



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LOS  
TSUNAMIS EN MÉXICO.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**A C T U A R I O**

P R E S E N T A

**DANIEL GÓMEZ ORTÍZ**

Tutor:

ACT. JIMENA TARRATS IBARGÜENGOITIA

2013





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Datos del alumno

Gómez

Ortíz

Daniel

26213411

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

303190141-3

2. Datos de la Tutora

Actuaria

Jimena

Tarrats

Ibargüengoitia

3.- Sinodal 1

Doctor

José Ramiro

Sánchez

Aguilar

4. Sinodal 2

Doctor

René Alejandro

Jiménez

Ornelas

5. Sinodal 3

Actuario

Ricardo

Villegas

Azcorra

6. Sinodal 4

Actuario

Ricardo

Ibarra

Lara

Título

Impacto socioeconómico de los Tsunamis en México

70 Páginas

2013

## **Agradecimientos**

*Primero y antes que nada, debo mi total y más efusivo agradecimiento a la institución que me acogió y me dio la preparación que hoy en día me permite desarrollarme, más allá de lo profesional brindándome también un crecimiento personal, familiar pero sobre todo un crecimiento humano, brindándome la oportunidad de vivir diversas experiencias, derrotas y logros que forjaron día a día una mejor versión de mí.*

*Quiero agradecer también, a todas las instituciones privadas y órganos de gobierno que coadyuvaron a la elaboración de esta tesis apoyando con el acceso a información privilegiada dándole a este trabajo de tesis una particularidad de credibilidad.*

*Debo agradecer infinitamente a todos aquellos implicados directa e indirectamente en este trabajo, agradeciendo su constante y desinteresado apoyo, su envidiable capacidad de paciencia y cada consejo, comentario o reclamo a favor o en contra, que motivaron cada vez más el esfuerzo por alcanzar el término de este proceso.*

*Agradezco a lo divino, a aquella energía, a la vida, a las coincidencias y todo aquello susceptible de agradecimiento por cada una de las experiencias y aprendizajes que me han brindado, desde las más fuertes y devastadoras desfortunas hasta los más grandes metas y anhelos logrados con mucho éxito, trabajo y perseverancia.*

*Sin más me es necesario agradecer a todos y cada uno de los seres humanos que me permitieron convivir aunque sea una pequeña fracción de tiempo que nos es regalada, pero sobre todo agradecer aquellos grandes humanos que a pesar de mis errores lograron ver grandes virtudes en mí y hasta el día de hoy me permiten seguir formando parte de nuestras vidas.*



**Daniel**



# Índice general

|   |           |
|---|-----------|
| Índice de figuras .....   | 2         |
| Índice de cuadros .....   | 3         |
| Introducción.....   | 4         |
| <b>Capítulo1. Causas y efectos de los tsunamis .....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1 Definición .....  | 8         |
| 1.2 Origen y características.....   | 10        |
| 1.3 Medición del impacto.....   | 12        |
| 1.4 Clasificación por su origen .....   | 13        |
| 1.4.1 Sismos y terremotos.....  | 14        |
| 1.4.2 Explosiones submarinas .....  | 15        |
| 1.4.3 Erupción .....  | 15        |
| 1.5 Cronología de tsunamis en México .....  | 16        |
| 1.6 Zonas de riesgo.....  | 19        |
| 1.6.1 Costa del pacífico .....  | 20        |
| 1.6.2 Vulnerabilidad .....  | 22        |
| <b>Capítulo 2. Sistema Nacional de Protección Civil y Red Regional de Observatorios de tsunamis ...</b>     | <b>28</b> |
| 2.1 Introducción .....  | 28        |
| 2.2 Sistema Nacional de Protección Civil .....  | 29        |
| 2.2.1 Centro Nacional para la Prevención de Desastres .....   | 31        |
| 2.2.2 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).....                                     | 32        |
| 2.3 Red Regional de Observatorios.....  | 36        |
| 2.3.1 Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (de la UNESCO) .....                                       | 38        |
| 2.3.2 Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos de América (NOAA) .....    | 39        |
| 2.3.3 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE ..... | 42        |
| 2.3.4 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT.....  | 44        |
| <b>Capítulo 3. Escenarios de impacto socioeconómico de los tsunamis .....</b>                               | <b>47</b> |
| 3.1 Introducción .....  | 47        |
| 3.2 Diseño metodológico .....   | 48        |
| 3.3 Planteamiento del modelo dicotómico.....  | 49        |
| 3.4 Teorema de Bruno de Finetti .....   | 50        |
| 3.5 Supuestos, criterios e hipótesis.....   | 53        |
| 3.6 Impacto socioeconómico .....  | 55        |
| 3.6.1 Frecuentes, cada 5 años.....  | 55        |
| 3.6.2 Poco Frecuente, cada 25 años.....   | 57        |
| 3.6.3 Remoto, cada 50 años.....   | 59        |
| 3.6.4 Muy remotamente .....   | 60        |
| <b>Conclusiones .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>  | <b>65</b> |

## Índice de figuras

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 1.1. Perímetro costero de zonas de hundimiento de placas en el Océano Pacífico, generador de tsunamis.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>Figura 1.2. Imagen de un Tsunami .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Figura 1.3 Generación, propagación y arribo a las costas de un tsunami .....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>Figura 1.4 Formación de un tsunami por sismo .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>Figura 1.5 Generación, traslación y subsistencia de placas litosféricas y gestación tsunamis .....</b>                | <b>14</b> |
| <b>Figura 1.6 Tsunami por erupción volcánica .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>Figura 1.7 Imagen de un Tsunami .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>Figura 1.8 Puertos industriales y recursos turísticos en la zona costera .....</b>                                    | <b>24</b> |
| <b>Figura 1.9 Escenario sismo-tectónico de la costa del Pacífico de México .....</b>                                     | <b>25</b> |
| <b>Figura 1.10 Sistema de vigilancia científica del CICESE. ....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Figura 3.1 Escenario sismo-tectónico de la costa del Pacífico de México .....</b>                                     | <b>53</b> |

## Índice de cuadros

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Cuadro 1.1 Cronología y zona de afectación de los tsunamis en México.....</b>                                     | <b>17</b> |
| <b>Cuadro 3.1 Población y bienes estimados para la construcción de escenarios.....</b>                               | <b>54</b> |
| <b>Cuadro 3.2 Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 1 metro de altura.....</b>   | <b>55</b> |
| <b>Cuadro 3.2 Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 1 metro de altura.....</b>           | <b>56</b> |
| <b>Cuadro 3.3 Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 3 metro de altura.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>Cuadro 3.4 Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 3 metro de altura.....</b>           | <b>58</b> |
| <b>Cuadro 3.5 Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 1 metro de altura.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>Cuadro 3.6 Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 5 metros de altura.....</b>          | <b>60</b> |
| <b>Cuadro 3.7 Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 10 metros de altura.....</b> | <b>61</b> |
| <b>Cuadro 3.8 Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 10 metros de altura.....</b>         | <b>62</b> |

# Introducción

---

El objetivo de esta tesis es explicar las causas y efectos de los tsunamis en México e identificar las zonas de riesgo mediante el atlas del Centro Nacional para la Prevención de Desastres CENAPRED con el propósito de estimar el impacto en término de vidas humanas y daños materiales probables mediante escenarios de simulación a partir de los registros de este centro de investigación.

Los tsunamis, nombre japonés (tsu-puerto o bahía, nami-ola) llamados maremotos en español, son cortinas de agua de tamaño variable que inician con el retiro del mar a una extensión muy grande de las costas, acumulando así una gran masa de agua mar adentro para después desplazarse nuevamente hacia las costas con una mayor intensidad a la normal. La causa de los tsunamis son muchas aunque el 90% de estos son producidos por sismos-terremotos de magnitud considerable que reciben el nombre de maremotos tectónicos, mientras que el otro 10% son causados por erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, meteoritos, explosiones submarinas o derrumbes submarinos.

En México, el mayor riesgo son los tsunamis causados por los sismos-terremotos de la fosa mesoamericana, que es la zona de hundimiento de la placa de cocos y la placa de rivera bajo la placa de Norteamérica adyacente al litoral suroccidental, originando así los sucesos ocurridos en: noviembre de 1921 afectando a Zihuatanejo (Guerrero) con olas de 11 metros de altura; junio de 1932 afectando a Cuyutlán (Colima), con olas de 10 metros de altura, que causaron cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas; septiembre de 1985 afectando tanto a Lázaro Cárdenas (Michoacán) e Ixtapa-Zihuatanejo (Guerrero), con olas de 3 metros de altura; y octubre de 1995 causando daños a varias poblaciones costeras de Colima y Jalisco, con olas de hasta 5 metros de altura que causaron daños de consideración y una víctima. La zona de mayor riesgo en nuestro país es la costa occidental en los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, los cuales está expuesta al arribo de tsunamis locales.

México cuenta con instituciones dirigidas al estudio, la prevención y la solución en caso de tsunamis como lo son: El Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, el cual realiza actividades de investigación, capacitación, instrumentación y difusión acerca de fenómenos naturales y antropogénicos que pueden originar situaciones de desastre; así como acciones para reducir y mitigar los efectos negativos de tales fenómenos, para

coadyuvar a una mejor preparación de la población para enfrentarlos. Así también, existe el Sistema Nacional de Protección Civil, SINAPROC, siendo su principal objetivo promover la aplicación de las tecnologías para la prevención y mitigación de desastres; impartir capacitación profesional y técnica sobre la materia, y difundir medidas de preparación y autoprotección entre la sociedad mexicana expuesta a la contingencia de un desastre. El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE, fue creado en 1973 por el gobierno federal como parte de la iniciativa para descentralizar las actividades científicas y modernizar el país, pertenece al sistema de centros públicos de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, y a lo largo de más de cuatro décadas, ha evolucionado hasta convertirse en uno de los principales centros científicos de México. Finalmente, el CICESE es una institución de referencia en el contexto científico nacional e internacional, su excelencia académica apoya el desarrollo nacional, la formación de recursos humanos y contribuye a generar el conocimiento que puede coadyuvar en la solución de problemas que afectan el entorno social y económico de México.

Existen diversos métodos para medir la magnitud del daño causado por un desequilibrio natural; en particular, se debe considerar un análisis de escenarios para eventos de pérdida en donde los datos internos o externos, y/o factores internos de control, no provean una base lo suficientemente robusta para la estimación. Para evaluar el impacto social y económico de un tsunami se pueden diseñar escenarios formados por la descripción de una situación futura y un camino de acontecimientos que permiten pasar de una situación original a otra futura.

Existen diferentes criterios en los métodos de construcción de escenarios pudiendo agruparlos como sigue: Los que usan la lógica intuitiva, poniendo énfasis en el pragmatismo (derivado de la aplicación de métodos matemáticos considerando combinaciones binarias); por otro lado, está aquellos escenarios con un enfoque basado en la previsión humana y social con los que se definen tipos fundamentales de escenarios: probables, deseables, realizables, exploratorios y normativos.

Los escenarios exploratorios son aquellos que partiendo de las tendencias pasadas y presentes, conducen a futuros verosímiles; por su parte, los escenarios de anticipación o normativos se construyen a partir de imágenes alternativas del futuro, los cuales podrán ser deseables o, por el contrario, rechazables.

Las etapas de construcción del método de escenarios es: i) identificar las variables clave, este es el objetivo del análisis estructural; ii) analizar el juego de actores con el fin de plantear las preguntas clave para el futuro; iii) reducir la incertidumbre sobre las cuestiones clave y despejar los escenarios del entorno más probables gracias a los métodos de expertos.

Un escenario no es una realidad futura, sino un medio de representarla con el objetivo de esclarecer la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables. La prueba de la realidad y la preocupación por la eficacia deben guiar la reflexión prospectiva para un mejor dominio de la historia. Los escenarios para tener credibilidad y respetar las cinco condiciones de rigor para asegurar su correcta aplicación en la planificación, éstas son: Relevancia, coherencia, verosimilitud, importancia y transparencia.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el CICESE actualmente exploran una probable colaboración para instalar estaciones de alta frecuencia para medir el nivel del mar en isla Guadalupe e isla Socorro, estaciones similares a las que instaló el CICESE en El Sauzal en 2004 y que hoy puede reconocerse como la Red Regional de Observatorios de Tsunamis en México, que opera en tiempo real vía Internet. Además, existe interés en perfeccionar y enriquecer el modelo de identificación de áreas costeras con probabilidad de inundación por tsunamis (MIACIM).

En la costa occidental de México se dificulta el estudio porque antes del siglo XIX permaneció casi deshabitada, y la operación de la red de mareógrafos, en que tradicionalmente se registran los tsunamis, comenzó hace apenas 60 años (1952), y contiene vacíos notorios de datos. El Catálogo de Tsunamis en la Costa Occidental de México, documenta 49 tsunamis arribados desde 1732 hasta 1985: 16 de origen lejano y 33 de origen local. De 1986 a 1991, en México no hubo registros; tal vez porque ninguno llegó, o por operación deficiente de los mareógrafos. A partir de 1992, el CICESE y la Secretaría de Marina de México, en colaboración con la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos de América (NOAA) y el Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (de la UNESCO) instalaron y mantienen 3 mareógrafos, equipados para transmisión inmediata de señales a satélite en Manzanillo, isla Socorro y Cabo San Lucas; desde 1992 se han registrado 6 maremotos. Un reciente tsunami local, acaecido el 9 de octubre de 1995, originado por un sismo de  $M_s = 7.6$  con epicentro 4 kilómetros al suroeste de Manzanillo, afectó la costa de Jalisco y Colima con olas de hasta 5.1 metros de altura, e inundó las localidades de Barra de Navidad y Boca de Iguanas, Jalisco. En La Manzanilla, Boca de Iguanas y Melaque, Jalisco, causó daños considerables, y un deceso.

En un proyecto conjunto con la Secretaría de Gobernación, y con la colaboración de la Secretaría de Marina, se programa instalar una red de estos sensores en otros puertos del pacífico mexicano, para integrar el futuro sistema de alerta temprana para tsunamis de México.

La tesis se presenta grosso modo en tres capítulos.

El objetivo del capítulo 1 es dar a conocer los diferentes tipos de tsunamis, su clasificación y sus efectos, así como también ver el impacto económico y la afectación en vidas humanas que se han llegado a tener en nuestro país a lo largo de los últimos años, dando así un análisis acerca de la vulnerabilidad actual del país para enfrentar este tipo de catástrofes.

Por su parte, el objetivo del capítulo 2 es presentar las instituciones tanto gubernamentales, como privadas y de investigación, creadas a partir de necesidades específicas, involucradas en la investigación, el estudio y la documentación, la prevención y la difusión de información acerca de los tsunamis para poder así minimizar las afectaciones generadas por estas alteraciones ambientales, dando a conocer también sus responsabilidades y su metodología de trabajo en el análisis de los tsunamis.

Finalmente, en el capítulo 3 se plantean, analizan y se desarrolla un método de escenarios basados en información documentada a través de las diferentes instituciones dedicadas al estudio de tsunamis dando a conocer los posibles riesgos y afectaciones que se pueden llegar a presentar en las costas mexicanas en caso de eventos catastróficos originadores de tsunamis así como plantear estrategias posibles a implementar para mitigar los efectos causados por estos.

# Capítulo 1.

## Causas y efectos de los tsunamis

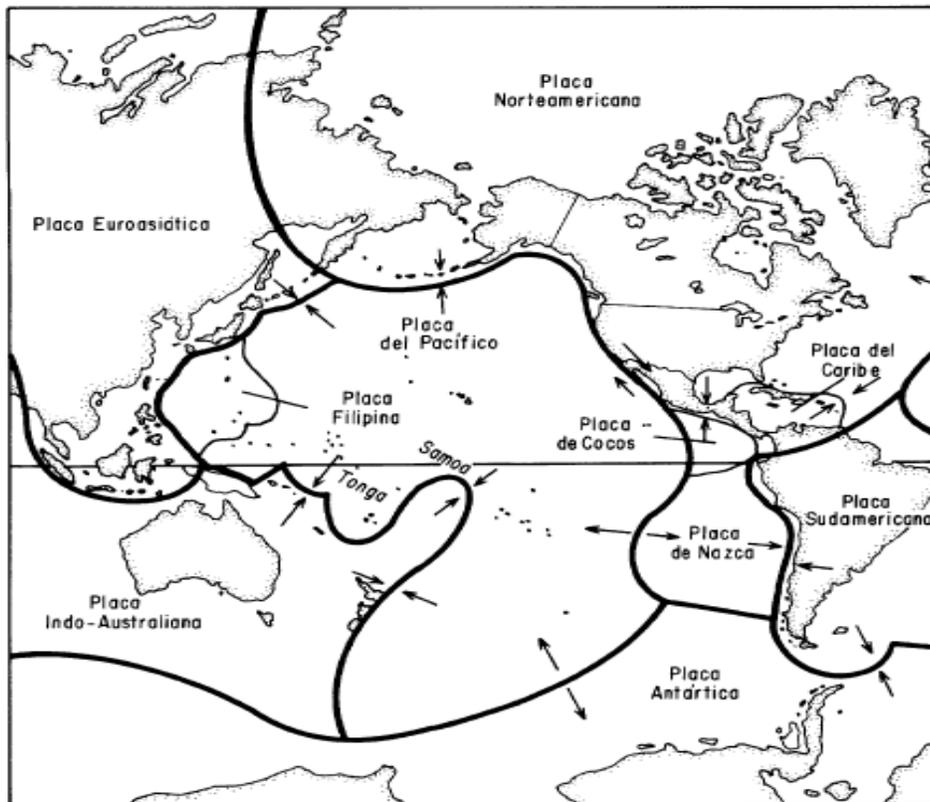
---

### 1.1 Definición

El término tsunami es japonés e internacionalmente se usa para designar el fenómeno que en español se denomina maremoto. Es una secuencia de olas que se generan cuando, cerca o en el fondo del océano, ocurre un terremoto.

Los tsunamis pueden arribar con gran altura y provocar efectos destructivos como pérdida de vidas humanas y daños materiales. En su mayoría, los tsunamis se originan por sismos que ocurren en las costas del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino

**Figura 1.1.**  
**Perímetro costero de zonas de hundimiento de placas en el Océano Pacífico, generador de tsunamis.**



Fuente: Ferreras Salvador F., Domínguez Mora Ramón, et al. (2005), "Tsunamis. Serie Fascículos.", 2a. CENAPRED, México, ISBN: 970-628-875-9

Un tsunami es un tren de ondas progresivas gravitacionales largas, con longitudes de onda del orden de cientos de kilómetros y alturas de gran magnitud en agua profunda, que se forman en el océano o en una cuenca costera al ocurrir una perturbación impulsiva vertical de corta duración de segundos a pocos minutos y gran extensión, centenas o más de km, en su fondo o en su superficie libre. Los periodos de sus ondas son de 15 a 60 minutos, y sus velocidades de propagación de varios cientos de km/hora en aguas profundas.

**Figura 1.2.**  
**Imagen de un Tsunami**



Fuente: Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", 1997, pp. 73-96.

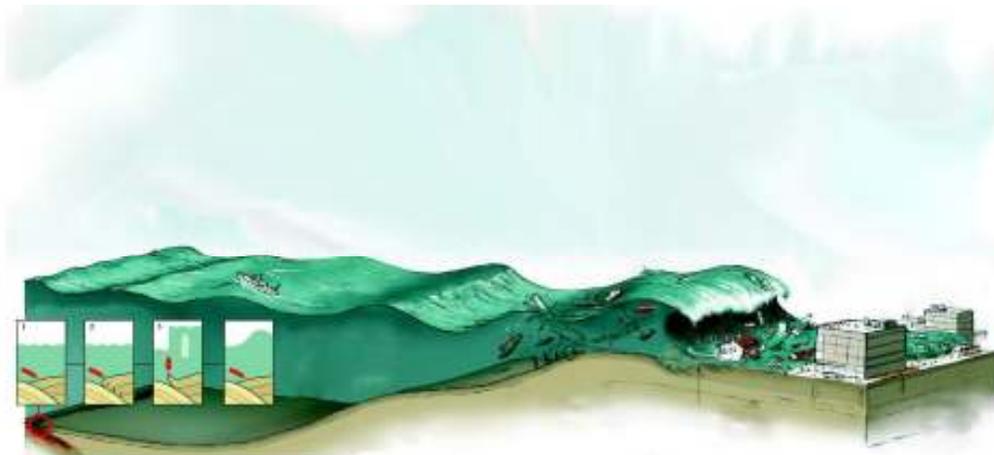
En aguas profundas, la gran extensión de su longitud de onda la podemos describir en cientos de kilómetros y su altura, en centímetros, por lo que los hace inobservables desde embarcaciones o aviones. Actualmente, sólo han podido ser detectados por sensores de presión instalados en el fondo marino [González and Kulikov, 1993]

Los periodos o lapsos de tiempo entre el paso de dos olas sucesivas, son de 15 a 60 minutos, a comparación de las olas cortas de tormentas generadas por el viento, que comúnmente llegan a las costas o con las ondas mucho más extensas de las mareas, que arriban una o dos veces al día.

El movimiento ondulatorio durante su propagación se extiende verticalmente a toda la columna de agua, es decir, desde la superficie del mar hasta el fondo, con un gran transporte de energía. Esto se debe principalmente a la gran extensión de su área de generación; la longitud de sus ondas; la cantidad de energía suministrada en el proceso de generación y su condición de onda superficial (longitud de onda mucho mayor que la profundidad) aun en aguas profundas. Por esta condición de onda superficial su velocidad de propagación es directamente proporcional y depende de la profundidad.

Las dos características anteriores determinan que al arribar las olas a costas someras, con pendiente no-abrupta, es decir, poca reflexión, disminuya su velocidad, se acorten sus longitudes de onda por ser invariantes sus frecuencias, y en consecuencia se concentre su energía aumentando sus alturas, al decrecer la profundidad. Las olas así resultantes pueden llegar a tener características destructivas en las costas de arribo.

**Figura 1.3**  
**Generación, propagación y arribo a las costas de un tsunami**



Fuente: Elaboración propia a partir de Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", 1997.

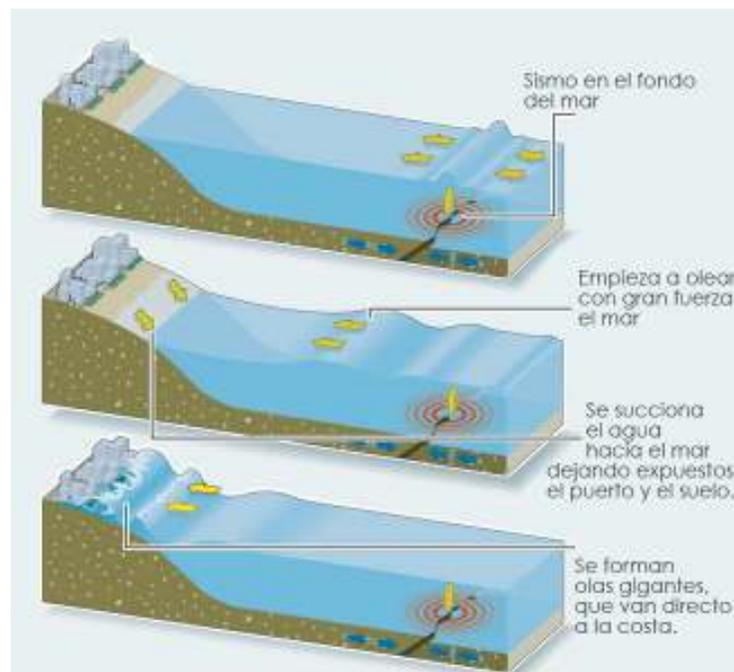
## **1.2 Origen y características**

En la gran mayoría de los casos, el movimiento inicial que provoca la generación de los tsunamis es una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano, ocasionada por un sismo. En el transcurso del siglo XX, éste ha sido el origen de aproximadamente el 94% de los 450 tsunamis ocurridos en el Océano Pacífico. Otros agentes

causales menos frecuentes han sido: erupciones de volcanes sumergidos, impacto de meteoritos, deslizamientos submarinos y explosiones nucleares.

El fenómeno de generación nunca se ha observado ni medido directamente; sin embargo, la perturbación inicial es provocada en la gran mayoría de los casos por una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo oceánico, ocasionada por un sismo en la zona de ruptura de subsidencia inter-placas tectónicas. Otros agentes causales menos frecuentes, han sido: Erupciones de volcanes sumergidos (Van Dorn, 1965); impacto de meteoritos (Murty, 1979); deslizamientos submarinos y explosiones nucleares (Olsen et. al.)

**Figura 1.4**  
**Formación de un tsunami por sismo**



Fuente: Elaboración propia a partir de Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", 1997, pp. 73-96.

Al acercarse las olas de los tsunamis a una costa de pendiente suave (por ejemplo una playa), a medida que disminuye la profundidad del fondo marino también decrece su velocidad, las longitudes de onda se acortan, la energía se concentra y la altura se incrementa, con potencialidad destructiva.

En la costa la altura de los tsunamis depende de: las características de las olas en mar abierto; la batimetría; la pendiente del fondo marino; la configuración del contorno de la costa; la refracción; la reflexión; y, el atrapamiento de sus olas en las diversas formaciones

fisiográficas costeras como bahías, golfos, península, islas, cabos, deltas fluviales y lagunas costeras.

### **1.3 Medición del impacto**

La multiplicidad de los factores anteriores hace que la evaluación del comportamiento local del arribo de un tsunami sea un problema complejo y que, aun en distancias cortas, la altura máxima de sus olas varíe considerablemente a lo largo de la costa.

Actualmente el método más confiable y riguroso para evaluar y pronosticar con detalle las alturas máximas que alcanzarían las olas de un maremoto a lo de una franja costera (por ejemplo una bahía) es la simulación computacional de la generación, la propagación y su arribo.

En México se está efectuando este trabajo para los puertos industriales, turísticos, y asentamientos humanos más importantes ubicados en la costa del Pacífico. Al llegar el tsunami a la costa, su incremento de altura por asomeramiento provoca retiro o resaca del agua ante el frente de la ola; grandes extensiones del fondo marino quedan al descubierto (*secas*). Es un aviso de que pocos minutos después llegará una ola a gran velocidad. Son pocos los casos en que antes del arribo del tsunami no se presente este retiro del agua.

Un tsunami no es una sola ola, sino una secuencia o tren de olas que cada 10 a 40 minutos se suceden una tras otra durante un lapso de medio día, un día o más. Comúnmente, la ola de mayor altura y potencial destructivo no es la primera ni la segunda, sino las siguientes.

En bahías semicerradas o con forma semejante a una herradura, las olas del tsunami experimentan en el interior reflexiones múltiples sucesivas en las costas opuestas, amplificándose su oscilación y la altura con que invaden las costas. Este fenómeno se denomina amplificación resonante por formación de ondas estacionarias; se genera en olas de tsunami cuya longitud sea igual o múltiplo de las dimensiones horizontales (longitud y anchura) de la bahía.

Por análisis de los registros mareográficos, se ha inferido la ocurrencia de amplificación resonante de olas de tsunamis en Ensenada, La Paz, Acapulco y Manzanillo, que son bahías semicerradas.

Debido a este fenómeno, al arribo de los maremotos provenientes de Chile en 1960 y de Alaska en 1964, las alturas máximas de ola registradas en el mareógrafo de Ensenada, B.C., fueron aproximadamente el triple de las ocurridas en la costa abierta de la vecina localidad de La Jolla, California (USA), y mayores a las de otros puertos mexicanos. Contrariamente a

una difundida creencia, la presencia de islas en la boca de las bahías de Ensenada y de Acapulco no las protege de los tsunamis. Estas islas incrementan el cerco y la extensión del contorno costero, que por reflexión interna amplifica las olas del maremoto, y limitan el escape de su energía hacia mar afuera a través de la boca.

Las olas de los tsunamis pueden penetrar por ríos, esteros, arroyos y/o lagunas costeras, y viajar a gran velocidad hasta varios kilómetros tierra adentro, se les denomina bores. Por ejemplo, las olas que el 19 de septiembre de 1985 se propagaron aguas arriba por el Río Balsas, inundaron la zona portuaria de Lázaro Cárdenas. En tan sólo 18 minutos llegaron hasta el segundo puente de la ciudad, distante 8 kilómetros de la boca del río.

#### **1.4 Clasificación por su origen**

Los tsunamis se clasifican en el lugar de arribo a la costa, según la distancia o el tiempo de desplazamiento desde su lugar de origen, en:

- *Tsunamis locales.* El lugar de arribo a la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del maremoto; por tiempo de desplazamiento a menos de una hora. Por ejemplo, el generado por un sismo en la Fosa Mesoamericana frente a Michoacán el 19 de septiembre de 1985, que tardó sólo 30 segundos para llegar a Lázaro Cárdenas, y 23 minutos a Acapulco.
- *Tsunamis regionales.* El litoral invadido está a no más de 1,000 km o a pocas horas de viaje de la zona de generación. Por ejemplo, el provocado por un sismo en las costas de Colombia el 12 de diciembre de 1979, que tardó 4 horas para llegar a Acapulco.
- *Tsunamis lejanos (remotos, transpacíficos o teletsunamis).* El sitio de arribo está muy alejado, en el Océano Pacífico, a más de 1,000 km de distancia de la zona de generación, a aproximadamente medio día o más de viaje. Por ejemplo, el ocurrido tras un sismo en Chile el 22 de mayo de 1960; tardó unas 13 horas en llegar a Ensenada (México), y el maremoto generado en Japón el 16 de mayo de 1968; demoró 14 horas en arribar a Manzanillo (México).

La operación de un sistema de alerta de tsunamis, las diferencias que establece esta clasificación son muy importantes:

1. En el caso de los locales, después del sismo, para avisar a la población de la llegada del maremoto no hay tiempo o son pocos minutos.

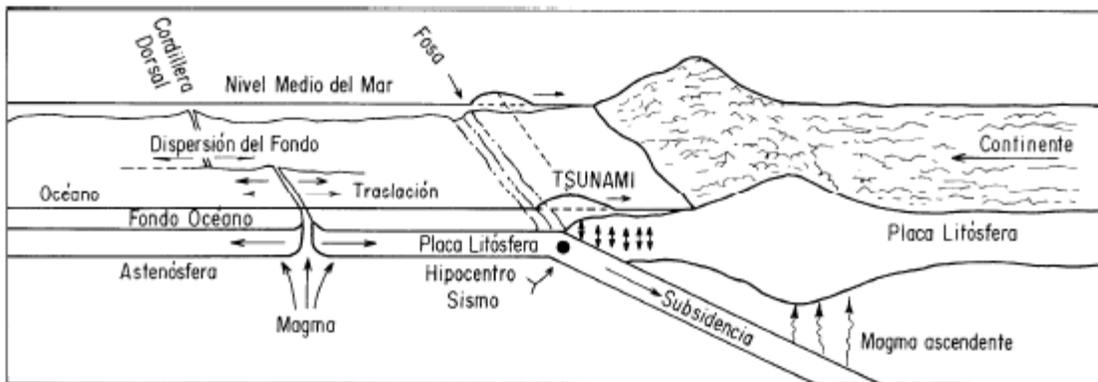
2. En el caso de los regionales hay pocas horas.
3. En el caso de los lejanos se dispone de aproximadamente medio día o un poco más.

### 1.4.1 Sismos y terremotos

De acuerdo a la teoría de tectónica de placas, la corteza terrestre está formada por placas litosféricas rígidas, que se generan por magma ascendente en las cordilleras dorsales submarinas, se trasladan deslizándose sobre la astenósfera y se hunden en las fosas de las fronteras de colisión entre placas vecinas.

La colisión y subsidencia en estas fronteras producen sismos con hipocentro bajo el lecho marino, que ocasionalmente generan tsunamis como se muestra en la Figura 1.5.

**Figura 1.5**  
**Generación, traslación y subsistencia de placas litosféricas y gestación tsunamis**



Fuente: Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", 1997, pp. 73-96.

Para que un sismo genere un tsunami, es necesario que:

- a) El hipocentro (punto de origen del sismo, en el interior de la Tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla) del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino, a una profundidad menor a 60 km (sismo superficial)
- b) Ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas, es decir, que la falla tenga movimiento vertical: que no sea solamente de desgarre, con movimiento lateral.
- c) En cierto lapso de tiempo el sismo libere suficiente energía, y que ésta se transmita eficientemente.

El conocimiento científico de esta última condición, es insuficiente: aún no existe algún modelo teórico ni método operacional totalmente satisfactorio que permita determinar si un sismo es tsunamigénico (generador de tsunamis), ni de qué tamaño (magnitud, intensidad, o altura de olas) será el tsunami generado.

Como indicador de certeza de generación de maremotos, tradicionalmente se había aceptado que la magnitud del sismo ( $M_s$ ) fuera mayor que 7.5; sin embargo, para terremotos muy grandes o de gran duración (mayor que 20 segundos), este indicador no es confiable. En efecto, movimientos telúricos de  $M_s$  menor que 7.0 y de gran duración han provocado tsunamis anormalmente grandes respecto de lo esperable (se denominan sismotsunamis). Un ejemplo es el ocurrido en la Fosa Mesoamericana frente a Nicaragua en septiembre de 1992, que fue destructivo.

Actualmente hay consenso en que el valor del momento sísmico ( $M_o$ ), que es proporcional al área de ruptura y a la dislocación vertical de la falla, determinado de los registros sismográficos de banda ancha, es el mejor parámetro para estimar la probabilidad de generación de tsunamis para  $M_o$  mayor que 1022 newtonmetros.

#### **1.4.2 Explosiones submarinas**

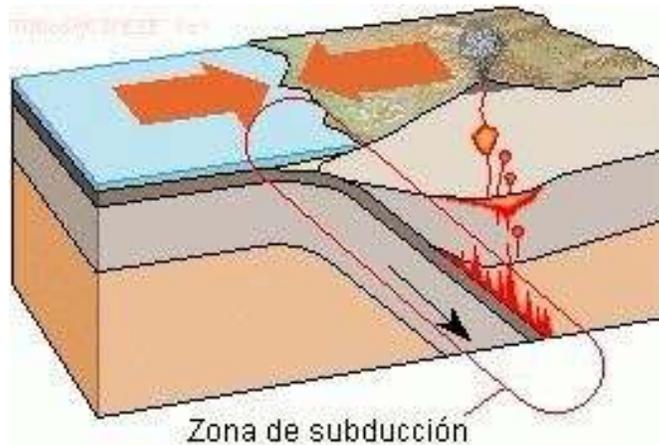
Las avalanchas, erupciones volcánicas y explosiones submarinas pueden ocasionar tsunamis que suelen disiparse rápidamente, sin alcanzar a provocar daños en sus márgenes continentales.

Respecto de los meteoritos, no hay antecedentes confiables acerca de su ocurrencia, pero la onda expansiva que provocarían al entrar al océano o el impacto en el fondo marino, en caso de caer en zona de baja profundidad, son factores bastante sustentables como para pensar en ellos como eventual causa de tsunami, especialmente si se trata de un meteorito de gran tamaño.

#### **1.4.3 Erupción**

Las erupciones volcánicas submarinas son responsables del 3% de ocurrencia de tsunamis. Otros mecanismos naturales generadores de tsunami son: El flujo hacia el mar de corrientes de turbidez o de lava; el desprendimiento de glaciares; y, las explosiones nucleares detonadas en la superficie o en el fondo del mar. Estos son fenómenos menos comunes pero de gran importancia por los efectos locales que producen.

**Figura 1.6**  
**Tsunami por erupción volcánica**



Fuente: Elaboración propia a partir de Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", 1997, pp. 73-96.

### **1.5 Cronología de tsunamis en México**

En 1992, el CICESE y la Secretaría de Marina, en colaboración con la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos de América (siglas en inglés NOAA) y el Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (de la UNESCO) instalaron y mantienen 3 mareógrafos, equipados para transmisión inmediata de señales a satélite, en Manzanillo, isla Socorro y Cabo San Lucas.

Desde octubre de 2004, el CICESE mantiene y opera en el puerto de El Sauzal, B.C. un sensor de nivel de mar de alta frecuencia, transmitiendo en tiempo real por Internet (<http://observatorio.cicese.mx>) un dato de nivel del mar cada minuto. En un proyecto conjunto con la Secretaría de Gobernación, y con la colaboración de la Secretaría de Marina, se programa instalar una red de estos sensores en otros puertos del pacífico mexicano, para integrar el futuro sistema de alerta temprana para tsunamis de México.

Los tsunamis de mayor impacto en México son el ocurrido en 1952, con el cual se inició el registro tradicional de los tsunamis por la operación de la red de mareógrafos. De 1732 hasta 1985 el Catálogo de Tsunamis en la Costa Occidental de México, documenta 49 tsunamis arribados desde 1732 hasta 1985: 16 de origen lejano y 33 de origen local. De 1986

a 1991, en México no hubo registros; tal vez porque ninguno llegó, o por operación deficiente de los mareógrafos. Desde 1992 han registrado 6 maremotos (cuadro 1.1)

**Cuadro 1.1**  
**Cronología y zona de afectación de los tsunamis en México**

| Fecha       | Origen | Zona del Sismo | Magnitud del sismo | Entidad de afectación | Lugar registrado del Tsunami |
|-------------|--------|----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| 25 feb 1732 | local  | Guerrero       |                    | Guerrero              | Acapulco                     |
| 01 sep 1754 | local  | Guerrero       |                    | Guerrero              | Acapulco                     |
| 28 mar 1787 | local  | Guerrero       | >8.0               | Guerrero              | Acapulco                     |
| 03 abr 1787 | local  | Oaxaca         |                    | Oaxaca                | Juquila                      |
| 03 abr 1787 | local  | Oaxaca         |                    | Oaxaca                | Pochutla                     |
| 04 may 1820 | local  | Guerrero       | 7.6                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 10 mar 1833 | local  | Guerrero       |                    | Guerrero              | Acapulco                     |
| 11 mar 1834 | local  | Guerrero       | 7.9                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 07 abr 1845 | local  | Guerrero       |                    | Guerrero              | Acapulco                     |
| 29 nov 1852 | local  | B. California  |                    | Sonora                | Río Colorado                 |
| 04 dic 1852 | local  | Guerrero       |                    | Guerrero              | Acapulco                     |
| 11 may 1870 | local  | Oaxaca         | 7.9                | Oaxaca                | Puerto Ángel                 |
| 23 feb 1875 | local  | Colima         |                    | Colima                | Manzanillo                   |
| 14 abr 1907 | local  | Guerrero       | 7.6                | Oaxaca                | Puerto Ángel                 |
| 30 jul 1909 | local  | Guerrero       | 7.2                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 16 nov 1925 | local  | Guerrero       | 7                  | Guerrero              | Zihuatanejo                  |
| 22 mar 1928 | local  | Oaxaca         | 7.5                | Oaxaca                | Puerto Ángel                 |
| 16 jun 1928 | local  | Oaxaca         | 7.6                | Oaxaca                | Puerto Ángel                 |
| 03 jun 1932 | local  | Jalisco        | 8.2                | Colima                | Manzanillo                   |
| 03 jun 1932 | local  | Jalisco        | 8.2                | Colima                | San Pedrito                  |
| 03 jun 1932 | local  | Jalisco        | 8.2                | Colima                | Cuyutlán (armería)           |
| 03 jun 1932 | local  | Jalisco        | 8.2                | Nayarit               | San Blas                     |
| 18 jun 1932 | local  | Jalisco        | 7.8                | Colima                | Manzanillo                   |
| 22 jun 1932 | local  | Jalisco        | 6.9                | Colima                | Cuyutlán (armería)           |
| 22 jun 1932 | local  | Jalisco        | 6.9                | Colima                | Manzanillo                   |
| 29 jun 1932 | local  | Jalisco        |                    | Colima                | Cuyutlán (armería)           |
| 03 dic 1948 | local  | Nayarit        | 6.9                | Nayarit               | Islas Mariás                 |
| 14 dic 1950 | local  | Guerrero       | 7.2                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 28 jul 1957 | local  | Guerrero       | 7.8                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 28 jul 1957 | local  | Guerrero       |                    | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 11 may 1962 | local  | Guerrero       | 7.2                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 19 may 1962 | local  | Guerrero       | 7.1                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 23 ago 1965 | local  | Oaxaca         | 7.3                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 30 ene 1973 | local  | Colima         | 7.6                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 30 ene 1973 | local  | Colima         | 7.6                | Colima                | Manzanillo                   |
| 30 ene 1973 | local  | Colima         | 7.6                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 30 ene 1973 | local  | Colima         | 7.6                | B. California Sur     | La Paz                       |
| 30 ene 1973 | local  | Colima         | 7.6                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 29 nov 1978 | local  | Oaxaca         | 7.6                | Oaxaca                | P. Escondillo                |
| 14 mar 1979 | local  | Guerrero       | 7.4                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 14 mar 1979 | local  | Guerrero       | 7.4                | Colima                | Manzanillo                   |
| 19 sep 1985 | local  | Michoacán      | 8.1                | Michoacán             | Lázaro Cárdenas              |
| 19 sep 1985 | local  | Michoacán      | 8.1                | Guerrero              | Ixtapa-Zihuatanejo           |
| 19 sep 1985 | local  | Michoacán      | 8.1                | Michoacán             | Playa Azul                   |
| 19 sep 1985 | local  | Michoacán      | 8.1                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 19 sep 1985 | local  | Michoacán      | 8.1                | Colima                | Manzanillo                   |
| 21 sep 1985 | local  | Michoacán      | 7.6                | Guerrero              | Acapulco                     |

| Fecha       | Origen | Zona del Sismo | Magnitud del sismo | Entidad de afectación | Lugar registrado del Tsunami |
|-------------|--------|----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| 21 sep 1985 | local  | Michoacán      | 7.6                | Guerrero              | Zihuatanejo                  |
| 01 sep 1992 | lejano | Nicaragua      | 7.2                | Colima                | Isla Socorro                 |
| 01 sep 1992 | lejano | Nicaragua      | 7.2                | B. California Sur     | Cabo San Lucas               |
| 30 jul 1995 | lejano | Chile          | 7.8                | Colima                | Isla Socorro                 |
| 30 jul 1995 | lejano | Chile          | 7.8                | B. California Sur     | Cabo San Lucas               |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Colima                | Manzanillo                   |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | B. California Sur     | Cabo San Lucas               |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Colima                | Isla Socorro                 |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Barra de Navidad             |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Melaque                      |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Cuastecomate                 |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | La Manzanilla                |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Boca de Iguanas              |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | El Tecuán                    |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Punta Careyes                |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Chamela                      |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | San Mateo                    |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Pérula                       |
| 09 oct 1995 | local  | México         | 7.6                | Jalisco               | Punta Chalacatepec           |
| 21 feb 1996 | lejano | Perú           | 7.8                | Colima                | Isla Socorro                 |
| 22 ene 2003 | local  | México         | 7.8                | Colima                | Manzanillo                   |
| 22 ene 2003 | local  | México         | 7.8                | Michoacán             | Lázaro Cárdenas              |
| 22 ene 2003 | local  | México         | 7.8                | Guerrero              | Zihuatanejo                  |
| 26 dic 2004 | lejano | Indonesia      | 9                  | Colima                | Manzanillo                   |
| 26 dic 2004 | lejano | Indonesia      | 9                  | Baja California       | El Sauzal                    |
| 26 dic 2004 | lejano | Indonesia      | 9                  | B. California Sur     | Cabo San Lucas               |
| 04 nov 1952 | lejano | Kamchatka      | 8.3                | B. California Sur     | La Paz                       |
| 04 nov 1952 | lejano | Kamchatka      | 8.3                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | Baja California       | Ensenada                     |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | B. California Sur     | La Paz                       |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | Sonora                | Guaymas                      |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | Colima                | Manzanillo                   |
| 09 mar 1957 | lejano | I. Aleutianas  | 8.3                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | Baja California       | Ensenada                     |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | B. California Sur     | La Paz                       |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | Sonora                | Guaymas                      |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | Sinaloa               | Topolobampo                  |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 22 may 1960 | lejano | Chile          | 8.5                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 20 nov 1960 | lejano | Perú           | 6.8                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 13 oct 1963 | lejano | I. Kuriles     | 8.1                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 13 oct 1963 | lejano | I. Kuriles     | 8.1                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 13 oct 1963 | lejano | I. Kuriles     | 8.1                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 13 oct 1963 | lejano | I. Kuriles     | 8.1                | B. California Sur     | La Paz                       |
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | Baja California       | Ensenada                     |
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | B. California Sur     | La Paz                       |
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | Sonora                | Guaymas                      |
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | Colima                | Manzanillo                   |
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | Guerrero              | Acapulco                     |

| Fecha       | Origen | Zona del Sismo | Magnitud del sismo | Entidad de afectación | Lugar registrado del Tsunami |
|-------------|--------|----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| 28 mar 1964 | lejano | Alaska         | 8.4                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 04 feb 1965 | lejano | I. Aleutianas  | 8.2                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 04 feb 1965 | lejano | I. Aleutianas  | 8.2                | Colima                | Manzanillo                   |
| 04 feb 1965 | lejano | I. Aleutianas  | 8.2                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 04 feb 1965 | lejano | I. Aleutianas  | 8.2                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 17 oct 1966 | lejano | Perú           | 7.5                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 16 may 1968 | lejano | Japón          | 8.0                | Baja California       | Ensenada                     |
| 16 may 1968 | lejano | Japón          | 8.0                | Sinaloa               | Mazatlán                     |
| 16 may 1968 | lejano | Japón          | 8.0                | Colima                | Manzanillo                   |
| 16 may 1968 | lejano | Japón          | 8.0                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | Baja California       | Ensenada                     |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | B. California Sur     | Cabo San Lucas               |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | B. California Sur     | Loreto                       |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | Colima                | Manzanillo                   |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | Jalisco               | P. Vallarta                  |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 29 nov 1975 | lejano | Hawai          | 7.2                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 14 ene 1976 | lejano | Kermadec       | 7.3                | B. California Sur     | Cabo San Lucas               |
| 14 ene 1976 | lejano | Kermadec       | 7.3                | Jalisco               | P. Vallarta                  |
| 14 ene 1976 | lejano | Kermadec       | 7.3                | Colima                | Manzanillo                   |
| 14 ene 1976 | lejano | Kermadec       | 7.3                | Guerrero              | Acapulco                     |
| 14 ene 1976 | lejano | Kermadec       | 7.3                | Oaxaca                | Salina Cruz                  |
| 12 dic 1979 | lejano | Colombia       | 7.9                | Guerrero              | Acapulco                     |

Fuente: Farreras Salvador F., Dominguez Mora Ramón, Gutiérrez M. Carlos A. (2005), "Tsunamis. Serie Fascículos.", 2a. Edición, CENAPRED, México, ISBN: 970-628-875-9

## 1.6 Zonas de riesgo

Los tsunamis de energía inicial extraordinaria pueden atravesar distancias enormes del Océano Pacífico hasta costas muy alejadas, como por ejemplo, los originados en Chile en mayo de 1960 y en Alaska en marzo de 1964, que arribaron a litorales de México y causaron daños menores. Toda la costa del Pacífico de México está expuesta al arribo de estos maremotos de origen lejano (riesgo menor).

Por ejemplo, los ocurridos en Noviembre de 1925, que afectó Zihuatanejo (Guerrero) con olas de 11 metros de altura; b) Junio de 1932; invadió Cuyutlán (Colima), con olas de 10 metros de altura, que causaron cuantiosos daños y pérdidas de vidas; c) Septiembre de 1985, Lázaro Cárdenas (Michoacán) e Ixtapa-Zihuatanejo (Guerrero), con olas de 3 metros de altura, y d) Octubre de 1995, en varias poblaciones costeras de Colima y Jalisco, con olas de hasta 5 metros de altura que causaron algunos daños de consideración y una víctima. 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).

Debido a que los tsunamis no suelen repetirse en un mismo lugar con tanta frecuencia como los huracanes u otros tipos de fenómenos naturales, las acciones de prevención suelen quedar en el olvido, pero debido a los sismos en el Océano Pacífico, particularmente en la Fosa Mesoamericana tarde o temprano arribarán tsunamis.

A pesar de no contar con un sistema desarrollado de alerta y detección temprana de los sismos y en particular de los sismos generadores de tsunamis, se puede disminuir y mitigar sus efectos mediante acciones preventivas, de autoprotección y prudencia.

### **1.6.1 Costa del pacífico**

La mayoría de los tsunamis, aproximadamente un 80%, se producen en el Océano Pacífico, en el Cinturón de Fuego, un área geológicamente activa donde los movimientos tectónicos hacen que los volcanes y terremotos sean habituales.

La longitud de las olas de los maremotos es mucho mayor que la profundidad de las aguas oceánicas por las que se desplazan. Esta propiedad denominada de onda superficial hace que, en primera aproximación, su velocidad de propagación dependa exclusivamente de la profundidad. Esto permite determinar la velocidad de propagación correspondiente a todos los puntos oceánicos de los que se tengan datos batimétricos (profundidad), y a su vez cuantificar el tiempo de desplazamiento del tsunami entre dos lugares (en particular el de origen y el de arribo a la costa), a lo largo de una trayectoria que una esos puntos. La más cercana a la realidad es el arco de círculo máximo común a ambos puntos.

Mediante la técnica anterior, un grupo de trabajo del Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico calculó los tiempos de propagación a través de este océano, para los originados en 24 lugares; elaboraron cartas de tiempo de propagación de tsunamis transpacíficos, para uso de ese sistema. Puesto que los tiempos de desplazamiento del origen al lugar de arribo y viceversa son los mismos, esta carta sirve también para predecir los tiempos de arribo a Acapulco de tsunamis provenientes de diversas regiones del Pacífico.

En las cartas se anotan los tiempos reales cronometrados de viaje desde su origen hasta su arribo a Acapulco de varios tsunamis transpacíficos ya ocurridos. Son muy similares a los indicados en la carta. Los tiempos de arribo a Ensenada, B.C., y a Salina Cruz, Oaxaca (lugares casi extremos en la costa del Pacífico de México) son de 2:30 a 4:30 horas antes o después del arribo a Acapulco, según el lugar de origen del maremoto. En un sistema de alerta, para

poder avisar a tiempo a la población de la llegada de un tsunami cuya generación ya se haya confirmado, estas cartas constituyen un recurso muy útil.

La forma de las áreas de ruptura de los sismos en fosas como la mesoamericana es aproximadamente elíptica elongada, lo que propicia que la mayor parte de la energía del tsunami se propague perpendicularmente a su eje longitudinal, es decir, hacia la costa cercana y hacia su opuesta en el otro extremo del Océano Pacífico, y la minoría se desplace paralelamente a ese eje, es decir, a lo largo del litoral. La evolución de todos los maremotos generados en la Fosa Mesoamericana frente a México se ajusta a este modelo. Frente a su origen, a lo largo de la línea de costa hacia el Norte y hacia el Sur desde el punto del litoral, las olas paulatinamente disminuyen su altura y sus efectos destructivos de los tsunamis lejanos, este fenómeno de direccionalidad permite también inferir que, para las costas de México, las zonas de ruptura sísmica frente a las Islas Filipinas, las Islas Solomón, Tonga y Samoa representan el mayor riesgo potencial de generación de tsunamis transpacíficos de efectos destructivos. Sin embargo, hasta ahora, estas zonas de ruptura no han mostrado ser muy activas en generación de sismos de gran magnitud propiciantes de maremotos.

El reciente tsunami local, acaecido el 9 de octubre de 1995, originado por un sismo de  $M_s = 7.6$  con epicentro 4 kilómetros al suroeste de Manzanillo, afectó la costa de Jalisco y Colima con olas de hasta 5.1 metros de altura, e inundó las localidades de Barra de Navidad y Boca de Iguanas, Jalisco. En La Manzanilla, Boca de Iguanas y Melaque, Jalisco, causó daños considerables, y un deceso. Nueve días después, un grupo internacional México-EUA efectuó una prospección del lugar, y recabó los datos aportados en la tabla 4.

Ninguno de los tsunamis de origen lejano registrados u observados, tanto recientes como de tiempos remotos, ha tenido más de 2.5 metros de altura máxima de olas en las costas de México. Esto sugiere que el riesgo implicado es menor.

Excepto el tsunami de octubre de 1995, que alcanzó alturas de olas de hasta 5.1 metros, los otros 11 locales más recientes (posteriores a 1950) tuvieron alturas menores a 3.0 metros. Esta información, de sólo un corto lapso de tiempo, puede conducir erróneamente a la conclusión de que los maremotos locales no constituyen amenaza importante. La información histórica de tsunamis locales observados visualmente en los últimos tres siglos, incluido el reciente de octubre de 1995, indica lo contrario.

Casi la mitad de los tsunamis de origen local anteriores a 1952 causaron destrucción considerable. El de noviembre de 1925, en Zihuatanejo, Guerrero, alcanzó alturas máximas

de ola de 11 metros; el de junio 22 de 1932, alcanzó 10 metros en Cuyutlán, Colima. Ambos causaron cuantiosos daños y pérdidas de vidas; de los ocurridos en México son los más destructivos que se conocen. Por lo tanto, para las costas del Pacífico de México, específicamente en los Estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, los tsunamis locales son un riesgo mayor.

**Figura 1.7**  
**Imagen de un Tsunami**



Fuente: Elaboración propia a partir de Ferreras Salvador F., Dominguez Mora Ramón, Gutiérrez M. Carlos A. (2005), "Tsunamis. Serie Fascículos.", 2a. Edición, CENAPRED, México, ISBN: 970-628-875-9

### **1.6.2 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad de una región depende de su situación geográfica y de la preparación que esta pueda tener ante la presencia de estos, ya sea de forma preventiva, modelos de pronóstico la infraestructura para afrontarlos ya que a su arribo, los daños materiales pueden ser:

- 1) *Primarios*: causados directamente por la acción estática del agua (inundación, presión, flotación) en las estructuras, o por su acción dinámica (corrientes, fuerzas de arrastre), y rompimiento de las olas o rebasado de sus aguas en muelles y rompeolas.
- 2) *Secundarios*: ocasionados por:
  - a. Impacto de objetos flotantes o arrastrados por las aguas (embarcaciones, vehículos, etc.) en estructuras fijas.

- b. Incendios o explosiones, inducidos por el impacto de tales objetos flotantes en tanques de almacenamiento de combustible.
- c. Líneas eléctricas caídas.
- d. Derrumbe de edificaciones, por escurrimiento del material térreo de soporte de sus cimientos.
- e. Contaminación por líquidos y/o gases tóxicos, al romperse los recipientes o envases.

También tienen impacto social, pues producen:

- a. Decesos y heridos.
- b. Destrucción de construcciones.
- c. Daños en vías de comunicación, hospitales y escuelas.
- d. Interrupción de servicios públicos (electricidad, telefonía, etc.) y en las actividades cotidianas de la población.
- e. Pérdida de viviendas, desplazamiento y reubicación de asentamientos humanos.

El tsunami más destructivo del que se tiene conocimiento histórico, fue el originado por un sismo de magnitud 9.0 frente a las costas de Indonesia el 26 de diciembre de 2004. El tsunami se propagó inicialmente en el Océano Índico causando 300,000 víctimas y daños materiales por más de 6,000 millones de dólares en Indonesia, Sri Lanka, India, Tailandia hasta la costa africana de Somalia. Posteriormente se propagó a los Océanos Atlántico y Pacífico, constituyendo el primer tsunami de carácter global conocido.

En México se detectó su arribo con alturas máximas de ola de 80 centímetros en Manzanillo, y 20 centímetros en Cabo San Lucas y Ensenada. Muchas víctimas se habrían evitado si hubiese estado en operación un sistema de alerta temprana de tsunamis en el Océano Índico, y si la población hubiera contado con educación e información sobre el fenómeno.

Para disminuir la pérdida de vidas, daños materiales, interrupción de servicios, e impacto socioeconómico que puedan provocar futuros tsunamis es necesario, antes de su posible ocurrencia, evaluar el riesgo y la vulnerabilidad de las comunidades costeras susceptibles a su ataque, e implementar restricciones y regulaciones sobre el uso del suelo en sus planes de desarrollo urbano. Lo anterior debe estar acompañado del establecimiento y operación de sistemas de alerta locales, nacionales, o regionales, y su conexión al Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico; y de la elaboración y aplicación de planes de contingencia (evacuación, refugios, etc.) por parte de las autoridades de protección civil, al ocurrir un

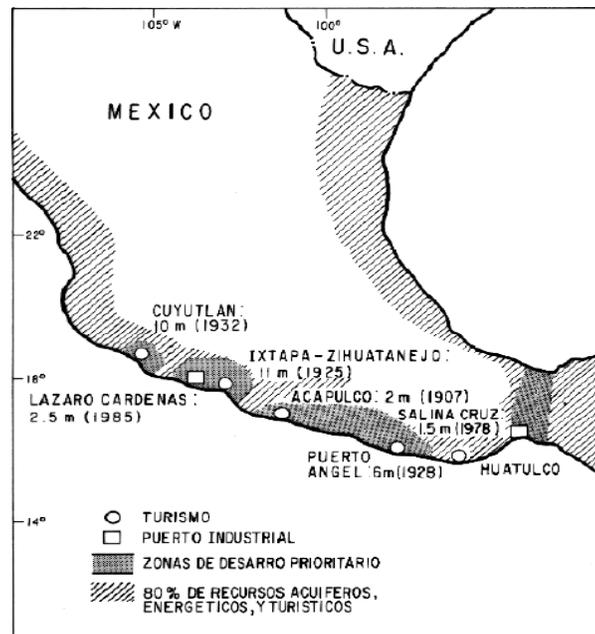
evento. La implantación de programas de educación pública sobre la naturaleza y ocurrencia de los tsunamis, es fundamental en la efectividad de estas estrategias.

La metodología para la evaluación del riesgo y de la vulnerabilidad consta de las siguientes etapas de trabajo (Farreras -Sánchez, 1991):

- i. Identificación de las áreas expuestas a riesgo, y el carácter y magnitud de éste, según antecedentes históricos y sismo-tectónicos,
- ii. Identificación en esas áreas de la existencia de zonas con infraestructura vulnerable, de acuerdo a su desarrollo socio-económico presente y futuro.
- iii. Determinación de las extensiones horizontales máximas de inundación y de las alturas máximas de ola esperables en esas áreas.

Con la información así obtenida se confeccionan mapas y elaboran recomendaciones sobre patrones de usos del suelo, redistribución de población, estructuras y servicios, y planes de contingencia para prevenir y reducir el impacto de futuros tsunamis.

**Figura 1.8**  
**Puertos industriales y recursos turísticos en la zona costera**

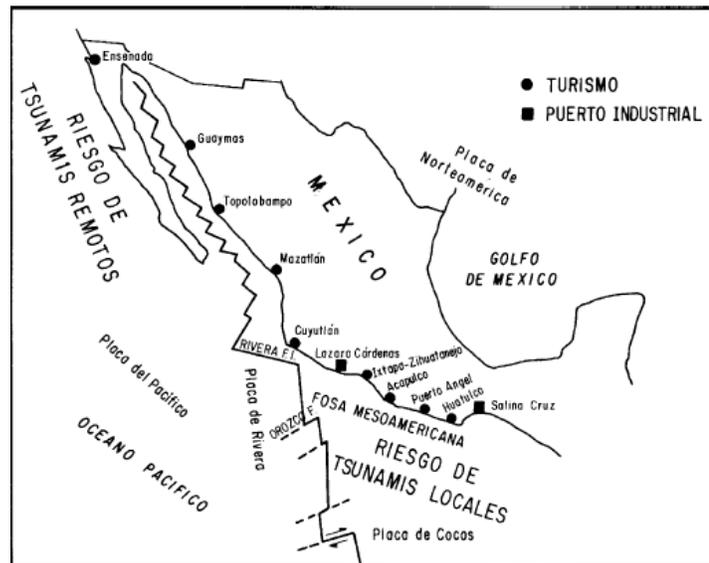


Fuente: Puertos industriales y recursos turísticos en la zona costera de desarrollo prioritario según el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, con máximas alturas de ola y fechas de ocurrencia de tsunamis locales en el pasado (de: Farreras and Sánchez, 1991)

Como se explicó anteriormente, para que un sismo genere un tsunami es necesario que ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas, es decir, que la falla tenga movimiento vertical y no sea solamente de desgarre, con movimiento lateral. En la costa del Pacífico de México esta condición permite diferenciar dos zonas de riesgo:

- i) Al Norte de la fractura de Rivera, en que la Placa del Pacífico se desliza hacia el Norte con respecto a la Placa de Norteamérica, a lo largo de la falla de desgarre del Golfo de California, determinando que las costas de Baja California, Sonora y Sinaloa no sean fuentes de origen de tsunamis locales (aunque si posibles receptoras de aquellos de origen lejano).
- ii) Al Sur de dicha fractura, en que la Placa de Cocos se hunde bajo la Placa de Norteamérica a lo largo de la Fosa Mesoamericana constituyendo una frontera de colisión con subsidencia, generadora de tsunamis, algunos de los cuales han demostrado históricamente tener efectos locales destructivos.

**Figura 1.9**  
Escenario sismo-tectónico de la costa del Pacífico de México



Fuente: Ferreras Sánchez 1991

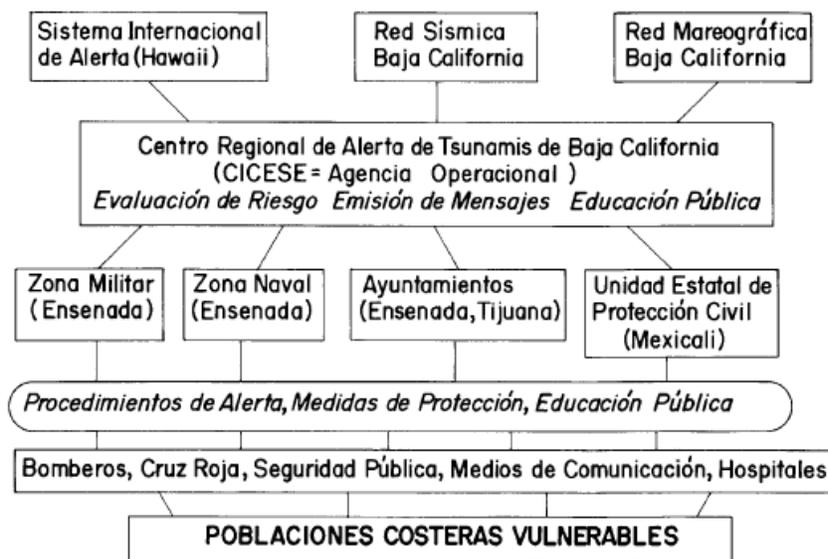
Es la expuesta a mayor riesgo de tsunamis destructivos en México, y también la más vulnerable por ser asiento de comunidades costeras densamente pobladas, importantes instalaciones portuarias, industriales y de almacenamiento de combustibles en los puertos de Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Salina Cruz, y de un corredor turístico de aproximadamente 1000 km de largo, incluyendo Puerto Vallarta, Cuyutlán, Ixtapa-Zihuatanejo, Acapulco, Puerto Escondido, Puerto Ángel, y Huatulco

Para la zona Norte, los registros existentes del arribo de tsunamis son representativos del único tipo que presenta riesgo allí (de origen remoto), pudiendo efectuarse una estadística confiable y válida para proyecciones a futuro.

En la zona Sur, los tsunamis de origen local son los que presentan el mayor riesgo. Los más destructivos son escasos (2 o 3 con alturas del orden de 10 metros en cada siglo), no habiendo suficientes observados ni registrados por instrumentos, como para efectuar estadísticas válidas con proyección a futuro. Sin embargo, se puede delimitar, a grosso modo, la franja costera entre el contorno de 10 metros sobre nivel medio de mar y el océano, como la extensión del peor escenario de desastre por tsunami esperable. La simulación en computadora, mediante la solución numérica de las ecuaciones de movimiento, para la generación, propagación, y arribo a la costa, es la alternativa actualmente más rigurosa y confiable para efectuar estas determinaciones.

El Centro Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada ,CICESE, efectúa actualmente una simulación aún más rigurosa de la inundación por tsunamis a puertos mexicanos mediante aplicación, en supercomputadora, de un modelo no-lineal considerado como uno de los más avanzados en el mundo al respecto, a través del programa de transferencia tecnológica TIME (*Tsunami Inundation Modeling Exchange*), una iniciativa patrocinada por la Comisión de Tsunamis de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) y el Grupo Coordinador Internacioanal del Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (ICG/ITSU), y con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

**Figura 1.10**  
**Sistema de vigilancia científica del CICESE.**



Los mapas de inundación de las comunidades costeras, puertos industriales, y zonas turísticas, así obtenidos se entregan a la Dirección General de Protección Civil (Secretaría de Gobernación) para la elaboración de sus planes de contingencia que permitan reducir pérdidas de vidas, daños materiales e interrupción de servicios públicos por futuros tsunamis.

El CICESE comienza a partir de 1965 a actuar como Agencia Diseminadora de este Sistema, limitando su responsabilidad y operación actual (por su ubicación geográfica, y sus recursos humanos y materiales), al Estado de Baja California. En CICESE se evalúan, reciben, y envían mensajes e información desde y hacia el Centro Internacional y a las autoridades de Protección Civil Local y Estatal, y Nacional si es necesario.

## Capítulo 2.

# Sistema Nacional de Protección Civil y Red Regional de Observatorios de tsunamis

---

### 2.1 Introducción

La Ley General de Protección Civil publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo del año 2000, define a la Protección Civil como: “Conjunto de disposiciones, medidas y acciones destinadas a la prevención, auxilio y recuperación de la población ante la eventualidad de un desastre”.

Debido a los daños causados por el sismo del 19 de septiembre de 1985, surgieron en México diversas iniciativas para crear un organismo especializado que estudiara los aspectos técnicos de la prevención de desastres. El gobierno federal decidió establecer en México el Sistema Nacional de Protección Civil, (SINAPROC) dotándolo de una institución que proporcionara el apoyo técnico a las diferentes estructuras operativas que lo integran.

Para su creación se contó con el apoyo económico y técnico del Gobierno de Japón, quien contribuyó en la construcción y el equipamiento de las instalaciones. De igual forma proporcionó capacitación a los especialistas nacionales, a fin de mejorar los conocimientos y la organización en lo relativo a los desastres sísmicos.

Simultáneamente, la Universidad Nacional Autónoma de México aportó el terreno en que se construiría dicha institución, proporcionó al personal académico y técnico especializado, e impulsó decididamente los estudios relacionados con la reducción de desastres en el país.

Como resultado de estas tres importantes iniciativas, el 19 de septiembre de 1988 se determina la creación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), teniendo el carácter de un organismo administrativo desconcentrado y jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación, quien aporta la estructura organizacional y provee los recursos para su operación. El CENAPRED fue inaugurado el 11 de mayo de 1990.

Desde antes del denominado Tsunami de Asia, en septiembre de 2004 el CIESE, mediante sus científicos, se dio a la tarea de instalar equipos para medir el nivel del mar en la estación que opera desde entonces en el puerto de El Sauzal (Baja California).

A la fecha es una realidad la Red Regional de Observatorios de Tsunamis en México (opera vía internet en tiempo real). Cuenta con seis observatorios en el Pacífico Mexicano, aunque el proyecto contempla que sean un total de 15.

A mediados de 2007 tenían planeado concluir la instalación de equipos en Mazatlán, Puerto Vallarta, Acapulco, Salina Cruz, Puerto Chiapas y Manzanillo. Y en 2008 los de San Felipe, Guaymas, Topolobampo, Lázaro Cárdenas, Altamira, Coatzacoalcos, Dos Bocas y Seyba Playa. Dichos observatorios se instalaron gracias a la iniciativa particular del Instituto Mexicano del Transporte, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Subcoordinación de Hidráulica Ambiental del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el Departamento de Sismología y el Servicio Mareográfico Nacional, ambos del Instituto de Geofísica de la UNAM, la Secretaría de Marina y la empresa Servicios Portuarios, SA de CV.

Asimismo, la investigación para el diseño del sistema de observación de tsunamis en tiempo real se efectuó en el marco del proyecto "Respuesta de la costa del Pacífico oriental al impacto de tsunamis", que tuvo presupuesto interno del CICESE y del Instituto Nacional de Investigación en Ciencias de la Tierra y Prevención de Desastres del Gobierno de Japón.

## **2.2 Sistema Nacional de Protección Civil**

El Sistema Nacional de Protección Civil es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con las autoridades de los estados, el Distrito Federal y los municipios, a fin de efectuar acciones coordinadas, destinadas a la protección contra los peligros que se presenten y a la recuperación de la población, en la eventualidad de un desastre.

*Misión:* Integrar, coordinar y supervisar el Sistema Nacional de Protección Civil para ofrecer prevención, auxilio y recuperación ante los desastres a toda la población, sus bienes y el entorno, a través de programas y acciones.

*Visión:* Ser una instancia de excelencia que privilegie la participación activa, coordinada, corresponsable y solidaria de sociedad y gobierno, mediante el establecimiento de una nueva relación entre los individuos, las organizaciones, los sectores y entre los municipios, los estados y la federación, con el objetivo común de preservar a la persona y a la sociedad,

ante los riesgos de los fenómenos perturbadores antropogénicos o de origen natural, coadyuvando al logro del desarrollo sustentable de nuestro país, propiciando la forma de vida justa, digna y equitativa a que aspiramos los mexicanos, y una adecuada interacción con la comunidad internacional.

### Metodología de la Operación en una Emergencia

En una situación de emergencia, el auxilio a la población debe constituirse en una función prioritaria de la protección civil, por lo que las instancias de coordinación deberán actuar en forma conjunta y ordenada.

Con la finalidad de iniciar las actividades de auxilio en caso de emergencia, la primera autoridad que tome conocimiento de ésta, deberá proceder a la inmediata prestación de ayuda e informar tan pronto como sea posible a las instancias especializadas de protección civil.

La primera instancia de actuación especializada, corresponde a la autoridad municipal o delegacional que conozca de la situación de emergencia. En caso de que ésta supere su capacidad de respuesta, acudirá a la instancia estatal correspondiente.

Si ésta resulta insuficiente, se procederá a informar a las instancias federales correspondientes, quienes actuarán de acuerdo con los programas establecidos al efecto.

Una manera más de contribuir en la prevención es a través de una capacitación que permita realizar un efecto multiplicador en el compromiso de la protección civil, cumpliendo así con el objetivo general del Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012, aportando al desarrollo humano sustentable y contribuyendo al aumento perdurable de la seguridad de la sociedad, bajo una perspectiva de equidad y respeto pleno a los derechos humanos, mediante acciones y políticas de protección civil que fomentan la cultura de la autoprotección como una forma de vida, potenciando las capacidades de los individuos y sus comunidades para disminuir los riesgos y resistir el impacto de los desastres a través de la comprensión de los fenómenos naturales y antropogénicos y la reducción de la vulnerabilidad, de tal forma que cada acción representa un cambio sustantivo en la previsión, prevención, atención y reconstrucción.

### **2.2.1 Centro Nacional para la Prevención de Desastres**

Ningún programa de desarrollo sustentable puede realizarse sin tomar en cuenta los riesgos asociados a diversos fenómenos naturales y derivados de la actividad humana. La naturaleza de esos fenómenos y la manera de evitar que deriven en catástrofes son los objetivos centrales de los programas de investigación que se realizan en esta Dirección. Esa es la idea central de la prevención de desastres.

Su función es informar a los residentes de desastres posibles, tales como erupción volcánica, huracanes, etc. En el marco del SINAPROC, su principal objetivo es: "Promover la aplicación de las tecnologías para la prevención y mitigación de desastres; impartir capacitación profesional y técnica sobre la materia, y difundir medidas de preparación y autoprotección entre la sociedad mexicana expuesta a la contingencia de un desastre".

La responsabilidad principal del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) consiste en apoyar al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) en los requerimientos técnicos que su operación demanda.

Realiza actividades de investigación, capacitación, instrumentación y difusión acerca de fenómenos naturales y antropogénicos que pueden originar situaciones de desastre, así como acciones para reducir y mitigar los efectos negativos de tales fenómenos, para coadyuvar a una mejor preparación de la población para enfrentarlos.

Fue creado en 2003, como parte de las medidas tomadas para mejorar la prevención y gerencia de desastre en las consecuencias del terremoto 1985.

*Misión:* Realizar y coordinar investigaciones sobre el origen, comportamiento y consecuencias de los fenómenos naturales y antropogénicos causantes de desastres, cuyos resultados y desarrollos tecnológicos incidan en la identificación de peligros, disminución del riesgo de desastres, prevención, alertamiento y fortalecimiento de la cultura de protección civil.

*Visión:* México será un país en el que se hayan reducido, al mínimo posible las pérdidas en vidas, bienes materiales y del entorno, producidas por los desastres, a través de la implantación de medidas preventivas, apoyadas en investigaciones y desarrollos tecnológicos, así como en la corresponsabilidad entre gobiernos, sectores y población.

Entre las principales actividades que realiza encontramos la mejor comprensión de manifestaciones tales como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, que pueden afectar a grandes sectores de la sociedad, permite diseñar mecanismos y metodologías para minimizar su impacto.

Estos mecanismos y metodologías pueden condensarse en dos grandes categorías: la previsión del fenómeno y la reducción de sus efectos.

En los programas de investigación de la Dirección se analizan los principales factores del riesgo: la amenaza que representa cada fenómeno, la probabilidad de su ocurrencia, la vulnerabilidad de la sociedad ante aquél y el grado de exposición ante los fenómenos. Muchos de estos programas de investigación han rendido frutos que se traducen en una efectiva reducción de la vulnerabilidad de distintos sectores de la población mexicana ante las manifestaciones que con más frecuencia la acosan, a través de la concepción de diversos dispositivos de preparación.

Durante el año 2002 se iniciaron algunos proyectos y procesos de investigación y desarrollo tecnológico incluidos en el Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres en México 2001-2006 (PEPyM). En este año, la participación de la Dirección de Investigación fue como ejecutor de proyectos. En la medida en que los recursos fiscales para la prevención sean mayores, se podrán iniciar aquellos proyectos en los cuales el CENAPRED funge como asesor o coordinador.

La Dirección de Investigación actúa también como una interfaz entre los sistemas de protección civil en los tres niveles de gobierno, las universidades y los organismos de investigación más reconocidos de México y el extranjero. Esta función permite a las autoridades responsables de salvaguardar a la población, tener acceso a la información y a las metodologías de frontera en diversos aspectos de los riesgos y su reducción.

### **2.2.2 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) fue creada por iniciativa del Presidente de la República, Doctor Ernesto Zedillo Ponce de León, el 30 de noviembre del año 2000. Con la aprobación del Congreso de la Unión, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, de la Ley Federal de Radio y

Televisión, de la Ley General que establece las Bases de Coordinación del Sistema Nacional de Seguridad Pública, de la Ley de la Policía Federal Preventiva y de la Ley de Pesca. En particular, el Artículo 32 Bis, establece las atribuciones de esta dependencia, a quien corresponde el despacho de los siguientes asuntos:

- Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas, recursos naturales, bienes, servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.
- Formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, siempre que no estén áreas cuando su administración recaiga en gobiernos estatales y municipales o en personas físicas o morales.
- Conducir las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono.
- Dirigir los estudios, trabajos y servicios meteorológicos, climatológicos, hidrológicos y geohidrológicos, así como el sistema meteorológico nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
- Regular y vigilar la conservación de las corrientes, lagos y lagunas de jurisdicción federal, en la protección de cuencas y proteger el medio ambiente.

Para llevar a cabo dichas funciones, la Secretaría cuenta con las siguientes unidades:

- Comisión Nacional del Agua
- Instituto Nacional de Ecología
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- Comisión Nacional Forestal
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

*Misión:* Incorporar en los diferentes ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren la óptima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país, conformando así una política ambiental integral e incluyente que permita alcanzar el desarrollo sustentable.

*Visión:* Un país en el que la ciudadanía abrigue una auténtica preocupación por proteger y conservar el medio ambiente y utilizar sustentablemente los recursos naturales conciliando el desarrollo económico, la convivencia armónica con la naturaleza y la diversidad cultural.

Los primeros antecedentes de la política ambiental en México fueron en los años cuarenta, con la promulgación de la Ley de Conservación de Suelo y Agua. Tres décadas más tarde, al inicio de los años setenta, se promulgó la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

En 1972, se dio la primera respuesta directa de organización administrativa del gobierno federal para enfrentar los problemas ambientales del desarrollo desde un enfoque eminentemente sanitario, al instituirse la Subsecretaría para el mejoramiento del ambiente en la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Los primeros antecedentes de la política ambiental en México fueron en los años cuarenta, con la promulgación de la Ley de Conservación de Suelo y Agua. Tres décadas más tarde, al inicio de los años setenta, se promulgó la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

En 1972, se dio la primera respuesta directa de organización administrativa del gobierno federal para enfrentar los problemas ambientales del desarrollo desde un enfoque eminentemente sanitario, al instituirse la Subsecretaría para el mejoramiento del ambiente en la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

En 1987, se facultó al Congreso de la Unión para legislar en términos de la concurrencia a los tres órdenes de gobierno, en materia de protección al ambiente. Con base en esa reforma y con base en las leyes anteriores, en 1988 fue publicada la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPEA), misma que hasta la fecha, ha sido la base de la política ambiental del país.

En 1989, se creó la Comisión Nacional del Agua (CNA) como autoridad federal en materia de administración del agua, protección de cuencas hidrológicas y vigilancia en el cumplimiento de las normas sobre descargas y tratamientos del agua.

En 1992, se transformó la SEDUE en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y se crearon el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

En diciembre de 1994, se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), dicha institución nace de la necesidad de planear el manejo de recursos naturales y políticas ambientales en nuestro país desde un punto de vista integral, articulando los objetivos económicos, sociales y ambientales. Esta idea nace y crece desde

1992, con el concepto de "Desarrollo sustentable". Con este cambio, desaparece la Secretaría de Pesca (SEPESCA) y la SEMARNAP se integra de la siguiente forma:

- Subsecretaría de Recursos Naturales.- Sus funciones anteriormente estaban en la SARH, SEDESOL.
- Subsecretaría de Pesca.- Sus funciones anteriormente estaban en la DEPESCA.
- Instituto Nacional de Ecología, el cual dependía de la SEDESOL.
- Instituto Nacional de la Pesca, el cual dependía de la SEPESCA.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el cual dependía de CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).
- Comisión para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO).

El 30 de noviembre del año 2000, se cambió la Ley de la Administración Pública Federal dando origen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El cambio de nombre, va más allá de pasar el subsector pesca a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) pues, de lo que se trata, es de hacer una gestión funcional que permita impulsar una política nacional de protección ambiental que dé respuesta a la creciente expectativa nacional para proteger los recursos naturales y que logre incidir en las causas de la contaminación y de la pérdida de ecosistemas y de biodiversidad, la SEMARNAT ha adoptado un nuevo diseño institucional y una nueva estructura ya que actualmente la política ambiental es una política de estado, por lo que el medio ambiente adquiere gran importancia al establecerse como un tema transversal inserto en las agendas de trabajo de las tres comisiones de gobierno: Desarrollo Social y Humano, Orden y Respeto y Crecimiento con calidad.

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PSMARN) 2007 – 2012 establece el conjunto de objetivos sectoriales, estratégicos y metas mediante los cuales el sector atenderá los objetivos y estrategias que define el Plan Nacional de Desarrollo en materia de Sustentabilidad ambiental.

Los objetivos sectoriales del PSMARN 2007 -2012 son:

1. Conservar y aprovechar sustentablemente los ecosistemas, para frenar la erosión del capital natural, conservar el patrimonio nacional y generar ingresos y empleos en las zonas rurales en especial, y contribuir a la sustentabilidad ambiental del desarrollo nacional.

2. Lograr un adecuado manejo y preservación del agua en cuencas y acuíferos para impulsar el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente.
3. Consolidar el marco regulatorio y aplicar políticas para prevenir, reducir y controlar la contaminación, hacer una gestión integral de los residuos y remediar sitios contaminados para garantizar una adecuada calidad del aire, agua y suelo.
4. Coordinar la instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático para avanzar en las medidas de adaptación y de mitigación de emisiones.
5. Impulsar la acción territorial integral incluyendo la formulación y expedición del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio y de los mares y costas, así como la atención a regiones prioritarias.
6. Asegurar la coordinación y simplificación de trámites, así como el cumplimiento de la regulación ambiental, a través del desarrollo de un Sistema Nacional de Gestión Ambiental integral, transversal y transparente y mejorar el desempeño organizacional de la SEMARNAT.
7. Promover el cumplimiento eficiente y expedito de la legislación y normatividad ambiental.
8. Generar la información científico-técnica que permita el avance del conocimiento sobre los aspectos ambientales prioritarios para apoyar la toma de decisiones del Estado mexicano, y consolidar políticas públicas en materia de educación ambiental para la sustentabilidad, tanto en el plano nacional como local, para facilitar una participación pública responsable y enterada.
9. En un marco de respeto a los derechos humanos, establecer una participación incluyente, equitativa, diferenciada, corresponsable y efectiva de todos los sectores de la sociedad, y en todos los órdenes de gobierno, en la formulación de políticas y la adopción de compromisos conjuntos que contribuyan al desarrollo sustentable de nuestro país.
10. Contribuir a la formulación de políticas internacionales de medio ambiente y desarrollo sustentable integrales, eficaces, equitativas, consistentes y oportunas y aprovechar nuestras ventajas comparativas en términos geopolíticos y de desarrollo para promover posiciones comunes sobre asuntos de interés nacional en el ámbito internacional.

### **2.3 Red Regional de Observatorios**

A pesar de que México es vulnerable a la ocurrencia de tsunamis o maremotos, pues tiene alta actividad sísmica provocada por el choque de las placas tectónicas en donde se asienta y

por el hecho de estar rodeado de mar en ambos lados de su territorio, no cuenta oficialmente con un sistema de alerta que se responsabilice tanto de la operación y mantenimiento de los observatorios de tsunamis, como de la coordinación de los planes de contingencia en caso de ocurrir un tsunami potencialmente destructivo.

Por ello, en 2004 el CICESE inició la instalación de equipos de alta frecuencia para medir el nivel del mar con una estación que opera desde entonces en el puerto de El Sauzal, en Baja California, integrando así el primer eslabón de lo que hoy puede reconocerse como la “Red Regional de Observatorios de Tsunamis en México”, que opera en tiempo real vía Internet, según informó el Dr. Modesto Ortiz Figueroa, investigador del Departamento de Oceanografía Física del CICESE y miembro de la Comisión Internacional de Tsunamis de la Unión Internacional de Geofísica y Geodesia (IUGG).

Para 2007, el proyecto sumaba ya 6 observatorios de detección de tsunamis en costas del Pacífico mexicano, gracias a la iniciativa particular de algunas instituciones, entre ellas el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Subcoordinación de Hidráulica Ambiental del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Departamento de Sismología y el Servicio Mareográfico Nacional, ambos del Instituto de Geofísica de la UNAM, la Secretaría de Marina - Armada de México y la empresa Servicios Portuarios, SA de CV.

El IMT ha incorporado esta tecnología en su proyecto Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorologías, concebido para seguridad portuaria, y lograr conjuntamente la instalación de estos equipos en Mazatlán, Puerto Vallarta, Acapulco, Salina Cruz, Puerto Chiapas y Manzanillo.

Para 2008, se continuó con la instalación de siete observatorios más localizados en San Felipe, Guaymas, Topolobampo, Lázaro Cárdenas, Altamira, Coatzacoalcos, Dos Bocas y Seyba Playa, para completar así 15 observatorios en total.

Cada observatorio se considera de cortesía para la región, es decir, un observatorio no impide que un tsunami que ha sido generado localmente por un sismo frente a la costa, afecte a la localidad más cercana al observatorio. Sin embargo, se espera que los vecinos distantes o los países vecinos puedan observar inmediatamente, en Internet, si se presentan anomalías en el nivel del mar después del sismo y así tomar las debidas precauciones. En la mayoría de los casos los observatorios servirán para evitar falsas alarmas que generalmente cobran víctimas y que además son muy costosas debido al innecesario cese de actividades.

### **2.3.1 Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (de la UNESCO)**

El Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (en inglés Pacific Tsunami Warning Center, PTWC), operado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) en Ewa Beach (Hawái), es uno de los dos centros de alerta de tsunamis de Estados Unidos. Forma parte de un sistema de alerta de tsunamis internacional (TWS, del inglés tsunami warning system) y sirve como centro de operaciones del sistema de alerta de tsunamis del Pacífico, para la supervisión y predicción de tsunamis y la emisión de advertencias a los países de la zona del océano Pacífico, incluyendo el estado de Hawái.

El otro centro de alerta de tsunamis es el 'Centro de alerta de Tsunamis de la Costa Oeste/Alaska' (West Coast/Alaska Tsunami Warning Center, WC/ATWC), ubicado en Palmer (Alaska), sirviendo a todas las regiones costeras de Canadá y los Estados Unidos, salvo Hawái.

El PTWC se inauguró en 1949, tras el terremoto de las islas Aleutianas de 1946 y un tsunami que causó 165 víctimas mortales en Hawái y Alaska. Después del terremoto del océano Índico de 2004, el PTWC ha ampliado su orientación de alerta a fin de incluir el océano Índico, el Caribe y regiones adyacentes, hasta la capacidad de elaborar alertas regionales para estas áreas.

Dependiendo de los datos sísmicos, el PTWC emitirá los siguientes tipos de boletines:

- Boletín de información de tsunami: en este boletín, aunque se atisba una amenaza, no hay evidencias de que un tsunami se esté abriendo camino a través del Pacífico.
- Observación de tsunami-PTWC: este boletín informa que un terremoto, probablemente, pudo haber creado un tsunami y el PTWC está averiguando si en las partes costeras del Pacífico más cercanas al epicentro se detecta anomalías en el mar, ya que PTWC espera obtener datos de marea para afirmar la generación de un tsunami.
- Advertencia de tsunami-PTWC : este boletín encuentra condiciones lo suficientemente graves como para emitir la preocupación inmediata a diversas partes costeras del Pacífico. El mensaje incluirá tiempo aproximado de llegada.

En 1995, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) comenzó a desarrollar el sistema Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART). En 2001, se había desplegado una serie de seis estaciones en el océano Pacífico.

A partir de 2005, como consecuencia del tsunami causado por el terremoto del océano Índico de 2004, se anunciaron planes para agregar más boyas más DART para estar operativas a mediados de 2007.

Estas estaciones ofrecen información detallada sobre los tsunamis, mientras que aún están lejos de la costa. Cada estación se compone de una grabadora de presión en el fondo del mar (a una profundidad de unos 6000 m), que detecta el paso de un tsunami y transmite los datos a la boya de superficie mediante un módem acústico. La boya de superficie emite la información al PTWC a través del sistema satelital Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES). La grabadora de presión del fondo tiene una duración de dos años mientras que la boya de superficie se sustituye cada año. El sistema ha mejorado considerablemente el pronóstico y alerta de tsunamis en el Pacífico.

### **2.3.2 Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos de América (NOAA)**

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en las condiciones de los océanos y la atmósfera. NOAA avisa del tiempo meteorológico, prepara cartas de mares y de cielos, guía sobre el uso y la protección de los recursos oceánicos y costeros, y conduce estudios para mejorar el entendimiento y la administración del ambiente. Además de su personal civil, NOAA investiga y opera con 300 servidores uniformado del Cuerpo NOAA. El Subsecretario de Comercio para los Océanos y la Atmósfera, en el Departamento de Comercio de EE.UU., vicealmirante retirado Conrad C. Lautenbacher, es el administrador de NOAA.

NOAA está celebrando su 2º centenario de ciencia, servicio, y administración.

*Misión:* Entender y predecir los cambios en el ambiente de la Tierra, conservar y manejar los recursos costeros y marinos para completar las necesidades de la nación en lo económico, social y ambiental.

*Visión:* una sociedad informada que aprovecha un entendimiento cabal del rol de los océanos, las costas y la atmósfera en el ecosistema mundial para tomar las mejores decisiones sociales y económicas.

Además de su visión y misión, la NOAA tiene cuatro metas que guían su suite de operaciones. Cada meta corresponde a las actividades enfocadas en ecosistemas, clima, tiempo, agua, comercio y transporte. Específicamente, la NOAA opera para:

- Asegurar el uso sustentable de los recursos y el equilibrio en el uso competitivo de los ecosistemas costeros y marinos, reconociendo tanto sus componentes naturales como humanos.
- Entender los cambios climáticos, incluyendo el cambio climático y el fenómeno oscilatorio de El Niño, para asegurar que se pueda planear y responder apropiadamente.
- Proveer datos y pronósticos del tiempo y los eventos cíclicos del agua, incluyendo tormentas, sequías e inundaciones.
- Proveer información sobre el tiempo, el clima y los ecosistemas para asegurar que el transporte individual y comercial sea seguro y eficiente, sin dañar el medio ambiente.

La NOAA desempeña varios roles específicos en la sociedad, cuyos beneficios se extienden a la economía estadounidense y dentro de la comunidad global más amplia:

- Suministrar productos de información ambiental: NOAA suministra a sus clientes y socios información relativa al estado de los océanos y la atmósfera. Esto se manifiesta claramente en la producción de alertas y "pronósticos" a través del Servicio Meteorológico Nacional (NWS), pero la información de NOAA abarca el clima, los ecosistemas y el comercio.
- Proveer servicios de administración ambiental: NOAA es también el administrador de los servicios ambientales costeros y marinos de EE. UU.. En coordinación con las autoridades federales, estatales, locales, tribales e internacionales, NOAA maneja el uso de esos ambientes, regulando la pesca y los santuarios marinos, así como protegiendo especies marinas amenazadas y en riesgo de extinción.
- Líder en investigaciones científicas aplicadas: NOAA es fuente de información científica exacta y objetiva, en los cuatro campos particulares de importancia nacional y global antes identificados: ecosistemas, clima, meteorología e hidrología, comercio y transporte.

NOAA reconoce la importancia de entender los desafíos a los que nos enfrentamos por ser parte del sistema terrestre para poder llegar soluciones adecuadas. La NOAA conduce una serie de actividades completas que comienzan con descubrimientos científicos y redundan en varios servicios y productos ambientales esenciales. Las cinco "actividades fundamentales" son:

- Monitorear y observar los sistemas terrestres con instrumentos y formar redes de adquisición de datos
- Entender y describir esos sistemas con investigación y análisis de los datos
- Valorar y predecir los cambios que se producen en esos sistemas con el tiempo
- Involucrar, avisar e informar al público y a las organizaciones asociadas con información importante
- Manejar los recursos para mejorar la sociedad, la economía y el medio ambiente.

El Servicio Nacional Oceánico (NOS) se formó del viejo Servicio Costero y Geodésico, creándose una nueva división llamada "Servicio Nacional Geodésico (NGS). El NOS protege 12 Santuarios Nacionales Marinos, y se avoca a la administración costera y oceánica. También produce cartas náuticas electrónicas que combinan con GPS para mejorar la seguridad y eficiencia de la navegación de las vías navegables de EE.UU. El NGS especifica latitud, longitud, altura, escala, gravedad, y orientación a través de EE.UU. La seguridad de la aviación, en particular la orientación de las rutas aéreas, depende de este sistema. Un ejemplo del trabajo de la NGS fue la toma de mediciones del Monumento a Washington. Cuando fue cubierto con andamiaje para renovaciones en 1999, la NGS supervisó y confirmó el peso y estabilidad de la estructura.

El Servicio Nacional Oceánico se compone de ocho oficinas de programa y dos oficinas de staff:

- Oficinas de Programa
  - Oficina de Inspección de Costas (OCS)
  - Oficina de la Inspección Nacional Geodésica (NGS)
  - Centro de Servicios y Productos Operacionales Oceanográficos (CO-OPS)
  - Programa Nacional Marino de Santuarios (NMSP)
  - Oficina de Respuesta y Restauración (OR&R) OR & R
  - NOAA Centro de Servicios Costeros (CSC)
  - Oficina de Manejo de recursos Oceánicos y Costeros (OCRM)
  - Centros Nacionales de Ciencias Costeras y Oceánicas (NCCOS)

- Oficinas del Staff
  - Oficinas del staff para Programas Internacionales (IPO)
  - Oficina de Manejo y Presupuesto (M&B)

### **2.3.3 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE**

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, fue creado en 1973 por el gobierno federal como parte de la iniciativa para descentralizar las actividades científicas y modernizar el país. El CICESE pertenece al sistema de centros públicos de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y a lo largo de más de tres décadas, ha evolucionado hasta convertirse en uno de los principales centros científicos de México.

El CICESE es una institución de referencia en el contexto científico nacional e internacional, su excelencia académica apoya el desarrollo nacional, la formación de recursos humanos y contribuye a generar el conocimiento que puede coadyuvar en la solución de problemas que afectan el entorno social y económico de México.

*Misión:* Generar conocimiento y tecnología que contribuya a la solución de problemas universales, nacionales y regionales, realizando investigación básica y aplicada y formando recursos humanos a nivel de posgrado en ciencias biológicas, físicas, de la información, del mar y de la Tierra, dentro de un marco de responsabilidad, ética y liderazgo en beneficio de la sociedad

*Visión:* Ser reconocidos a nivel regional, nacional y mundial por la calidad e impacto de nuestra investigación y de los recursos humanos que formamos; ser líderes en el estudio y la solución de problemas relacionados con los procesos biológicos, físicos, del mar, de la Tierra, del sector salud y las tecnologías de información y comunicaciones, así como en temas de agua, alimentación, ambiente, energías alternas y prevención de desastres ocasionados por fenómenos naturales.

Dentro de los objetivos principales de la institución, podemos encontrar los siguientes:

- Generar conocimiento científico a través de proyectos de investigación en las áreas de especialidad del centro.
- Formar recursos humanos a nivel de maestría y doctorado en las áreas de especialidad del centro a través de programas de posgrado de calidad reconocida.

- Fortalecer la vinculación con los sectores público, privado y social a través de proyectos de investigación y desarrollo, servicios tecnológicos, de consultoría y programas de capacitación.

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) fue la segunda institución creada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para descentralizar las actividades científicas y tecnológicas en México.

El decreto presidencial de creación del CICESE, publicado el 18 de septiembre de 1973, lo define como un organismo descentralizado de interés público, con personalidad jurídica y patrimonio propios para realizar “investigación científica básica y aplicada inicialmente en los campos de la geofísica, oceanografía física, física e instrumentación, principalmente orientadas a la a la solución de problemas nacionales y en particular a los regionales de la península de Baja California, así como a las actividades docentes en estas áreas de la ciencia en los niveles de maestría y doctorado”.

El contexto que permitió crear al CICESE a principios de los setentas es muy diverso, pero destacan, entre otros aspectos: una política nacional por descentralizar la investigación científica, la presencia de la Escuela Superior [hoy Facultad] de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y la cercanía del Scripps Institution of Oceanography (SIO); la decisión, en 1970, de la UNAM de construir el Observatorio Astronómico Nacional en la sierra de San Pedro Mártir; la intensa actividad tectónica y sísmica de la península de Baja California y del golfo de California que justificaba la realización de estudios en las ciencias de la Tierra, y el requerimiento por desarrollar instrumentación electrónica y óptica como apoyo a la UNAM y a la investigación oceanográfica y geofísica del nuevo centro.

El primer director del CICESE fue el Dr. Nicolás Grijalva y Ortiz, quien fue substituido en 1975 por el Dr. Saúl Álvarez Borrego. Le siguieron en el cargo los doctores Mario Martínez García (1989-1997), Francisco Javier Mendieta Jiménez (1997-2005), y Federico Graef Ziehl, quien se mantiene hasta la fecha como director general del centro.

Desde su creación, el CICESE se ha dedicado a formar maestros y doctores en ciencias en las áreas académicas de su competencia. El desarrollo institucional ha permitido pasar de un esquema académico que contemplaba originalmente tres programas de maestría (en Oceanografía, en Geofísica y en Física Aplicada), a un padrón integrado por 16 posgrados que

cubren todas las áreas de investigación que actualmente se cultivan, y de los cuales egresan anualmente, en promedio, 80 estudiantes de maestría y 20 de doctorado.

La integración del campus que actualmente ocupa este centro, comenzó a desarrollarse alrededor de 1977. Gradualmente se fueron adquiriendo terrenos y construyendo edificios, hasta ocupar las más de 15 hectáreas que hoy se tienen, en las cuales se asientan ocho modernos edificios que albergan aulas, cubículos y más de 115 laboratorios bien dotados con equipo científico. Evocando una verdadera ciudad universitaria, este campus es actualmente sede de varias facultades e institutos de investigación de la UABC, del Instituto de Astronomía y del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM, y de las cuatro divisiones académicas del CICESE (Biología Experimental y Aplicada, Ciencias de la Tierra, Física Aplicada y Oceanología).

Con el objeto de extender las labores de investigación hacia el sur de la península, el CICESE fundó en 1996 la primera de sus unidades foráneas en La Paz, Baja California Sur. La segunda, en Monterrey, Nuevo León, se creó en 2001.

Actualmente el CICESE es un Centro Público de Investigación el más grande de los 27 que integran el Sistema de Centros Públicos de Investigación del Conacyt. Tras una reestructuración convenida en un nuevo decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de agosto de 2000, las actividades de investigación, docencia y vinculación del CICESE se concentran en ciencias biológicas, físicas, de la información, del mar y de la Tierra, dentro de un marco de responsabilidad, ética y liderazgo en beneficio de la sociedad.

#### **2.3.4 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT**

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) es un organismo público descentralizado del gobierno federal mexicano dedicado a promover y estimular el desarrollo de la ciencia y la tecnología en ese país. Tiene la responsabilidad oficial para elaborar las políticas de ciencia y tecnología nacionales.

Por medio del Conacyt es posible para los estudiantes conseguir apoyo económico a fin de realizar estudios de posgrado (maestría o doctorado) en universidades con reconocida excelencia académica dentro y fuera del país.

También existe un programa del Conacyt que evalúa los programas de posgrado que ofrecen instituciones de educación superior de México. Aquellos programas que cumplen con altos criterios de calidad son considerados como parte del Padrón de Excelencia del Posgrado.

El Conacyt administra el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), mediante el cual se reconoce con un nombramiento especial y un estímulo económico a investigadores que hayan cubierto con una serie de criterios de preparación y productividad académica y que se sometan a una rigurosa evaluación de sus pares académicos.

En lo correspondiente al estímulo a la ciencia y la tecnología en las empresas, el Conacyt administra una serie de fondos financieros de estímulo como el programa Reniecyt, a través del cual se ofrece financiamiento a proyectos de alto desarrollo técnico y tecnológico.

Entre las funciones del CONACYT encontramos:

1. Formular y proponer al Gobierno Nacional las políticas nacionales y estrategias de ciencia, tecnología e innovación y de calidad para el país, en concordancia con la política de desarrollo económico y social del Estado. En coordinación con las instituciones relacionadas supervisar y evaluar la implementación de estas políticas y estrategias.
2. Concertar los esfuerzos científicos, tecnológicos, de innovación y de calidad nacionales con los que se realizan en el extranjero, promoviendo las redes de investigación y desarrollo de los mismos.
3. Seleccionar, aprobar, supervisar y evaluar las investigaciones financiadas por el FONACYT, para que las mismas se lleven a cabo dentro de los lineamientos de la política nacional de ciencia, tecnología e innovación y de la política nacional de calidad formuladas por el CONACYT.
4. Asesorar a los Poderes del Estado en todos los aspectos relacionados con las áreas de la competencia del Conacyt.
5. Determinar los criterios y/o principios de ciencia, tecnología e innovación y de calidad a ser incorporados en la formulación de políticas nacionales.
6. Reglamentar y ejecutar la política de asignaciones de recursos del FONACYT para la consecución de los fines de la política nacional de ciencia, tecnología e innovación y de la política nacional de la calidad.
7. Promover la difusión de actividades científicas, tecnológicas, de innovación y de la calidad, así como realizar su ordenamiento y sistematización.
8. Promover la normalización y la evaluación de la conformidad de los procesos, productos y servicios y la generación, uso y aplicación de la tecnología.

9. Auspiciar programas de formación y especialización de los recursos humanos necesarios para el desarrollo del Sistema Nacional de Calidad y del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
10. Incentivar la generación, uso, difusión y aplicación de conocimientos científicos, tecnológicos, de innovación y calidad que sean cultural, social y ambientalmente sustentables;
11. Establecer y mantener relaciones con organismos similares públicos y privados del extranjero, así como propiciar la participación de representantes del país en congresos u otro tipo de actividades científicas o técnicas y apoyar el intercambio, la cooperación y la información recíproca en las áreas de competencia del Conacyt.
12. Concertar y apoyar la acción de entes públicos nacionales, asociaciones civiles y organismos no gubernamentales en materias de su competencia.
13. Promover la racionalización y transparencia en la gestión y aplicación de los recursos públicos y privados destinados a la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y la calidad.
14. Definir los conceptos relacionados con las áreas de su competencia, de acuerdo a criterios establecidos y aceptados a nivel internacional.
15. Constituir comisiones permanentes o comisiones ad hoc para el tratamiento y estudio de temas específicos, así como para la evaluación de proyectos específicos, dentro de las áreas de su competencia.
16. Participar en las actividades, comisiones o colegiados de cualquier tipo o denominación vinculados a organismos oficiales relacionados con ciencia, tecnología, innovación y calidad.
17. Fomentar el desarrollo de la ciencia, tecnología, innovación y calidad por medio de mecanismos de incentivos a instituciones, empresas y personas.

# Capítulo 3.

## Escenarios de impacto socioeconómico de los tsunamis

---

### 3.1 Introducción

Existen diversos métodos para medir la magnitud del daño causado por un desequilibrio natural; en particular, se debe considerar un análisis de escenarios para eventos de pérdida en donde los datos internos o externos, y/o factores internos de control, no provean una base lo suficientemente robusta para la estimación. Para evaluar el impacto social y económico de un tsunami se pueden diseñar escenarios formados por la descripción de una situación futura y un camino de acontecimientos que permiten pasar de una situación original a otra futura.

Existen diferentes criterios en los métodos de construcción de escenarios pudiendo agruparlos como sigue: Los que usan la lógica intuitiva, poniendo énfasis en el pragmatismo (derivado de la aplicación de métodos matemáticos considerando combinaciones binarias); por otro lado, está aquellos escenarios con un enfoque basado en la previsión humana y social con los que se definen tipos fundamentales de escenarios: probables, deseables, realizables, exploratorios y normativos.

Los escenarios exploratorios son aquellos que partiendo de las tendencias pasadas y presentes, conducen a futuros verosímiles; por su parte, los escenarios de anticipación o normativos se construyen a partir de imágenes alternativas del futuro, los cuales podrán ser deseables o, por el contrario, rechazables.

Las etapas de construcción del método de escenarios es: i) identificar las variables clave, este es el objetivo del análisis estructural; ii) analizar el juego de actores con el fin de plantear las preguntas clave para el futuro; iii) reducir la incertidumbre sobre las cuestiones clave y despejar los escenarios del entorno más probables gracias a los métodos de expertos.

Un escenario no es una realidad futura, sino un medio de representarla con el objetivo de esclarecer la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables. La prueba de la realidad y la preocupación por la eficacia deben guiar la reflexión prospectiva para un mejor dominio de la historia. Los escenarios para tener credibilidad y respetar las cinco condiciones de rigor para asegurar su correcta aplicación en la planificación, éstas son: relevancia, coherencia, verosimilitud, importancia y transparencia.

### 3.2 Diseño metodológico

Es especialmente relevante que para eventos de pérdida en donde los datos internos o externos, y / o factores internos de control, no provean una base lo suficientemente robusta para la estimación de la exposición y nivel de afectación de los tsunamis. En algunos casos los datos históricos internos pueden ser suficientes para una estimación de la exposición futura de fenómenos hidrometeorológicos, pero en otros, el uso de datos externos (llevados a escala y apropiadamente analizados) puede constituir una forma de análisis de escenario.

Generalmente, se observan dos tipos de análisis de escenarios:

- I. Considerando el efecto de cambiar los datos de entrada, como la frecuencia o severidad de ciertos eventos (considerando el efecto de duplicidad de los mismos).
- II. Considera una combinación de eventos similares que pueda haberse observado.

Debido a la falta de datos en algunos años y a los escasos registros que se han generado acerca de los tsunamis, fue necesario generar una base de datos alimentada por información del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) dando datos acerca del impacto socioeconómico de las inundaciones en el País, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) aportando los datos históricos de Tsunamis en México, desde el origen del sismo, el año de ocurrencia, el tipo de tsunami, la altura de la ola, las entidades afectadas, entre otros, se consideró el Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para los datos estadísticos de población por municipio, así como vivienda y tipo de vivienda, la Secretaría de Comunicaciones y transportes con los reportes de control vehicular por Entidad Federativa

Uno de los grandes problemas para el análisis de los tsunamis en México es el poco registro que se tiene de ellos, ya que son eventos aislados y esporádicos, que incluso muchas personas llegan a desconocer su existencia en el territorio nacional, aunado a esto se deben considerar que la mayoría de los municipios en riesgo de tsunamis son territorios en donde habitan personas que difícilmente llegan a ser consideradas en el censo o simplemente no cuentan con comunicaciones necesarias para el reporte del arribo de estos y su impacto en la población.

### 3.3 Planteamiento del modelo dicotómico

Para De Finetti<sup>1</sup>, la probabilidad es necesariamente subjetiva: la probabilidad de un suceso mide el grado de creencia en su ocurrencia percibido por el sujeto en el momento que la expresa. Para cualquier suceso específico, sólo existen dos alternativas "objetivas": el suceso es (o será) cierto o falso; sin embargo, si quiere medirse el grado de incertidumbre que se tiene sobre cuál de esas dos alternativas es correcta, la probabilidad es la única forma coherente de medida. Así, cuando una persona asigna probabilidad 0.1 al suceso  $E = \{\text{el dígito } 10^6 \text{ del número } \pi \text{ es } 0\}$ , no está realizando una afirmación probabilística "objetiva" (ese suceso es demostrablemente cierto o falso) sino expresando su incertidumbre al respecto: con la información de que dispone, los 10 dígitos le parecen igualmente probables.

De Finetti considera que la probabilidad no tiene existencia "objetiva"; no es una propiedad de la naturaleza, ni tampoco de los eventos: describe una relación entre un evento y la naturaleza:  $P_i(E|H)$  es una medida del grado de creencia en la ocurrencia de un suceso  $E$ , asignada por un evento  $i$ , en unas condiciones  $H$ . Esta actitud es compatible con la existencia de un amplio conjunto de probabilidades sobre cuyos valores puede existir consenso, como en el caso de la probabilidad 0.1 de que el dígito  $10^6$  del número  $\pi$  sea 0.

De Finetti demuestra que si los sucesos  $\{E_1, \dots, E_k\}$  forman una partición, y  $\{p_1, \dots, p_k\}$  son los grados de creencia en la ocurrencia de cada uno de ellos asignados por un evento  $i$  en las condiciones  $H$ , esto es  $p_j = P_i(E_j|H)$ , entonces la condición necesaria y suficiente para que no sea posible construir un conjunto de apuestas en las que  $i$  necesariamente pierda es que las  $p_j$ 's constituyan una distribución de probabilidad, es decir, que  $p_j \geq 0$ , y  $\sum_j p_j = 1$ ; para evitar un comportamiento incoherente, los grados de creencia deben comportarse como probabilidades.

Las definiciones axiomáticas de probabilidad, sin relación operativa alguna con el mundo real, se convierten así en un teorema: los grados de creencia deben satisfacer las propiedades convencionalmente utilizadas para definir formalmente la probabilidad y,

---

<sup>1</sup> Bruno de Finetti, (1906 - 1985), probabilista, estadístico y actuario italiano, es considerado como una de las figuras más relevantes en la estadística del siglo XX. Sus aportaciones más trascendentes para el desarrollo de la estadística contemporánea han sido: la formalización del concepto de probabilidad como grado de creencia, que permite un tratamiento riguroso del concepto de probabilidad que se deduce a partir de la teoría de la decisión; el concepto de intercambiabilidad que, a través de los teoremas de representación, permite integrar en un modelo unificado los conceptos estadísticos asociados a modelos paramétricos con el concepto de probabilidad como grado de creencia; y, el desarrollo de las funciones de evaluación, que permiten calibrar la asignación de probabilidades y, en particular, contrastar la idoneidad de un modelo probabilístico.

consecuentemente, puede definirse una medida de probabilidad a partir de ellos. Para De Finetti, cualquier incertidumbre debe ser expresada mediante una distribución de probabilidad<sup>2</sup>.

Si las simetrías de un problema sugieren una percepción de "equiprobabilidad" entre  $N$  casos posibles mutuamente excluyentes, entonces el sujeto asignará la misma probabilidad  $1/N$  a cada uno de ellos y consecuentemente, en virtud de las leyes de la probabilidad que los grados de creencia deben obedecer, la probabilidad asociada a un suceso constituido por la unión de  $k$  de ellos será necesariamente  $k/N$ . Análogamente, si la información histórica de que se dispone sugiere una comparación con situaciones razonablemente parecidas, entonces la probabilidad asignada seguramente será establecida con base a las correspondientes frecuencias relativas.

De Finetti propone el desarrollo de métodos que obligan hacer que las valoraciones se correspondan con sus juicios. Las probabilidades personales valoradas de acuerdo con ciertos postulados de coherencia sobre el comportamiento deben de estar de acuerdo con una medida de probabilidad matemática. En cada caso presentado el experto debe decidir entre dos apuestas y no puede dejar de apostar una con probabilidades  $p$  y  $q$  de ganar y perder, y otra que depende de si ocurre o no un suceso  $E$ . En estos casos el factor experiencia juega un papel importante, pues gracias a ella los asesores cometerán menos inconsistencias y les dará la capacidad de entender la correspondencia entre juicios y probabilidades.

### 3.4 Teorema de Bruno de Finetti

Antes de enunciar el teorema es importante definir el siguiente concepto:

- *Intercambiabilidad*: Las variables aleatorias  $\{x_1, x_2, \dots\}$  de una sucesión son intercambiables si la distribución conjunta de cualquier subconjunto finito,  $p(x_1, \dots, x_n)$ , es invariante ante permutaciones de sus índices<sup>3</sup>.

*Intercambiabilidad y teorema de representación.*

---

<sup>2</sup> La distribución de probabilidad de una variable aleatoria es una función que asigna a cada suceso definido sobre la variable aleatoria la probabilidad de que dicho suceso ocurra.

<sup>3</sup> En un conjunto de variables intercambiables toda la información relevante está contenida en los valores de las  $x_i$ 's, de forma que sus índices no proporcionan información alguna. El concepto de intercambiabilidad generaliza el de independencia condicional: un conjunto de observaciones independientes idénticamente distribuidas son siempre un conjunto de observaciones intercambiables

De Finetti parte de la modelización de observables. Así, puesto que toda incertidumbre debe ser descrita mediante probabilidades, la información de que se dispone en las condiciones  $H$  sobre el valor de una observación futura  $x \in X$  debe ser descrita mediante una densidad de probabilidad<sup>4</sup>  $p(x | H)$  en el sentido de que  $P(x \in A | H) = \int_A p(x | H) dx$ ,  $A \subset X$ .

Se dispone de una base de datos  $\{x_1, \dots, x_n\}$  constituida por  $n$  observaciones “*semejantes*” a  $x$ , para “*predecir*” el valor de  $x$  deberemos especificar su correspondiente densidad de probabilidad condicional  $p(x | x_1, \dots, x_n, H)$ . Obsérvese que De Finetti no introduce “*parámetros*” desconocidos:  $p(x | x_1, \dots, x_n, H)$  es una función totalmente especificada.

Suprimiendo por simplicidad en la notación los subíndices correspondientes a las distintas densidades de probabilidad, el comportamiento de un conjunto  $\{x_1, \dots, x_n, x_{n+1}\}$  de  $n + 1$  observaciones en las condiciones  $H$  será descrito por su densidad de probabilidad conjunta,  $p(x_1, \dots, x_n, x_{n+1} | H)$  de forma que:

$$P(\{x_1, \dots, x_n, x_{n+1}\} \in B | H) = \int_B p(x_1, \dots, x_n, x_{n+1} | H) dx_1 \dots dx_{n+1}, B \subset X^{n+1}$$

y, consecuentemente,

$$P(x_{n+1} \in A | x_1, \dots, x_n, H) = \int_A p(x_{n+1} | x_1, \dots, x_n, H) dx_{n+1}, A \subset X.$$

con

$$p(x_{n+1} | x_1, \dots, x_n, H) = p(x_1, \dots, x_n, x_{n+1} | H) / p(x_1, \dots, x_n | H)$$

de forma que para resolver el problema de predicción planteado, es necesario y suficiente especificarla distribución conjunta de una sucesión cualquiera de observaciones “*semejantes*”.

---

<sup>4</sup> En teoría de la probabilidad, la función de densidad de probabilidad, función de densidad, o simplemente, densidad de una variable aleatoria continua es una función, usualmente denominada  $f(x)$  que describe la densidad de la probabilidad en cada punto del espacio de tal manera que la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor dentro de un determinado conjunto sea la integral de la función de densidad sobre dicho conjunto

*Teorema de representación para variables dicotómicas.*

Si  $\{x_1, x_2, \dots\}$ ,  $x_i \in \{0, 1\}$  son variables aleatorias intercambiables, entonces existe:

$$(i) \quad \theta = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \theta \in ]0,1[;$$

(ii) existe una densidad de probabilidad  $p(\theta)$ , tales que la densidad conjunta  $p(x_1, \dots, x_n)$  tiene la representación integral:

$$p(x_1, \dots, x_n) = \int_0^1 \prod_{i=1}^n \theta^{x_i} (1-\theta)^{1-x_i} p(\theta) d\theta$$

El teorema demuestra que un conjunto de variables aleatorias dicotómicas intercambiables necesariamente se comporta como una muestra aleatoria de observaciones Bernoulli, cuyo parámetro  $\theta$  es el límite de su frecuencia relativa, y para el que necesariamente existe una distribución inicial  $p(\theta)$ .

En el caso dicotómico, la intercambiabilidad identifica las observaciones como una muestra aleatoria de un modelo probabilístico específico (Bernoulli) y garantiza la existencia de una distribución inicial sobre su parámetro. En el caso general, para variables aleatorias de cualquier rango y dimensión, la intercambiabilidad identifica las observaciones como una muestra aleatoria de algún modelo probabilístico y garantiza la existencia de una distribución inicial sobre el parámetro que lo describe.

*Teorema de representación general.*

Si  $\{x_1, x_2, \dots\}$ ,  $x_i \in X$  son variables aleatorias intercambiables, entonces: (i) existen una función  $f(x_1, \dots, x_n)$  y un modelo probabilístico  $p(x | \theta)$ ,  $x \in X$ , con  $\theta = \lim_{n \rightarrow \infty} f(x_1, \dots, x_n)$ ,  $\theta \in \Theta$ ; y, (ii) existe una función de densidad de probabilidad  $p(\theta)$ , tales que la densidad conjunta  $p(x_1, \dots, x_n)$  tiene la representación integral:

$$p(x_1, \dots, x_n) = \int_{\Theta} \prod_{i=1}^n p(x_i / \theta) p(\theta) d\theta$$

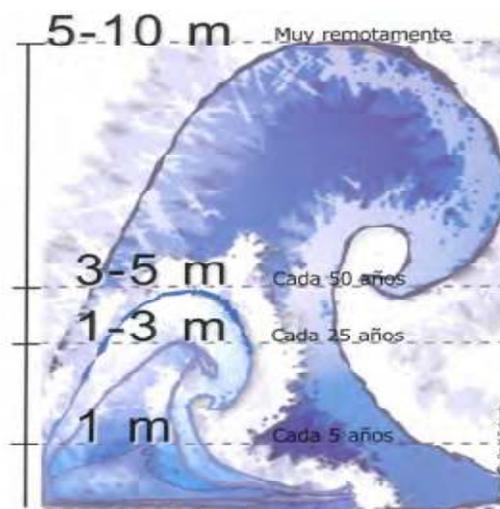
En una terminología convencional, el teorema demuestra que un conjunto de observaciones intercambiables pueden ser siempre interpretadas como una muestra aleatoria de algún modelo probabilístico, controlado por un parámetro que no es introducido de manera

arbitraria, sino que resulta definido como el límite de una función de las observaciones. Además, el teorema garantiza la existencia de una distribución inicial sobre el parámetro que gobierna el comportamiento del modelo. Debe subrayarse que las observaciones intercambiables  $x_i$  pueden ser vectores de cualquier dimensión y que, incorporando en ellas como covariables todos los elementos de información relevantes para que sus índices no sean informativos, siempre es posible postular la intercambiabilidad de los vectores así obtenidos.

### 3.5 Supuestos, criterios e hipótesis

El objetivo de estos escenarios es estimar la pérdida máxima probable que existe por el monto de la suma total de daños por estado que podría ocurrir en los inmuebles y automóviles ubicados en la región de impacto de un tsunami. Para ello, se tomaron en cuenta diversas hipótesis para la determinación de los escenarios por nivel de afectación de acuerdo a su periodicidad según el historial de tsunamis registrados en México, se consideraron 4 escenarios: tsunamis con arribo cada 5 años, tsunamis con arribo cada 25 años, tsunamis con arribo cada 50 años y finalmente tsunamis con arribo muy remoto, los cuales se construyen a partir de la altura de las olas como se muestra en la figura 3.1

**Figura 3.1**  
Altura de las olas para la construcción de los escenarios.



Fuente: Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", 1997, pp. 73-96.

Los datos generales de cada estado para finalmente hacer un análisis puntual del impacto socio económico de los tsunamis en cada estado, en el cuadro 3.1 se muestran los datos de cada entidad federativa, el total de población, la población vulnerable que contempla a todos aquellos habitantes que han sido censados dentro de los municipios en donde se tiene registro de arribo de tsunamis, el total de viviendas vulnerables que de igual manera comprende todos aquellos inmuebles contabilizados dentro de estos municipios y finalmente el transporte total que se encuentra considerado dentro del control vehicular de estos municipios vulnerables del arribo de tsunamis.

**Cuadro 3.1**  
**Población y bienes estimados para la construcción de escenarios**

| Estado              | Total población | Población vulnerable | Viviendas vulnerables | Transporte |
|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------|
| Baja California     | 3,155,070       | 466,814              | 129,657               | 917,710    |
| Baja California Sur | 637,026         | 746,445              | 152,832               | 516,102    |
| Colima              | 650,555         | 190,115              | 53,304                | 223,820    |
| Guerrero            | 3,388,768       | 908,182              | 237,501               | 766,356    |
| Jalisco             | 7,350,682       | 279,109              | 96,486                | 2,864,594  |
| Michoacán           | 4,351,037       | 178,817              | 46,498                | 1,705,626  |
| Nayarit             | 1,084,979       | 43,120               | 11,721                | 344,019    |
| Oaxaca              | 3,801,962       | 251,871              | 81,624                | 410,571    |
| Sinaloa             | 2,767,761       | 968,788              | 231,329               | 921,540    |
| Sonora              | 2,662,480       | 789,971              | 88,451                | 891,539    |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Esta base es creada a partir de los datos del Cenapred de inundaciones generadas en el estado, el historial de tsunamis registrados hasta el momento tomando en cuenta los municipios que han sido afectados , el Censo de Población y vivienda 2010 tomando en cuenta los registros por municipio de casas independientes, departamento en edificio, vivienda en vecindad, vivienda en cuarto de azotea, local no construido para habitación, vivienda móvil, refugio, no especificado y vivienda colectiva y los datos generados del control vehicular considerando vehículos particulares y públicos, contemplando automóviles, camiones, motocicletas y transporte público

### 3.6 Impacto socioeconómico

Para realizar el impacto socioeconómico, se consideran las probabilidades al tsunami con repetición cada 5 años, los cuales tienen el menor impacto de los tsunamis catalogados, con olas de 1 metro de altura y finalizare con los tsunamis de ola máxima esperada de 10 metros de altura, los cuales tienen una periodicidad muy remota y son los que causan un daño mayor esperado.

#### 3.6.1 Frecuentes, cada 5 años

De acuerdo con el registro que se tiene hasta ahora, se han observado tsunamis o maremotos con olas de 1m de altura, con una frecuencia aproximada de 5 años, si bien son los que causan daños menores son los que se consideran para la prevención de desastres y poder así mitigar los daños generados en los municipios vulnerables, en la siguiente tabla se detalla.

**Cuadro 3.2**  
**Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 1 metro de altura**

| Estado              | Población         |                  |           |           |                    |                |                |
|---------------------|-------------------|------------------|-----------|-----------|--------------------|----------------|----------------|
|                     | Entidad           | Vulnerable       | Muertos   | Heridos   | Desapa-<br>recidos | Damnificados   | Afectados      |
| Nayarit             | 1,084,979         | 43,120           | 1         | 1         | 0                  | 24,085         | 181,474        |
| Sonora              | 2,662,480         | 789,971          | 4         | 2         | 6                  | 24,785         | 55,413         |
| Baja California Sur | 637,026           | 746,445          | 1         | 5         | 1                  | 11,200         | 30,640         |
| Colima              | 650,555           | 190,115          | 0         | 2         | 0                  | 806            | 30,500         |
| Sinaloa             | 2,767,761         | 968,788          | 13        | 13        | 1                  | 30,631         | 25,178         |
| Jalisco             | 7,350,682         | 279,109          | 29        | 29        | 6                  | 10,659         | 23,381         |
| Oaxaca              | 3,801,962         | 251,871          | 19        | 5         | 6                  | 64,012         | 21,420         |
| Michoacán           | 4,351,037         | 178,817          | 3         | 3         | 2                  | 7,480          | 20,005         |
| Guerrero            | 3,388,768         | 908,182          | 17        | 6         | 3                  | 29,610         | 7,088          |
| Baja California     | 3,155,070         | 466,814          | 11        | 14        | 2                  | 10,737         | 1,952          |
| <b>Totales</b>      | <b>29,850,320</b> | <b>4,823,232</b> | <b>97</b> | <b>81</b> | <b>28</b>          | <b>214,006</b> | <b>397,050</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Como se observa en cuadro 3.2 en el caso de este escenario se observa que el impacto de los tsunamis con esta frecuencia genera una cantidad considerable de afectados siendo Nayarit, Sonora y Baja California Sur los estados con una cantidad mayor de afectados, en el caso de Nayarit se estiman 181,474 afectados, es decir, supera la cantidad de habitantes que forman parte de la población vulnerable que es de 43,120, esto se debe a que los municipios de

Nayarit, que es donde se tiene antecedente de arribo de tsunamis, se verían completamente afectados por este fenómeno. En este escenario se considera que el tamaño de las olas es más frecuente y con menor daño.

El nivel de afectación de esta entidad será catastrófico por lo que es necesario considerar un plan estratégico a nivel municipal, estatal y federal que considere la información oportuna a la población vulnerable generando la participación ciudadana para atención y respuesta oportuna en caso de presentarse el desastre y creando un fondo de ahorro de recuperación en caso de desastre con aportaciones municipales, estatales y federales para el apoyo de la población.

Por otra parte podemos observar también el caso contrario, analizando los estados con una cantidad menor de afectados como lo son Guerrero y Baja California, de estas dos entidades federativas se destaca que si bien son las menos afectadas, en el caso particular de Guerrero con una población vulnerable de 908,182, siendo casi el doble de la población vulnerable de Baja California con 466,814.

**Cuadro 3.2**  
**Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 1 metro de altura**

| Estado              | Bienes                |                  | Pérdida Máxima Probable |                     |  |                              | Pérdidas Económica Local |
|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--|------------------------------|--------------------------|
|                     | viviendas vulnerables | total transporte | Viviendas Destruidas    | Viviendas Afectadas | total viviendas destruidas y afectadas | total de transporte afectado |                          |
| Oaxaca              | 81,624                | 410,571          | 263                     | 14,675              | 14,938                                 | 1,679                        | 5,000,000                |
| Nayarit             | 11,721                | 344,019          | 31                      | 6,317               | 6,349                                  | 1,677                        | 6,806,000                |
| Guerrero            | 237,501               | 766,356          | 178                     | 4,185               | 4,362                                  | 169                          | 923,000                  |
| Sinaloa             | 231,329               | 921,540          | 1,875                   | 2,073               | 3,948                                  | 157                          | 1,400,430,000            |
| Michoacán           | 46,498                | 1,705,626        | 140                     | 2,187               | 2,326                                  | 459                          | 32,400,100               |
| Jalisco             | 96,486                | 2,864,594        | 163                     | 2,154               | 2,317                                  | 220                          | 52,030,000               |
| Sonora              | 88,451                | 891,539          | 783                     | 1,525               | 2,308                                  | 239                          | 122,300,000              |
| Baja California     | 129,657               | 917,710          | 81                      | 738                 | 819                                    | 58                           | 529,200,000              |
| Baja California Sur | 152,832               | 516,102          | 3                       | 251                 | 254                                    | 15                           | 16,070,000               |
| Colima              | 53,304                | 223,820          | 1                       | 50                  | 51                                     | 9                            | 500,000                  |
| <b>Totales</b>      | <b>1,129,403</b>      | <b>9,561,877</b> | <b>3,517</b>            | <b>34,156</b>       | <b>37,673</b>                          | <b>4,683</b>                 | <b>2,165,659,100</b>     |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

En este escenario el análisis del impacto que este tipo de tsunamis generaría en el tema de viviendas destruidas y afectadas, de los cuales podemos observar que el estado de Oaxaca, Nayarit nuevamente y Guerrero serían las entidades federativas más afectadas teniendo una totalidad de 25,649 destruidas y afectadas de las tres entidades, lo cual representa un gran golpe económico para los municipios vulnerables comparado con Baja California Sur y

Colima los cuales tienen una pérdida máxima probable de 305 viviendas destruidas y afectadas enlistándose muy por debajo de las anteriores; sin embargo, es necesario crear medidas de prevención para poder mitigar los compromisos económicos que la presencia de un siniestro de este tipo pueda causar.

### 3.6.2 Poco Frecuente, cada 25 años

En este escenario se analizan los tsunamis poco frecuentes de los cuales se ha registrado su arribo aproximadamente con periodicidad de 25 años, con olas de 3 metros de altura y generando daños considerables, en el primer cuadro el análisis es en el rubro de daño causado a la población vulnerable considerando el número de damnificados, de los cuales el estado de Oaxaca tendría 192,037 personas afectadas, Sinaloa con 91,892 personas y Guerrero con 88,831 personas, dando como resultado un total de 372,761 personas damnificadas entre las tres entidades federativas, que comparados con Michoacán con 22,441 personas damnificadas y Colima con 2,417 personas damnificadas que dan un total de 24,858 damnificados siendo estos los estados que se vería menos afectados en este rubro representan tan solo casi una cuarta parte de los damnificados reflejados por los estados de Oaxaca, Sinaloa y Guerrero.

**Cuadro 3.3**  
**Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 3 metro de altura**

| Estado          | Población         |                  |            |            |               |                |                  |
|-----------------|-------------------|------------------|------------|------------|---------------|----------------|------------------|
|                 | Entidad           | Vulnerable       | Muertos    | Heridos    | Desaparecidos | Damnificados   | Afectados        |
| Oaxaca          | 3,801,962         | 251,871          | 56         | 16         | 19            | 192,037        | 64,260           |
| Sinaloa         | 2,767,761         | 968,788          | 39         | 40         | 4             | 91,892         | 75,533           |
| Guerrero        | 3,388,768         | 908,182          | 50         | 18         | 8             | 88,831         | 21,264           |
| Sonora          | 2,662,480         | 789,971          | 13         | 7          | 17            | 74,356         | 166,240          |
| Nayarit         | 1,084,979         | 43,120           | 3          | 2          | 1             | 72,255         | 544,423          |
| Baja C. Sur     | 637,026           | 746,445          | 2          | 16         | 2             | 33,600         | 91,920           |
| Baja California | 3,155,070         | 466,814          | 32         | 42         | 7             | 32,212         | 5,857            |
| Jalisco         | 7,350,682         | 279,109          | 86         | 88         | 19            | 31,977         | 70,142           |
| Michoacán       | 4,351,037         | 178,817          | 9          | 9          | 7             | 22,441         | 60,014           |
| Colima          | 650,555           | 190,115          | 1          | 5          | 1             | 2,417          | 91,500           |
| <b>Totales</b>  | <b>29,850,320</b> | <b>4,823,232</b> | <b>290</b> | <b>242</b> | <b>83</b>     | <b>642,018</b> | <b>1,191,151</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La pérdida máxima probable se estima en el rubro de transporte afectado, considerando autos particulares, autos públicos, camiones particulares y públicos, motocicletas y otros, que surgen considerando la información del control vehicular. Sumando 11,446 vehículos de transporte afectados las entidades federativas con mayor pérdida son Oaxaca, Nayarit y Michoacán, las cuales no son precisamente las entidades con mayor número de vehículos en circulación, a excepción de Michoacán, este cálculo representa en el caso de estas entidades federativas lo siguiente: Oaxaca una afectación del 1.22717 por ciento del total de vehículos registrados, Nayarit con el 4.87486 por ciento del total de vehículos registrados y finalmente Michoacán con el 0.26918 por ciento del total del número de vehículos registrados en la entidad, estos datos se obtuvieron de los registros que se han generado a partir de diversos desastres similares a los que generaría un tsunami de este tipo.

**Cuadro 3.4**  
**Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 3 metro de altura**

| Estado          | Bienes                |                  | Pérdida Máxima Probable |                     |  |                              |                          |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--|------------------------------|--------------------------|
|                 | viviendas vulnerables | total transporte | Viviendas Destruídas    | Viviendas Afectadas | total viviendas destruidas y afectadas | total de transporte afectado | Pérdidas Económica Local |
| Oaxaca          | 81,624                | 410,571          | 788                     | 44,026              | 44,813                                 | 5,038                        | 15,000,000               |
| Nayarit         | 11,721                | 344,019          | 94                      | 18,952              | 19,046                                 | 5,031                        | 20,418,000               |
| Michoacán       | 46,498                | 1,705,626        | 419                     | 6,560               | 6,979                                  | 1,377                        | 97,200,300               |
| Sonora          | 88,451                | 891,539          | 2,348                   | 4,575               | 6,923                                  | 718                          | 366,900,000              |
| Jalisco         | 96,486                | 2,864,594        | 489                     | 6,463               | 6,951                                  | 661                          | 156,090,000              |
| Guerrero        | 237,501               | 766,356          | 533                     | 12,554              | 13,087                                 | 506                          | 2,769,000                |
| Sinaloa         | 231,329               | 921,540          | 5,625                   | 6,219               | 11,845                                 | 470                          | 4,201,290,000            |
| Baja California | 129,657               | 917,710          | 243                     | 2,214               | 2,457                                  | 174                          | 1,587,600,000            |
| Baja Cal. Sur   | 152,832               | 516,102          | 9                       | 754                 | 763                                    | 46                           | 48,210,000               |
| Colima          | 53,304                | 223,820          | 4                       | 150                 | 154                                    | 27                           | 1,500,000                |
| <b>Totales</b>  | <b>1,129,403</b>      | <b>9,561,877</b> | <b>10,552</b>           | <b>102,467</b>      | <b>113,019</b>                         | <b>14,048</b>                | <b>6,496,977,300</b>     |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Las entidades federativas que no presentan grandes pérdidas vehiculares como es el caso de Baja California Sur y Colima, las cuales solo suman 73 vehículos que si bien no representan una gran cantidad, se debe considerar estar preparados para poder enfrentar estas pérdidas, por medio de seguros que permitan a la población tener una recuperación de sus pérdidas materiales como lo es un vehículo, este tipo de seguros se puede hacer proponiendo a las compañías aseguradoras, el considerar una póliza que incluya la cobertura contra este tipo de catástrofes, generando una reserva especial que le permita a la compañía enfrentar el

pago de estos seguros, considerando este fenómeno como una característica especial que pueden presentar los vehículos que se encuentran en flujo constante en estas zonas vulnerables de arribo de tsunamis o mejor conocidos como maremotos.

### 3.6.3 Remoto, cada 50 años

En este escenario se analiza el impacto socioeconómico de los tsunamis en una categoría aún más severa que los anteriores con olas de 5 metros de altura generando grandes desastres, en el cuadro 3.5 se pondrá mayor atención al daño generado a la población en particular a los heridos y desaparecidos.

**Cuadro 3.5**  
**Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 1 metro de altura**

| Estado          | Población         |                  |            |            |                    |                  |                  |
|-----------------|-------------------|------------------|------------|------------|--------------------|------------------|------------------|
|                 | Entidad           | Vulnerable       | Muertos    | Heridos    | Desapa-<br>recidos | Damnificados     | Afectados        |
| Jalisco         | 7,350,682         | 279,109          | 143        | 147        | 32                 | 53,296           | 116,903          |
| Baja California | 3,155,070         | 466,814          | 53         | 71         | 12                 | 53,686           | 9,761            |
| Sinaloa         | 2,767,761         | 968,788          | 65         | 66         | 6                  | 153,154          | 125,888          |
| Guerrero        | 3,388,768         | 908,182          | 84         | 30         | 13                 | 148,052          | 35,440           |
| Oaxaca          | 3,801,962         | 251,871          | 93         | 27         | 32                 | 320,062          | 107,100          |
| Baja Cal. Sur   | 637,026           | 746,445          | 3          | 26         | 3                  | 56,000           | 153,200          |
| Michoacán       | 4,351,037         | 178,817          | 16         | 15         | 11                 | 37,402           | 100,023          |
| Sonora          | 2,662,480         | 789,971          | 22         | 12         | 28                 | 123,927          | 277,067          |
| Colima          | 650,555           | 190,115          | 2          | 9          | 2                  | 4,028            | 152,500          |
| Nayarit         | 1,084,979         | 43,120           | 5          | 3          | 1                  | 120,425          | 907,372          |
| <b>Totales</b>  | <b>29,850,320</b> | <b>4,823,232</b> | <b>483</b> | <b>404</b> | <b>139</b>         | <b>1,070,031</b> | <b>1,985,252</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Como se muestra en el cuadro anterior los estados con mayor cantidad de personas heridas y desaparecidas serían Jalisco, Baja California y Sinaloa teniendo Jalisco 179 personas heridas y desaparecidas, Baja California 83 personas heridas y desaparecidas y finalmente Sinaloa con 72 personas heridas y desaparecidas.

**Cuadro 3.6****Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 5 metros de altura**

| Estado              | Bienes                |                  | Pérdida Máxima Probable |                     |  |                              | Pérdidas Económica Local |
|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--|------------------------------|--------------------------|
|                     | viviendas vulnerables | total transporte | Viviendas Destruídas    | Viviendas Afectadas | total viviendas destruidas y afectadas | total de transporte afectado |                          |
| Sinaloa             | 231,329               | 921,540          | 9,376                   | 10,366              | 19,741                                 | 783                          | 7,002,150,000            |
| Sonora              | 88,451                | 891,539          | 3,914                   | 7,625               | 11,539                                 | 1,197                        | 611,500,000              |
| Oaxaca              | 81,624                | 410,571          | 1,313                   | 73,376              | 74,689                                 | 8,397                        | 25,000,000               |
| Guerrero            | 237,501               | 766,356          | 888                     | 20,924              | 21,812                                 | 843                          | 4,615,000                |
| Jalisco             | 96,486                | 2,864,594        | 815                     | 10,771              | 11,586                                 | 1,102                        | 260,150,000              |
| Michoacán           | 46,498                | 1,705,626        | 699                     | 10,933              | 11,632                                 | 2,296                        | 162,000,500              |
| Baja California     | 129,657               | 917,710          | 405                     | 3,691               | 4,096                                  | 290                          | 2,646,000,000            |
| Nayarit             | 11,721                | 344,019          | 157                     | 31,587              | 31,744                                 | 8,385                        | 34,030,000               |
| Baja California Sur | 152,832               | 516,102          | 15                      | 1,257               | 1,271                                  | 76                           | 80,350,000               |
| Colima              | 53,304                | 223,820          | 7                       | 251                 | 257                                    | 44                           | 2,500,000                |
| <b>Totales</b>      | <b>1,129,403</b>      | <b>9,561,877</b> | <b>17,586</b>           | <b>170,779</b>      | <b>188,365</b>                         | <b>23,414</b>                | <b>10,828,295,500</b>    |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

### 3.6.4 Muy remotamente

En este escenario se consideran olas de 10 metros de altura y con una frecuencia muy remota que actualmente no ha podido ser medida debido a la naturaleza de los mismos, el cual se presentó en el océano Índico en 2004 y que comenzó con un sismo submarino con una magnitud de 9.2 que hizo temblar el este del Océano Índico el 26 de diciembre de 2004.

El terremoto, que se originó en el mar cerca de la costa norte de la isla indonesia de Sumatra, provocó varios tsunamis masivos con olas de hasta 40 metros de altura que afectaron a áreas costeras de ocho países asiáticos y causaron la muerte de aproximadamente 300.000 personas dándole el lugar del quinto terremoto más fuerte de la historia moderna.

Múltiples tsunamis golpearon las regiones costeras del Océano Índico, devastando regiones enteras, incluida la isla de Phuket, Tailandia, Aceh (Indonesia), la costa este de Sri Lanka, zonas costeras de la India en el estado de Tamil Nadu, e incluso en lugares lejanos como Somalia, a 4.100 km al oeste del epicentro.

La onda expansiva de las olas afectó a Indonesia, Tailandia, Sri Lanka, India, Bangladesh, Burma, Malasia, Islas Maldivas, Somalia, Kenia, Tanzania y las Islas Seychelles.

En lo que respecta al hipocentro del sismo se sitúa a más profundidad, a 30 km exactamente, a nivel de una región muy sensible: una zona de fricción entre las placas tectónicas indoaustrialiana y euroasiática. Con el transcurso de los años, la tensión entre ambas placas se acumula y cuando llega a ser demasiado fuerte, la energía se libera brutalmente en forma de sismos. La zona del sismo se elevó bruscamente unos veinte metros, desplazando a su vez la columna de agua situada en su vertical con olas capaces de desplazarse a más de 700 km/h, tardaron dos horas en llegar a las costas de la India, y seis a Somalia y Kenia.

Analizando los impactos físicos del terremoto ocurrido en el Océano Índico el pasado 26 de diciembre, que ha modificado la geografía de los entornos afectados se estimó el escenario para las costas mexicanas.

**Cuadro 3.7**  
**Estimación de la población vulnerable y afectada ante tsunamis de olas de 10 metros de altura**

| Estado              | Población         |                  |            |            |                    |                   |                  |
|---------------------|-------------------|------------------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|
|                     | Entidad           | Vulnerable       | Muertos    | Heridos    | Desapa-<br>recidos | Damnifi-<br>cados | Afectado<br>S    |
| Jalisco             | 7,350,682         | 279,109          | 285        | 293        | 64                 | 106,591           | 233,805          |
| Oaxaca              | 3,801,962         | 251,871          | 186        | 53         | 63                 | 640,124           | 214,200          |
| Guerrero            | 3,388,768         | 908,182          | 168        | 60         | 25                 | 296,103           | 70,880           |
| Sinaloa             | 2,767,761         | 968,788          | 129        | 132        | 12                 | 306,308           | 251,775          |
| Baja California     | 3,155,070         | 466,814          | 105        | 141        | 24                 | 107,372           | 19,522           |
| Sonora              | 2,662,480         | 789,971          | 43         | 23         | 56                 | 247,854           | 554,133          |
| Michoacán           | 4,351,037         | 178,817          | 31         | 30         | 22                 | 74,804            | 200,045          |
| Nayarit             | 1,084,979         | 43,120           | 10         | 6          | 2                  | 240,850           | 1,814,743        |
| Baja California Sur | 637,026           | 746,445          | 6          | 52         | 6                  | 112,000           | 306,400          |
| Colima              | 650,555           | 190,115          | 3          | 18         | 3                  | 8,055             | 305,000          |
| <b>Totales</b>      | <b>29,850,320</b> | <b>4,823,232</b> | <b>966</b> | <b>808</b> | <b>277</b>         | <b>2,140,061</b>  | <b>3,970,503</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Es por eso que es de suma importancia la participación y la oportuna reacción inmediata para llevar a cabo los procedimientos y protocolos analizados para poder minimizar los efectos que los tsunamis puedan llegar a generar en nuestro territorio y en general en el planeta sobre las zonas consideradas vulnerables, y gracias a la participación de sociedad y gobierno cada día estemos más preparados para poder enfrentar eventos de esta u otra índole.

**Cuadro 3.8****Estimación de la pérdida máxima probable ante tsunamis de olas de 10 metros de altura**

| Estado          | Bienes                |                  | Pérdida Máxima Probable |                     |  |                              |                          |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--|------------------------------|--------------------------|
|                 | viviendas vulnerables | total transporte | Viviendas Destruídas    | Viviendas Afectadas | total viviendas destruidas y afectadas | total de transporte afectado | Pérdidas Económica Local |
| Sinaloa         | 231,329               | 921,540          | 18,751                  | 20,731              | 39,482                                 | 1,566                        | 14,004,300,000           |
| Baja California | 129,657               | 917,710          | 810                     | 7,381               | 8,191                                  | 580                          | 5,292,000,000            |
| Sonora          | 88,451                | 891,539          | 7,828                   | 15,250              | 23,078                                 | 2,394                        | 1,223,000,000            |
| Jalisco         | 96,486                | 2,864,594        | 1,629                   | 21,542              | 23,171                                 | 2,204                        | 520,300,000              |
| Michoacán       | 46,498                | 1,705,626        | 1,397                   | 21,866              | 23,263                                 | 4,591                        | 324,001,000              |
| Baja C. Sur     | 152,832               | 516,102          | 29                      | 2,513               | 2,542                                  | 153                          | 160,700,000              |
| Nayarit         | 11,721                | 344,019          | 314                     | 63,173              | 63,487                                 | 16,770                       | 68,060,000               |
| Oaxaca          | 81,624                | 410,571          | 2,626                   | 146,752             | 149,378                                | 16,795                       | 50,000,000               |
| Guerrero        | 237,501               | 766,356          | 1,775                   | 41,848              | 43,623                                 | 1,686                        | 9,230,000                |
| Colima          | 53,304                | 223,820          | 13                      | 501                 | 514                                    | 88                           | 5,000,000                |
| <b>Totales</b>  | <b>1,129,403</b>      | <b>9,561,877</b> | <b>35,172</b>           | <b>341,557</b>      | <b>376,729</b>                         | <b>46,828</b>                | <b>21,656,591,000</b>    |

Fuente: Elaboración propia a partir de base del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

## Conclusiones

---

Los ciclos naturales del planeta son imposibles de modificar, pero se puede mitigar los riesgos estando alerta para responder con rapidez, oportunidad y eficiencia ante cualquier contingencia.

Los tsunamis pueden arribar con gran altura y provocar efectos destructivos como pérdida de vidas humanas y daños materiales. En su mayoría, los tsunamis se originan por sismos que ocurren en las costas del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino

Este trabajo se mostró el impacto de podría tener un tsunami en las cotas de estados de la República Mexicana con mayor vulnerabilidad, las afectaciones en los diferentes ámbitos importantes, el impacto en vidas humanas; así como la pérdida económica en vivienda y transporte.

El análisis de los tsunamis es algo difícil de prevenir y predecir, sobre todo por su propia naturaleza al ser un evento aislado, particular y que no cuenta con una periodicidad que permita establecer patrones para poder tener la certeza de su arribo.

En la actualidad es realizable desarrollar estrategias y procedimientos para minimizar los daños causados por los tsunamis en muchas maneras, desde el dar a conocer oportunamente a la población la información suficiente acerca de estos fenómenos hasta la aplicación de nuevas tecnologías para poder enfrentar estos fenómenos.

En México se cuenta con diversos institutos y dependencias gubernamentales encargadas del estudio y análisis de los tsunamis, aunque se debe tomar en cuenta otra dependencia a nivel Nacional, encargada de las particularidades de los desastres, y de las condiciones de los Estados en los que se presentan dichos fenómenos el Sistema Nacional de Protección Civil, SINAPROC fundado hace 27 años, a partir del sismo de 1985, el cual ha contribuido a generar mejores condiciones para la seguridad de los mexicanos. Uno de los mecanismos más valiosos para poner a salvo miles de vidas ha sido la Protección Civil mediante la prevención del riesgo. Es necesario facultar a la población y a las Autoridades en medidas de autoprotección y de adaptación para convivir con los riesgos para ofrecer prevención, auxilio y recuperación ante los desastres a toda la población, sus bienes y el entorno, a través de programas y acciones.

Un sistema de Protección Civil moderno, ágil y eficiente es aquel que cuenta con protocolos de actuación antes, durante y después de la situación de emergencia apoyados de la participación activa, coordinada, corresponsable y solidaria de sociedad y gobierno; y el que permite garantizar una adecuada coordinación entre los tres niveles y órdenes de Gobierno. Una estrategia integral, una política pública incluyente que atienda y mitigue el riesgo en el que se encuentran muchas zonas y regiones de nuestro país.

El Sistema Nacional de Protección Civil es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con las autoridades de los estados, el Distrito Federal y los municipios, a fin de efectuar acciones coordinadas, destinadas a la protección contra los peligros que se presenten y a la recuperación de la población, en la eventualidad de un desastre.

El procedimiento ante una emergencia, con la finalidad de iniciar las actividades de auxilio en caso de emergencia, la primera autoridad que tome conocimiento de ésta, deberá proceder a la inmediata prestación de ayuda e informar tan pronto como sea posible a las instancias especializadas de protección civil.

La primera instancia de actuación especializada, corresponde a la autoridad municipal o delegacional que conozca de la situación de emergencia. En caso de que ésta supere su capacidad de respuesta, acudirá a la instancia estatal correspondiente. Si ésta resulta insuficiente, se procederá a informar a las instancias federales correspondientes, quienes actuarán de acuerdo.

# Bibliografía

---

1. Aguirre de Lázaro, Edwin. "El Proceso de Dirección bajo un enfoque de escenario".20044.
2. Farreas, Salvador. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México", Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana (Editor M.F. Lavín), 1997, pp. 73-96.
3. Farreas, Salvador. ["Riesgo de maremotos en ciudad Lázaro Cárdenas, Michoacán: medidas de prevención"](#). El Colegio de México, 2003
4. Farreas, Salvador." Después de 25 años de espera: Sistema de Alerta de Tsunamis para México". Marzo de 2013
5. Farreras Salvador F., Dominguez Mora Ramón, Gutiérrez M. Carlos A. (2005), "Tsunamis. Serie Fascículos.", 2a. Edición, CENAPRED, México, ISBN: 970-628-875-9
6. García Espalter, Rita E. y García Espalter, Juan Antonio."Aplicación de un enfoque prospectivo para la proyección de la fuerza de trabajo calificada en el perfil de las ciencias económicas y empresariales".
7. Hunt, Joe. "Alerta, maremoto, tsunami, ¿Qué hacer?".ciudad lázaro cárdenas, Michoacán .noviembre 2000
8. Sánchez Dévora, Antonio J."Catálogo de tsunamis (maremotos) en la Costa Occidental de México = Catalog of tsunamis on the Western Coast of México". Department of Commerce, NOAA, 1993