Zika y 21 países han reportado incremento en la incidencia en el Síndrome de Guillain Barré o confirmación de infección por virus Zika en los casos de Síndrome de Guillain Barré.

El riesgo global no ha cambiado. El virus Zika continua dispersándose a las áreas que tienen presencia del mosquito vector. En algunos países se ha reportado decremento en los casos de infección por virus Zika, pero la vigilancia debe mantenerse.

### SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA EN MÉXICO

En México, el 7 de noviembre de 2015 fue confirmado el primer caso importado de enfermedad por ZIKV. Se trata de un masculino de 26 años de edad residente de Querétaro, Que. El paciente reportó antecedente de viaje a Santa Martha, Colombia.

Posteriormente, el 25 de noviembre de 2015 se confirmaron los dos primeros casos autóctonos de enfermedad por ZIKV en México, específicamente en los estados de Nuevo León y Chiapas.



**Caso 1:** masculino de 22 años residente de Monterrey, Nuevo León, presentó sintomatología caracterizada por dolor muscular y de articulaciones fiebre, salpullido generalizado y conjuntivitis no purulenta. Se procesaron las muestras para descartar dengue y chikungunya, siendo ambos resultados negativos. La prueba para virus zika fue procesada por el InDRE, la cual resultó positiva. El paciente no cuenta con antecedentes de viaje y actualmente se encuentra completamente recuperado y realizando sus actividades normales.

**Caso 2:** paciente masculino de 48 años residente en Huixtla, Chiapas presentó cuadro caracterizado por fiebre, salpullido, cefalea, faringitis, náuseas, prurito (comezón), y conjuntivitis. No refiere antecedente de viaje pero refiere conocer a una persona que es comerciante del mismo mercado quien regresó de Colombia el 6 de octubre del 2015 vía Cancún y que arribó a Tapachula, Chis., el 7 de octubre. Este último no presentó sintomatología alguna pero fue muestreado en la pesquisa de febriles por su antecedente de viaje a Colombia, siendo también notificado como positivo a ZIKAV por el InDRE.

Desde su introducción a México en el 2015, hasta el año 2016, se registraron 7,611 casos confirmados en el país, en 24 entidades federativas (Figura 1).

**Figura 2. Casos de Infección por virus Zika Autóctonos, México por SE de 2015-2017.**

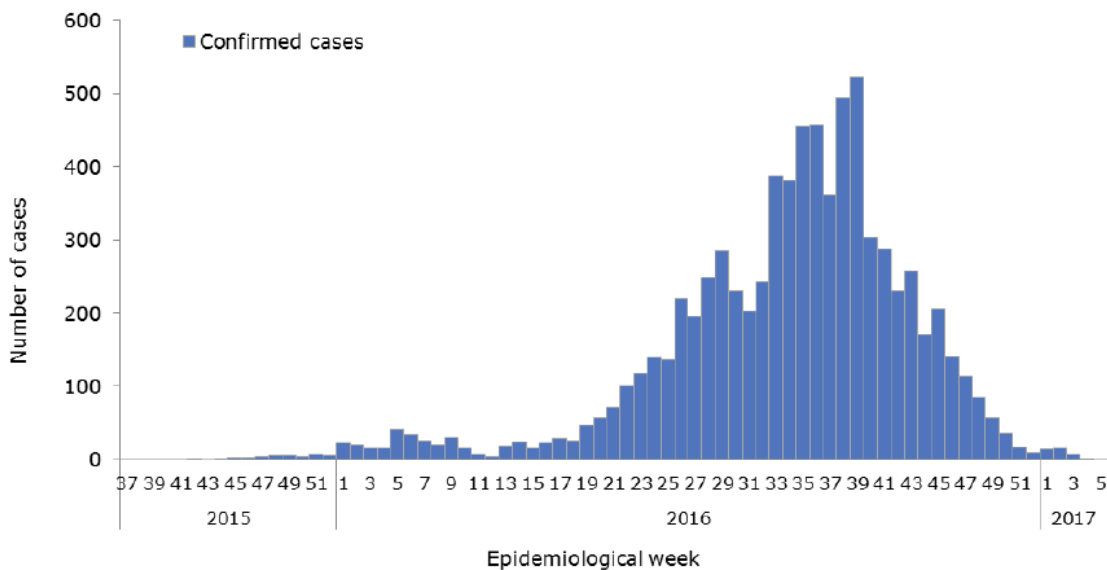
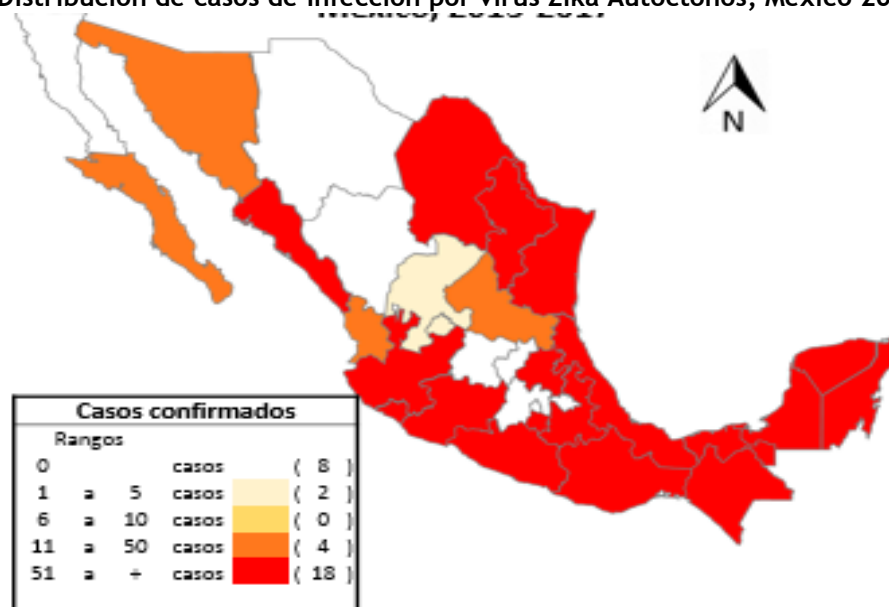


Figura 2. Distribución de casos de Infección por virus Zika Autóctonos, México 2015-2017.



Fuente: SINAVE/DGE/SS; Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedad por virus del Zika. \*Acceso al 23 de enero de 2017.

Los estados que más concentran el número de casos son Yucatán con incidencia de 38.24 por 100,000 habitantes, seguido de Colima con 37.18 por 100,000 habitantes y Veracruz con 22.83 por 100,000 habitantes. (Tabla 1)

Tabla 1. Casos Confirmados Autóctonos de Enfermedad por virus del Zika, México, 2015-2017\*

ESTADO	CONFIRMADOS		Total	INCIDENCIA* Acumulada
	2015-2016	2017		
Aguascalientes	1	0	1	0.08
Baja California Sur	24	0	24	2.96
Campeche	86	0	86	9.20
Coahuila	62	0	62	2.05
Colima	278	0	278	37.18
Chiapas	769	0	769	14.29
Guerrero	799	2	801	22.21
Hidalgo	190	0	190	6.45
Jalisco	82	1	83	1.02
Michoacán	61	0	61	1.31
Morelos	279	6	285	14.50
Nayarit	40	0	40	3.15
Nuevo León	784	5	789	15.09
Oaxaca	488	0	488	12.02
Puebla	94	0	94	1.49
Quintana Roo	365	1	366	21.99
San Luis Potosí	31	0	31	1.11
Sinaloa	58	4	62	2.04
Sonora	24	0	24	0.80
Tabasco	306	1	307	12.63
Tamaulipas	97	0	97	2.68

ESTADO	CONFIRMADOS		Total	INCIDENCIA* Acumulada
	2015-2016	2017		
Veracruz	1,863	1	1,864	22.83
Yucatán	829	2	831	38.24
Zacatecas	1	0	1	0.06
<b>Total</b>	<b>7,611</b>	<b>23</b>	<b>7,634</b>	<b>6.18</b>

Fuente: SINAVE/DGE/SS; Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedad por virus del Zika. \*Acceso al 23 de enero de 2017.

Hasta la semana epidemiológica 03 de 2017, se tiene un registro de 4,252 mujeres embarazadas con diagnóstico confirmatorio a Enfermedad por virus del Zika (Tabla 2).

Tabla 2. Casos Confirmados Autóctonos de Enfermedad por virus del Zika en Mujeres Embarazadas, México, 2015-2017\*

Entidad Federativa	Casos Confirmados	Casos Confirmados	Total
	2015-2016	2017	
Baja California Sur	5	0	5
Campeche	47	0	47
Coahuila	2	0	2
Colima	189	0	189
Chiapas	518	0	518
Guerrero	413	2	415
Hidalgo	134	0	134
Jalisco	33	0	33
Michoacán	20	0	20
Morelos	176	5	181
Nayarit	5	0	5
Nuevo León	544	5	549
Oaxaca	196	0	196
Puebla	18	0	18
Quintana Roo	321	0	321
San Luis Potosí	20	0	20
Sinaloa	18	1	19
Sonora	2	0	2
Tabasco	232	1	233
Tamaulipas	58	0	58
Veracruz	788	0	788
Yucatán	497	1	498
Zacatecas	1	0	1
<b>Total</b>	<b>4,237</b>	<b>15</b>	<b>4,252</b>

Fuente: SINAVE/DGE/SALUD/Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedad por virus del Zika. \*Hasta el 23 de enero de 2017.

## Síndrome de Guillain Barré asociado a infección por virus Zika

En el 2016 se confirmaron en nuestro país seis casos de SGB asociados a Infección por Virus Zika, por sitio de infección estos casos corresponden a las siguientes entidades: 2 a Tabasco, 2 casos a Chiapas, 1 a Guerrero y 1 a Quintana Roo. El promedio de edad de los casos fue de 24.8 años y el 50% corresponden al sexo masculino.

Los seis casos fueron confirmados por RT-PCR en tiempo real por laboratorios de la Red Nacional de Laboratorios de Salud Pública.

A los 3 casos de SGB identificados en menores de 15 años se les realizaron pruebas de laboratorio para polio, teniendo en los tres casos resultados negativos.

A la fecha no se cuenta con casos adicionales de SGB asociados a virus Zika en estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Hayes, Edward B. Zika virus outside Africa. *Emerging infectious diseases*, 2009, vol. 15, no 9, p. 1347
2. Pan American Health Organization -World Health Organization - Regional Office for the Americas. Epidemiological Alert: Zika virus infection: 7 May 2015 [Internet]. Washington: PAHO; 2015. Available from: [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&Itemid=270&gid=30075&lang=en](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=30075&lang=en).
3. Diamond MS, Shrestha B, Mehlhop E, Sitati E, Engle M. Innate and adaptive immune responses determine protection against disseminated infection by West Nile encephalitis virus. *Viral Immunol.* 2003;16:259-78.
4. Carvajal, Ana C.; PEÑA, Saúl O.; OLETTA, José Félix. Infección por Virus Zika (VZIK): Arbovirosis emergente en las Américas\*. *Venezolana de Medicina Interna*, 2015, vol. 31, no 1, p. 8-15.
5. Rodriguez-Morales, Alfonso J. Zika: the new arbovirus threat for Latin America. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 2015, vol. 9, no 06, p. 684-685.
6. Chan J, Choi G, Yip C. Zika fever and congenital Zika syndrome: An unexpected emerging arboviral disease. *Journal of Infection.* 2016(72):507-524.
7. Gulland A. Zika virus is a global public health emergency, declares WHO. *The British Medical Journal.* 2016 (352).
8. Saiz JC, Vazquez Calvo A, Blazquez A. Zika Virus: The last new corner. *Frontiers in Microbiology.* 2016(7).
9. 10.-Musso D, Nilles E, Cao Lormeau C. Rapid Spread of Emrging Zika in the Pacific Area. *Clinical Microbiology and Infection.* 2014.
10. Cauchemez S, Besnard M, Bompard P. Association between Zika virus and microcephaly in French Polynesia, 2013-15: a retrospective study. *The Lancet.* 2016.
11. Pan American Health Organization -World Health Organization - Regional Office for the Americas. Epidemiological Alert: Zika virus infection: 16 Oct 2015 [Internet]. Washington: PAHO; 2015. Available from: [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10345&Itemid=41237&lang=en](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10345&Itemid=41237&lang=en).
12. Pan American Health Organization, World Health Organization. Regional Office for the Americas. Epidemiological Alert: Increase of microcephaly in the northeast of Brazil -

17 November 2015 [Internet]. 2015 [cited 2015 Nov 17]. Available from: [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&Itemid=270&gid=32285&lang=en](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=32285&lang=en)