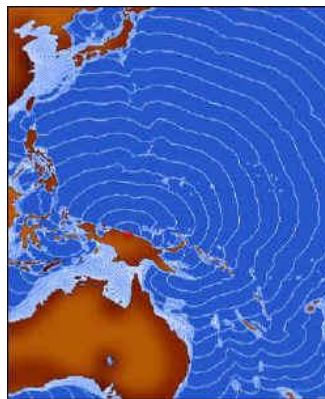
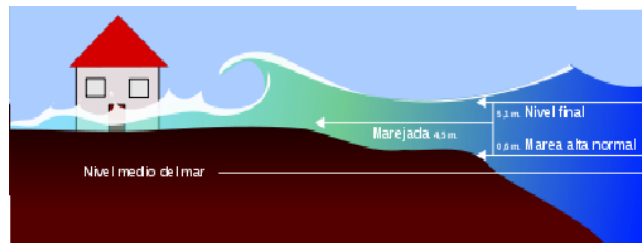
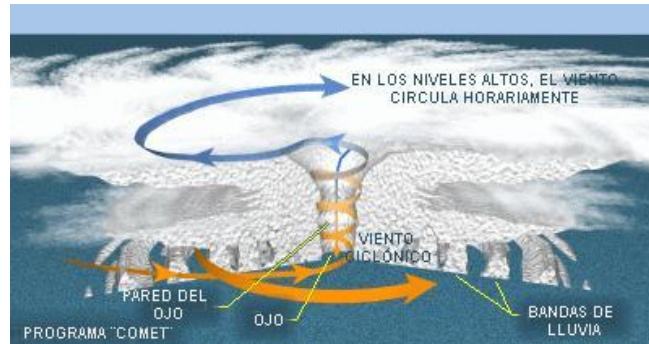


# AMENAZAS COSTERAS

---



Recopilado por:

Martha Cecilia Cadena  
mcadena@ideam.gov.co

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>2. AMENAZAS COSTERAS</b> .....	<b>4</b>
2.1 <b>TSUNAMIS</b> .....	<b>4</b>
2.1.1 <b>Fases de un tsunami</b> .....	<b>5</b>
2.1.2 <b>Propagación y tiempo de viaje</b> .....	<b>6</b>
2.1.3 <b>Mecanismos Generadores</b> .....	<b>6</b>
2.1.4 <b>Clasificación e Impacto</b> .....	<b>7</b>
2.1.5 <b>Tsunamis en Colombia</b> .....	<b>9</b>
2.1.6 <b>Quiénes monitorean el fenómeno</b> .....	<b>10</b>
2.1.7 <b>Qué se debe hacer?</b> .....	<b>10</b>
2.2 <b>AUMENTO CRÍTICO DEL NIVEL DEL MAR POR EFECTOS METEOROLÓGICOS</b> .....	<b>11</b>
2.2.1 <b>Mar de viento, mar de leva, mar de fondo o mar tendida</b> .....	<b>13</b>
2.2.2 <b>Quiénes monitorean el fenómeno y qué se debe hacer?</b> .....	<b>14</b>
2.2.2 <b>Ciclones Tropicales</b> .....	<b>15</b>
2.2.2.1 <b>Fases de los ciclones Tropicales</b> .....	<b>15</b>
2.2.2.2 <b>Clasificación</b> .....	<b>16</b>
2.2.2.3 <b>Características</b> .....	<b>18</b>
2.2.2.4 <b>Ciclones Tropicales en Colombia</b> .....	<b>18</b>
2.2.2.5 <b>Quiénes monitorean el fenómeno</b> .....	<b>19</b>
2.2.2.6 <b>Qué se debe hacer?</b> .....	<b>20</b>
2.2.3 <b>Marejadas Ciclónicas</b> .....	<b>22</b>
2.2.4 <b>Las Mareas</b> .....	<b>22</b>
2.2.4.1 <b>Quiénes monitorean el fenómeno</b> .....	<b>23</b>
2.2.5 <b>El Fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación Sur)</b> .....	<b>23</b>
2.2.5.1 <b>Quiénes monitorean el fenómeno</b> .....	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>28</b>

# AMENAZAS COSTERAS

## RESUMEN

Se muestran los conceptos básicos, definiciones y generalidades de los fenómenos meteorológicos y oceánicos que representan una amenaza para las actividades en el mar y para los habitantes de las zonas costeras, como los tsunamis, marejadas, mar de leva, ciclones tropicales, entre otros.

Se pretende informar sobre el comportamiento de los fenómenos naturales que producen inundaciones costeras, la forma de identificarlos, sus mecanismos generadores, cómo se mide su intensidad y qué se debe hacer ante su ocurrencia.

**Palabras Claves:** tsunamis, marejadas, amenazas costeras, elevación del nivel del mar.

## SUMMARY

It is a summary of the basic concepts and definitions of the meteorological and oceanic phenomena that represent a threat for the activities in the sea and for the population of the coastal zones, such as tsunamis, swells, tropical storms, among others. The goal is to inform about the behavior of the natural phenomena that produce coastal floods, the way to identify them, their generating mechanisms and the way of measure its intensity.

**Key words:** tsunamis, storm surge, elevation of the level of the sea.

# FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y OCEÁNICOS AMENAZANTES

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las misiones del Servicio Meteorológico del IDEAM consiste en emitir pronósticos, avisos y alertas que presten apoyo a las actividades humanas en el mar y garanticen el normal y seguro desarrollo de las mismas.

Los habitantes de las poblaciones costeras y en general todos aquellos que dependen de los recursos y del medio marino, están continuamente expuestos a situaciones de riesgo y son vulnerables a fenómenos meteorológicos que representan peligro para sus vidas.

Existen fenómenos naturales clasificados como eventos meteorológicos o climáticos extremos que se producen de forma aleatoria en cualquier lugar del mundo, pero se convierten en desastres naturales, cuando ocasionan destrucción de vidas y bienes de la población. Este tipo de desastres ocurren en escalas temporales y geográficas diferentes.

Estos fenómenos meteorológicos potencialmente peligrosos, repercuten en el medio ambiente costero marino y en las actividades socioeconómicas; razón por la cual, la predicción del tiempo marítimo y las condiciones oceánicas son tan importantes para la población que habita las zonas costeras.

## 2. AMENAZAS COSTERAS

Existen diversos tipos de eventos amenazantes en las zonas costeras, que producen una penetración atípica del mar hacia la zona continental, generando de forma periódica y a corto plazo una sobreelevación del nivel del mar. Este comportamiento puede atribuirse a diversos fenómenos, el primero de ellos, está asociado a la ocurrencia de eventos sísmicos o volcánicos (tsunamis).

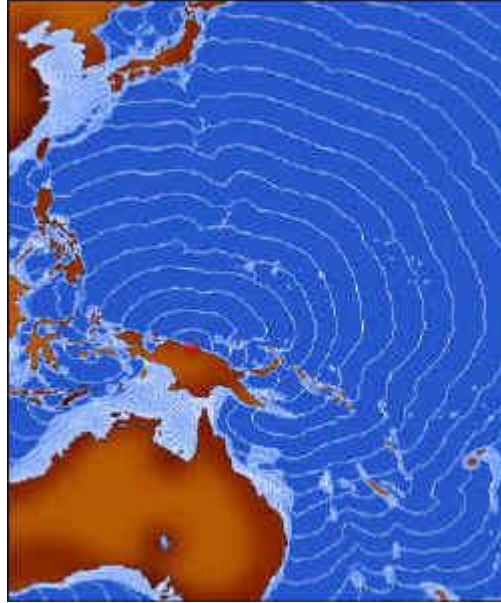
En segundo lugar se encuentran aquellos que responden a cambios en las condiciones meteorológicas, como los **ciclones tropicales**, que generan **marejadas ciclónicas** (*storm surges*), la sobreelevación producida por **rompiente de oleaje** (wave set up) y la generada por **arrastre del viento** (wind set up).

Se puede mencionar también la sobreelevación producida durante la ocurrencia de episodios fuertes de los **eventos ENOS** (*El Niño-Oscilación Sur*), que se caracterizan por tener cuasi-periodicidades definidas y que son manifestaciones de la variabilidad climática.

### 2.1 TSUNAMIS

El término japonés tsunami (TSU: puerto o bahía, NAMI: ola), hace referencia a una gran ola que irrumpe en un puerto.

Es un fenómeno que desplaza una serie de olas sucesivas de gran longitud (cientos de kilómetros) y poca altura (centímetros), con periodos (lapso entre el paso de dos olas sucesivas) en el rango de 5 a 60 minutos o más largos, que son producidas por una perturbación en el océano y propagadas a gran velocidad (cientos de km/hora, entre 700 y 800 aproximadamente) en todas las direcciones (*Fig. 1*).



**Fig 2.** *Propagación de una onda de tsunami, con intervalos de 30 minutos.*

En aquellos lugares donde el océano tiene profundidades de más de 6.000 m, las ondas pueden viajar a una velocidad de 800 Km/h, pueden trasladarse de un lado del Océano a otro del Pacífico en menos de un día. Por tal razón cuando se detecta el sitio de generación del tsunami, los Centros de Alerta pueden predecir cuándo llegará a un punto determinado sobre la costa, mediante el estudio de sus características y del piso oceánico a lo largo de su trayectoria. Los tsunamis viajan más lento en aguas costeras someras, pero su altura de onda puede aumentar drásticamente.

### **2.1.1 Fases de un tsunami**

En el desarrollo de un tsunami, desde su aparición, se diferencian tres etapas:

- Formación de la onda debido a la causa inicial, y a su propagación cerca de la fuente
- Propagación libre de la onda en el océano abierto, a grandes profundidades
- Propagación de la onda en la región de la plataforma continental, donde, como resultado de la menor profundidad del agua, tiene lugar una gran deformación del perfil de la onda, hasta su rompimiento e inundación sobre la playa.

## 2.1.2 Propagación y tiempo de viaje

En la zona de origen del tsunami y en su viaje por aguas profundas mar afuera, las olas son de gran longitud propagándose a gran velocidad, manteniendo su energía más o menos constante. Al aproximarse a las costas, con un menor volumen de agua que desplazar, sufren fenómenos de refracción, disminuyendo su velocidad y longitud de onda, alcanzando alturas de grandes proporciones, que descargan su energía con gran poder, produciendo destrucción e inundaciones en las zonas costeras.

La turbulencia que produce en el fondo del mar arrastra rocas y arena provocando un daño erosivo en las playas, incluso llegando a alterar la geografía durante muchos años.

## 2.1.3 Mecanismos generadores

- Dislocaciones en el fondo del mar producidas por un terremoto, de magnitud superior a 6.5 en la escala de Richter, el cual provoca súbitos levantamientos o hundimientos de la corteza con el consiguiente desplazamiento de la columna de agua.

La actividad tectónica ocasiona el 96% de los eventos observados. En estos casos, los daños no son solo generados por el tsunami, hay una combinación de eventos peligrosos que pueden causar gran destrucción, el movimiento telúrico mismo, la licuación del terreno (proceso en el cual el suelo cambia de un material firme a uno viscoso semi-líquido y bajo condiciones similares a arena movediza) y las inundaciones.

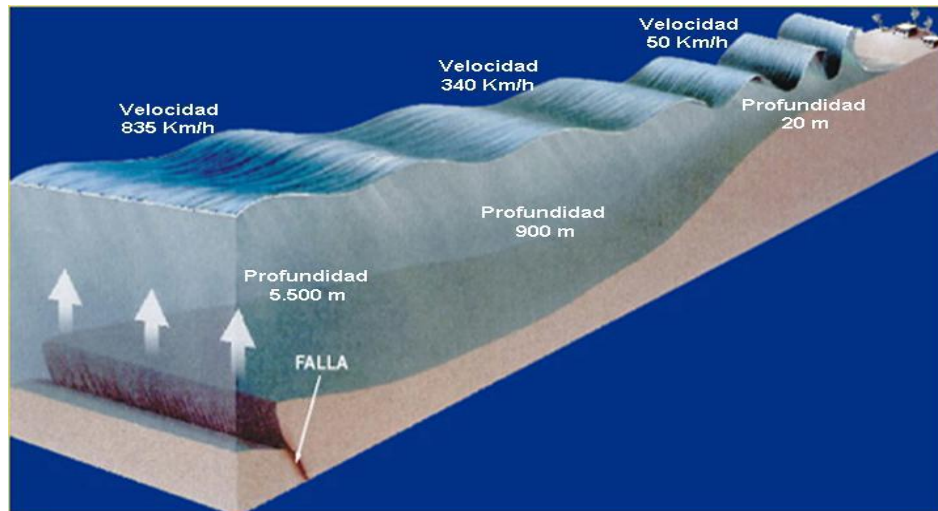
El tectonismo se produce porque las placas que cubren la superficie del planeta, donde se encuentran los continentes y el piso oceánico, se mueven en forma relativa una respecto a la otra.

La región en la que las dos placas están en contacto es llamada borde de las placas y de acuerdo a la forma como se mueven, se clasifican en:

- Bordes de separación, cuando las placas se alejan una de la otra,
- Bordes de convergencia, cuando se deslizan una bajo la otra
- Bordes de transformación, si las placas se deslizan horizontalmente en direcciones opuestas.

Estas placas están en constante fricción y acumulan mucha tensión, que al ser liberada origina terremotos en los países que se ubican sobre el cinturón de fuego del Pacífico como Colombia, Chile, Perú y Ecuador (*Fig. 3*).

- Las erupciones volcánicas submarinas, son responsables del 3% de ocurrencia de tsunamis.
- Deslizamientos en el talud continental, con 0.8% de ocurrencia.



**Fig 3.** *Tsunami generado por tectonismo*

- Otros mecanismos naturales generadores de tsunami son: el flujo hacia el mar de corrientes de turbidez o de lava; el desprendimiento de glaciares, y en forma artificial 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.

Para que un sismo genere un tsunami se requiere:

- Que el epicentro del sismo o la mayor parte de su área de ruptura esté bajo el lecho marino y a una profundidad menor a 70 Km (sismo superficial).
- Que ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas, es decir que la falla tenga movimiento vertical.
- Que el sismo libere suficiente energía en un cierto lapso de tiempo y que sea eficientemente transmitida. Hasta ahora no existe ningún modelo teórico que permita determinar si un sismo es tsunamigénico o no, ni la magnitud, intensidad o altura de las olas generadas.

La energía de un tsunami depende de su altura (amplitud de la onda) y de su velocidad. La energía total descargada sobre la zona costera también dependerá de la cantidad de picos que lleve el tren de ondas y su poder destructivo estará en función de la existencia de emplazamientos humanos.

### **2.1.4 Clasificación e Impacto**

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

- Tsunamis locales: Si el lugar de arribo en la costa está cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del tsunami, o a

menos de una hora de tiempo de viaje desde su origen. En estos casos, las ondas de tsunami llegan a las costas a los pocos minutos después del sismo.

- Tsunamis regionales: Si el lugar de arribo en la costa está a no más de 1.000 km de distancia de la zona de generación, o a pocas horas de tiempo de viaje desde esa zona.
- Tsunamis lejanos: Si el lugar de arribo está en costas extremo-opuestas a través del Océano Pacífico, a más de 1.000 Km de distancia de la zona de generación, y a aproximadamente medio día o más de tiempo de viaje del tsunami desde esa zona. En estos casos el tsunami puede demorar entre 3 y 22 horas en llegar a la costa.

Durante las exploraciones del terreno posteriores a un tsunami, se miden la inundación y el runup para describir los efectos del tsunami.

La inundación se refiere a la distancia horizontal máxima hasta donde el tsunami penetra tierra adentro. El runup es la altura vertical máxima que alcanza la superficie del mar, sobre el nivel medio, esta amplitud puede ser medida por los mareógrafos.

Wiegel en 1970, combinó las escalas de impacto de un tsunami, propuestas por Inamura (1949) y Lida (1963). Los grados son de 0 a 4, donde el menor implica altura de la ola de 1 a 2 mts., cota máxima de inundabilidad de 1 a 1.5 mts y no produce daños. El mayor grado implica altura de la ola mayor a 30 mts. Con una cota máxima de inundación de 16 a 24 cm y daños extendidos de más de 500 km en el litoral costero.

**Tabla 1.** Escala de grados de Tsunami según Inamura y Lida, transcrita por Wiegel

<b>GRADO</b> mag = m	<b>ALTURA</b> de ola H en metros	<b>COTA</b> inundación R máxima en metros	<b>DESCRIPCION</b> de los daños
0	1 - 2	1 - 1.5	No produce daños.
1	2 - 5	2 - 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 - 10	4 - 6	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 - 20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400 kms. de la costa.
4	>30	16 - 24	Daños extendidos sobre más de 500 kms. a lo largo de la línea costera.

Altura de la ola, corresponde a la diferencia de nivel entre cresta y valle.

Cota máxima de inundación R: es el lugar de la costa donde los efectos del tsunami son máximos.

La fuerza destructiva del tsunami en áreas costeras, depende de la combinación de los siguientes factores:

- Magnitud del fenómeno que lo induce. En el caso de ser un sismo submarino se debe considerar la magnitud y profundidad de su foco.



- Influencia de la topografía submarina en la propagación del tsunami.
- Distancia a la costa desde el punto donde ocurrió el fenómeno (epicentro).
- Configuración de la línea de costa.
- Influencia de la orientación del eje de una bahía respecto al epicentro (características direccionales).
- Presencia o ausencia de corales o rompeolas, y el estado de la marea al tiempo de la llegada del tsunami.
- Influencia de la topografía en superficie, incluye pendientes y grado de rugosidad derivado de construcciones, arboles y otros obstáculos en tierra.

Los efectos de un tsunami son diferentes dependiendo de la duración del período. Con corto período (entre la ocurrencia del sismo y la presencia del tsunami), la ola llega a tierra con una fuerte corriente, y con período largo, se produce una inundación lenta, con poca corriente. Por otra parte, mientras mayor sea la altura de la ola, mayor es la energía acumulada; por lo tanto, y dependiendo de la pendiente y morfología del terreno, mayor será la extensión de las áreas inundadas.

Al respecto, estudios japoneses han determinado que mientras menor es la pendiente de la ola (razón entre la altura y la longitud de onda) mayor será la altura máxima de inundación.

Por otra parte, las variaciones en las formas y las pendientes de la batimetría submarina cercana a la línea de costa, influye directamente en el potencial de energía del tsunami, ocurriendo una amplificación o atenuación de las ondas.

La topografía de las tierras emergidas influye directamente en la penetración del tsunami en superficie. Cuando la pendiente es relativamente fuerte la extensión de la zona inundada no es significativa, en cambio, cuando el terreno es plano o con escasa pendiente, la penetración puede abarcar kilómetros tierras adentro.

### **2.1.5 Tsunamis en Colombia**

En Colombia la zona más vulnerable a la ocurrencia de este fenómeno es el sur de la costa Pacífica; inicialmente, porque está sobre la zona de subducción de la placa de Cocos y en segundo lugar porque es una parte relativamente baja en la que, la plataforma continental se extiende hasta bien adentro del océano.

El 12 de diciembre de 1979, un Tsunami afectó a la población del municipio de Tumaco, Nariño, causando grandes destrozos en la población de El Charco; también se tiene conocimiento de eventos de esta magnitud en Tumaco en 1906, 1958 y 1979. En 1906 el municipio fue arrasado por la fuerza del agua y en 1979 la ciudad se vio beneficiada por la naturaleza, debido a la presencia de una pequeña isla conformada por sedimentos frente a sus costas, la Isla El Guano, que mitigó y dispersó la mayor parte de la energía de las grandes olas. En la actualidad estas islas han desaparecido, aumentando el grado de exposición de la población ante un posible tsunami.

## 2.1.6 Quiénes monitorean el Fenómeno

Existen varios Centros de Seguimiento de este fenómeno en el Pacífico. En el Centro de Alarma de Tsunami del Pacífico Richard Hagemeyer (PTWC) y el Centro Operativo del Sistema de Alarma de Tsunamis en el Pacífico (TWSP), se revisan constantemente las estaciones sismológicas y de nivel del mar a través de toda la Cuenca, se evalúan los sismos potencialmente tsunamigénicos y se monitorean las ondas de tsunami. Este centro está localizado cerca de Honolulu en Hawaii y de allí se emiten las señales de alerta a las autoridades nacionales a lo largo de toda la cuenca.

En Colombia el tema es manejado por el Comité Técnico Nacional de Alerta por Tsunami, conformado por entidades como la DIMAR, la CCO, el CCCP, DNP, IGAC, INGEOMINAS, IDEAM, la corporación OSSO entre otras, quienes plantean políticas para definir planes de gestión del riesgo ante la ocurrencia de un evento de estas características en las costas colombianas, enmarcados dentro del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres.

## 2.1.7 Qué se debe hacer?

### Antes de que llegue:

- Si vive en la costa y siente un terremoto lo suficientemente fuerte para agrietar muros, es posible que dentro de los veinte minutos siguientes pueda producirse un maremoto o tsunami.
- Si es alertado de la proximidad de un maremoto o tsunami, sitúese en una zona lo más alta posible.
- La mitad de los tsunamis se presentan, primero, como un recogimiento del mar que deja en seco grandes extensiones del fondo marino. Corra, no se detenga, aléjese a una zona elevada, el tsunami llegará con una velocidad de más de 100 Km/h.
- Si Usted se encuentra en una embarcación, diríjase rápidamente mar adentro. Un tsunami es destructivo sólo cerca de la costa. De hecho a unos 5.600 mts. mar adentro o a una altura mayor a 150 mts. sobre el nivel del mar tierra adentro Ud. puede considerarse seguro.
- Un tsunami puede tener diez o más olas destructivas en 12 horas; procure tener a mano ropa de abrigo, especialmente para los niños.
- Tenga instruida a su familia sobre la ruta de huida y lugar de reunión posterior. Procure tener aparato de radio portátil, que le permita estar informado, y pilas secas de repuesto.
- Hay que proteger a los niños, personas mayores y enfermos, ya que son los que tienen menos capacidad para correr, trepar o detenerse de algún objeto.
- Tenga siempre a la mano sus papeles personales o importantes, colóquelos en una bolsa de plástico, con asas, que los proteja del agua y pueda cargar sin ocupar las manos y tenga una copia en casa de algún familiar o conocido de su confianza.
- Póngase de acuerdo con sus familiares en algún sitio de reunión específico y avise siempre a alguien en dónde se encuentra y a dónde va a ir.

## Durante el tsunami:

- Corra hacia lugares alejados de la costa o sitios altos en edificios y montañas.
- Trate de detenerse de algún mueble pesado, tronco de árbol, puerta o trozo de madera.
- Tenga siempre presente que un tsunami puede penetrar por ríos, quebradas o marismas, varios kilómetros tierra adentro, por lo tanto hay que alejarse de éstos.

## Después del tsunami:

- Mantenga la calma en lo posible.
- Trate de localizar a sus familiares y quédese con ellos.
- Atienda todas las instrucciones que reciba de las autoridades competentes.
- No tome agua, a menos que tenga la seguridad de que está limpia y es potable.
- En caso de poder hacerlo, quite y cambie la ropa mojada. Trate de mantenerse seco lo más que pueda, para evitar el desarrollo de hongos y otras enfermedades de la piel.
- Si puede ayudar a despejar y arreglar algún lugar, hágalo coordinadamente con las personas de la protección civil.
- Si sabe cómo hacerlo ayude al rescate y aplique primeros auxilios a las personas que lo necesitan. Ayúdelas a colocarse en sitios menos peligrosos, solamente en caso de que puedan moverse sin mayor peligro.
- En caso de llegar ayuda de la Cruz Roja y otras instituciones, respete lo que se le puede dar a cada familia.

## 2.2 AUMENTO CRÍTICO DEL NIVEL DEL MAR POR EFECTOS METEOROLÓGICOS

Las variaciones del nivel del mar que pueden tener lugar en un sitio determinado se asocian con las condiciones meteorológicas existentes, ya que estas pueden modificar la altura del mar positiva o negativamente. Normalmente, las fluctuaciones del viento a corto plazo, del orden de horas, no afectan la elevación del nivel del mar, pero si los vientos soplan en la misma dirección durante un período considerable (un día o más) pueden provocar cambios significativos en el nivel. Estas variaciones pueden dar origen a inundaciones costeras, como en el caso de los huracanes, mar de leva, entre otros.

La presión y el viento son los dos elementos que entran en juego a la hora de generar ascensos del nivel del mar, estos efectos son más dañinos en los mares poco profundos o zonas costeras rodeadas por aguas someras.

Adicionalmente, la presión atmosférica induce alteraciones en el nivel del mar ya que el aire pesa y dicho peso genera cambios invertidos a sus variaciones. Cuando la presión aumenta, el nivel del mar disminuye y viceversa, en ocasiones la presencia de vientos suele enmascarar el efecto de la presión.

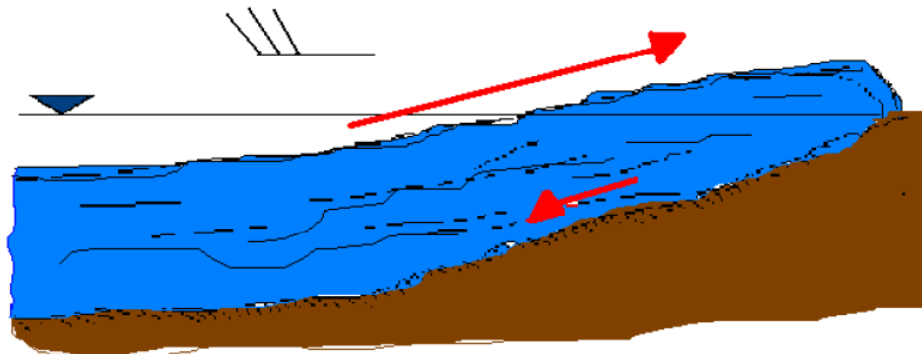
Cuando el aire sopla de forma intensa, persistente y constante en amplias zonas marinas poco profundas, la fricción del viento contra la superficie marina produce un significativo desplazamiento de las aguas oceánicas, ese transporte de agua puede ser crítico en situaciones de *tormentas tropicales* intensas y activas. En este caso, la variación del nivel

originada por efectos meteorológicos se denomina "storm surge" o *marejada ciclónica*. Las mayores ondas de tormenta se producen en mares con una amplia plataforma continental y por lo tanto, una extensa región de aguas someras o poco profundas.

Las ondas de tormenta pueden ser positivas (sobreelevación de la superficie del mar) o negativas (depresión de dicha superficie), siendo las primeras de mayor amplitud, frecuencia y mayor afectación. Si una onda positiva coincide con una marea viva (*sicigia*) pueden producirse importantes inundaciones en las zonas costeras.

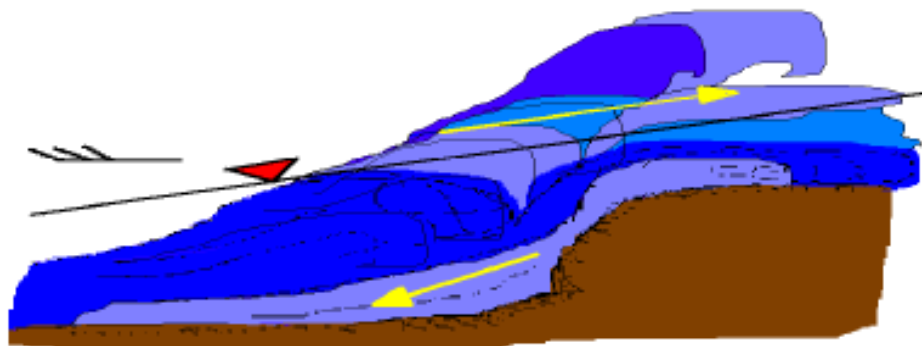
La sobreelevación puede producirse por arrastre del viento (wind set up), favorecida por las costas de pendiente muy suave acompañadas por una amplia plataforma de fondo casi plano (Región Caribe). La acumulación se produce cuando la velocidad del movimiento generado por el viento en superficie es tal, que se rompe el equilibrio habitual de desagüe por la corriente de fondo.

El avance de la masa de agua se prolonga tierra adentro y solo comienza a amortiguarse cuando disminuye la velocidad del viento. Puede aparecer con velocidades del viento relativamente bajas.



**Fig 4.** Sobreelevación del nivel del mar por arrastre del viento (*wind set up*).

La acumulación de agua por rompiente de oleaje (*wave set up*) es favorecida por las costas acantiladas, de pendientes abruptas. Después de amplificarse por efecto de fondo, las olas rompen en la franja costera y se vuelcan hacia la orilla. El retorno se produce por el efecto de cascada de la corriente de fondo, pero a veces este equilibrio desaparece porque la corriente superficial es mucho más rápida, debido a que el oleaje fue generado por vientos de tormenta. La inundación cesa cuando el oleaje se amortigua.



**Fig 5.** Sobreelevación del nivel del mar por rompiente de oleaje (*wave set up*).

La sobreelevación puede ser generada por mar de viento, mar de leva o ambas a la vez.

### 2.2.1 Mar de viento, mar de leva, mar de fondo o mar tendida

El *mar de viento* hace referencia al oleaje producido por la acción del viento que incide sobre la misma extensión marina en la cual sopla, ésta extensión marina recibe el nombre de "zona generadora".

El aspecto del mar de viento se caracteriza por la presencia de olas más bien agudas y de longitud de onda generalmente corta o moderada. La altura del oleaje es irregular. El viento que sopla contrario a la marea, causa un oleaje mayor.



**Fig 6.** Oleaje característico del mar de viento.

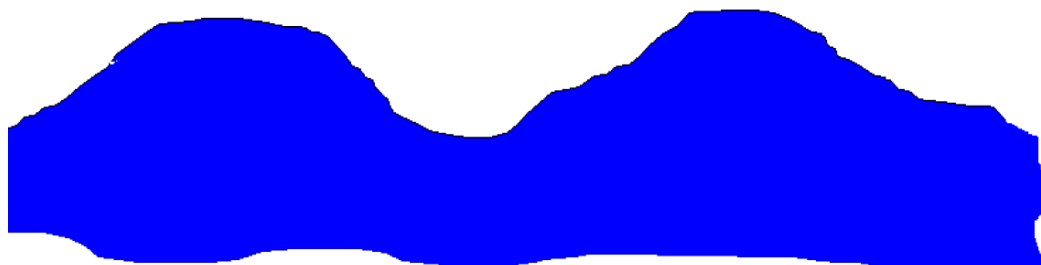
Para determinar la altura significativa del mar de viento se utiliza la Escala Douglas:

**Tabla 2.** Escala Douglas para caracterizar la altura del mar de viento

Grado	Nombre	Altura m.
0	Calma	0
1	Rizada	0 a 1
2	Marejadilla	0.1 a 0.5
3	Marejada	0.5 a 1.25
4	Fuerte Marejada	1.25 a 2.5
5	Mar Gruesa	2.5 a 4
6	Mar muy gruesa	4 a 6
7	Arbolada	6 a 9
8	Montañosa	9 a 14
9	Enorme	Más de 14

El *mar de leva* se refiere a un sistema de olas que se transporta lejos de la zona donde fueron generadas. Se llama también *mar tendida* por su aspecto regular, la longitud de la onda es superior a su altura y muestra crestas redondeadas que no rompen en alta mar, sino que lo hacen al llegar a tierra, por no estar influenciadas por el viento local.

Puede presentarse *mar de leva* de 2 metros, con velocidad del viento 0 m/s. Normalmente es producido por el reducto de un temporal pasado o de una zona muy alejada. A un lugar puede llegar *mar de fondo* desde lugares distantes de donde sopla el viento. En ocasiones, puede llegar la *mar de fondo* originada por una perturbación ciclónica mucho antes de que llegue la borrasca.



*Fig 7. Oleaje Característico del mar de fondo.*

### **2.2.2 Quienes monitorean el fenómeno y qué se debe hacer?**

El IDEAM, a través de su Oficina de Servicio de Pronósticos y Alertas, publica diariamente en su página web, las condiciones de viento y oleaje para las zonas marítimas del país. Además emite un boletín de Alertas, en caso de que las condiciones meteorológicas lo ameriten.

Esta información puede ser complementada con los anuncios emitidos por las Capitanías de Puerto ubicadas a lo largo de la costa, quienes autorizan o no el zarpe de las embarcaciones, ya que este tipo de amenaza dificulta la navegabilidad de embarcaciones menores y mayores, hacia mar abierto y hacia los territorios insulares. Además puede producir el cierre total o parcial de playas, tanto para balneario como para la práctica de deportes acuáticos, que pueden resultar peligrosos para la población. Se recomienda seguir las recomendaciones de las autoridades competentes.

## 2.2.2 Ciclones Tropicales

Los ciclones tropicales son los sistemas atmosféricos más peligrosos de los trópicos, son un mecanismo de la atmósfera para liberar calor excesivo. Los mayores riesgos están representados por vientos intensos, marejada ciclónica, olas gigantes impulsadas por el viento, lluvias fuertes e inundaciones, tornados y rayos, entre otros.

En general se denomina ciclón tropical a las tormentas tropicales ocurridas en cualquier parte del mundo, que se caracterizan por *no presentar frentes, desarrollarse en aguas del trópico y mostrar una circulación organizada en superficie en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte.*

Las condiciones propicias para que se forme un huracán tienen que ver fundamentalmente con la temperatura, la humedad y el viento. Debe presentarse un disturbio inicial, normalmente entre latitudes de 5 a 35° N para el hemisferio norte:

Además deben presentarse condiciones cálidas en las aguas oceánicas, es decir con Temperaturas por encima de los 26-27° C, que favorezcan la generación de humedad, por evaporación y debe existir un patrón de viento que facilite la convección o el ascenso de las masas de aire: Débil cizalladura vertical, es decir sin cambios bruscos en la velocidad horizontal del viento con la altura y vientos débiles en las capas altas de la atmósfera.

Los cambios en las condiciones meteorológicas, producen respuestas en el océano, como la sobre-elevación del nivel del mar, fuerte oleaje, cambios en el sistema de circulación de las aguas e intensa entrega de calor sensible y latente.

### 2.2.2.1 Fases de los Ciclones Tropicales

Los ciclones tropicales pasan por una serie de etapas desde su formación hasta su disipación:

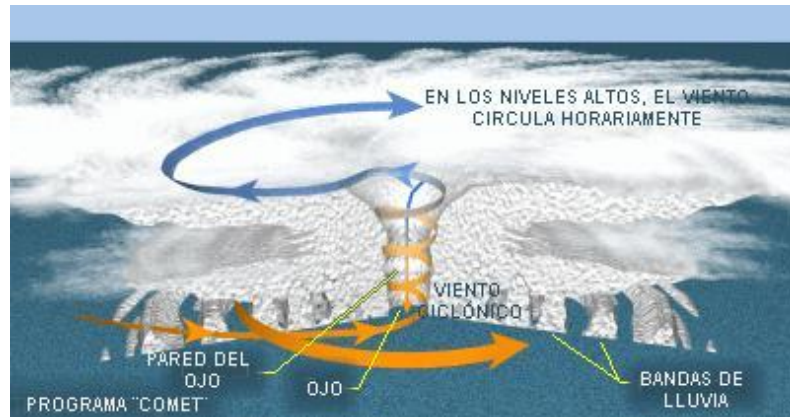
Inician con una *Perturbación Tropical*, que cubre una gran área y se mantiene por más de 24 horas.

Esta área de perturbaciones o tormentas eléctricas se organizan desarrollando una rotación definida y con vientos fuertes, hasta convertirse en una *Depresión Tropical*, es decir que existe un centro de baja presión y hay al menos una isobara cerrada.

Si los vientos continúan aumentando su velocidad hasta alcanzar los 63 Km/h (34 nudos), se transforma en *Tormenta Tropical* y se le asigna un nombre, de acuerdo con una lista establecida por la OMM. En esta etapa ya hay varias isobaras cerradas en la superficie. La presión mínima cae rápidamente por debajo de los 1000 hPa y al menos en una zona dentro del sistema se alcanza la fuerza de un huracán.

La tormenta se vuelve más organizada y la circulación alrededor del centro de la tormenta se intensifica. A medida que las presiones superficiales continúan descendiendo, la tormenta se convierte en *Huracán*, con vientos que alcanzan una velocidad de 118 Km/h (64 nudos), se desarrolla un ojo con un tope o pared del ojo de unos 15 Km. de altura, que corresponde a la menor presión atmosférica cerca del centro de la tormenta, con espirales girando a su alrededor (Fig. 1).

En la etapa de madurez del huracán, la presión central superficial deja de bajar y el viento máximo aumenta, la circulación se expande. Esta etapa puede durar hasta una semana si permanece sobre el océano. El radio de los vientos huracanados puede extenderse hasta los 300 a 350 Kms, normalmente tienen una extensión de 32 a 48 Km. Se pierde la simetría y la zona de mal tiempo se extiende más a la derecha que a la izquierda de la tormenta en el sentido de la trayectoria.



**Fig 8.** Fases de desarrollo de un huracán.

En la etapa final, el huracán comienza a debilitarse, al entrar en la franja de los oestes de las latitudes extratropicales, en términos generales, se considera que el ciclón tropical en su movimiento hacia el polo, producirá la disipación gradual del sistema al perder su fuente de energía a medida que interactúe con el ambiente hostil de fuerte cizalladura y las aguas más frías (o tierra firme) que encuentra en las latitudes medias, en esta etapa el ciclón tropical disminuye de categoría nuevamente a Tormenta Tropical y luego a Depresión Tropical. Si esto no ocurre, se produce una *transición extratropical*, que es el proceso por el cual un ciclón tropical se convierte en un ciclón extratropical, lo que puede intensificar el fenómeno y transformarse en una tormenta de latitudes medias.

### 2.2.2.2 Clasificación

El sistema de clasificación de los ciclones tropicales, fue propuesto a finales de la década de 1960 por Herb Saffir y Robert Simpson, tomando en cuenta los daños observados tras un ciclón tropical del Atlántico Norte con los vientos máximos en la superficie o la presión mínima en la superficie (para medir la intensidad) y la marejada ciclónica en las zonas costeras vulnerables.

Cuando se incluye una indicación de los daños relacionados, se refiere a los daños que se pueden esperar en la zona de vientos máximos. Los daños varían de un lugar a otro de acuerdo con la distancia de la zona de vientos máximos, la medida en que el lugar está expuesto, (si está o no está protegido), los estándares de construcción, el tipo de vegetación, las inundaciones y la acción de las olas resultantes. La marejada ciclónica, la marea o la acción de las olas no se incluyen de forma explícita en la tabla.

La escala Saffir-Simpson relaciona los daños observados con las características del viento, la presión y la marejada ciclónica que podían provocarlos. Las categorías de huracán se relacionan con los vientos máximos sostenidos (promedio de 1 minuto medido a 10 metros de altura sobre el suelo) y la presión central mínima.



**Tabla 3. Escala Saffir-Simpson de la intensidad de un huracán**

Categoría Saffir-Simpson	Velocidad máxima sostenida del viento ( $V_{max}$ ; promedio de 1 minuto)		Presión central mínima ( $P_{min}$ )
	m/s	Km/h	hPa
1	33-42	119-153	>980
2	43-49	154-177	979-965
3	50-58	178-209	964-975
4	59-69	210-249	944-920
5	>70	>250	<920

Daños anticipados para las categorías de huracanes Saffir-Simpson:

**Tabla 4. Categorización del impacto de un huracán**

Categoría	Daños Anticipados	Descripción de los daños típicos anticipados
1	Mínimos	Sufren daños principalmente la vegetación y las casas no ancladas al suelo. Las demás estructuras realmente no se dañan.
2	Moderados	Daños graves en las casas móviles expuestas. Aunque los edificios no sufren daños graves, pueden quedar levemente dañados los techos, las ventanas y las puertas. Daños considerables en la vegetación; el viento tumba algunos árboles.
3	Extensos	Destrucción de la mayoría de las casas móviles. Algunos daños estructurales en los edificios pequeños. Algunos daños en techos, ventanas y puertas. El viento tumba árboles grandes y destroza la vegetación. Puede resultar necesario evacuar las casas en zonas de tierras bajas cerca de la costa.
4	Extremos	Destrucción total de las casas móviles. Daños más extensos a los techos, las ventanas y las puertas, destrucción total de la estructura del techo de algunas casas pequeñas. Daños extensos a la vegetación. Erosión importante de las playas. Puede resultar necesario evacuar todas las residencias dentro de 500 metros de la costa y las residencias de un piso dentro de 3 km de la costa.
5	Catastróficos	Destrucción total de algunos edificios. El viento se lleva algunos edificios pequeños. Destrucción total de las casas móviles. Daños considerables en los techos de los edificios y destrucción total de la estructura de

		<p>muchos techos.  Daños muy graves y extensos en las ventanas y las puertas.  Extensa rotura de vidrios en puertas y ventanas.  Vegetación diezmada. Es probable que resulte necesario evacuar las casas en zonas de tierras bajas entre 10 y 15 km de la costa.</p>
--	--	---

### **2.2.2.3 Características**

Los ciclones tropicales no se forman muy cerca del ecuador y nunca cruzan el Ecuador. El Pacífico norte occidental es la región de ciclones tropicales más activa. También es la región donde ocurre el mayor número de ciclones tropicales intensos.

Los ciclones tropicales del hemisferio sur suelen ser más débiles que los que se forman en las cuencas del Pacífico norte y del Atlántico.

La evolución de los ciclones tropicales se vigila en casi todos los países que pueden verse afectados por dichos sistemas. La OMM ha asignado las responsabilidades de pronóstico a nivel regional a determinados centros de predicción oficiales. Aunque la OMM emplea una definición estándar de la intensidad de los ciclones tropicales (velocidad media del viento en 10 minutos a una altura de 10 metros), muchos países han desarrollado su propio sistema para medir la intensidad.

La idea de asignar nombres individuales a los ciclones tropicales surgió en el siglo XIX, cuando comenzaron a usarse las letras del alfabeto griego para designarlos. Más tarde se utilizaron los nombres correspondiente al alfabeto militar. En la década de 1960, la OMM estableció una convención de asignación de nombres relevantes a nivel regional a los ciclones tropicales de las diversas cuencas oceánicas. Aunque las primeras listas sólo incluían nombres de mujeres, para la década de 1970 se ampliaron para incluir nombres masculinos y femeninos, así como para abarcar los idiomas de todos los países afectados por dichas tormentas.

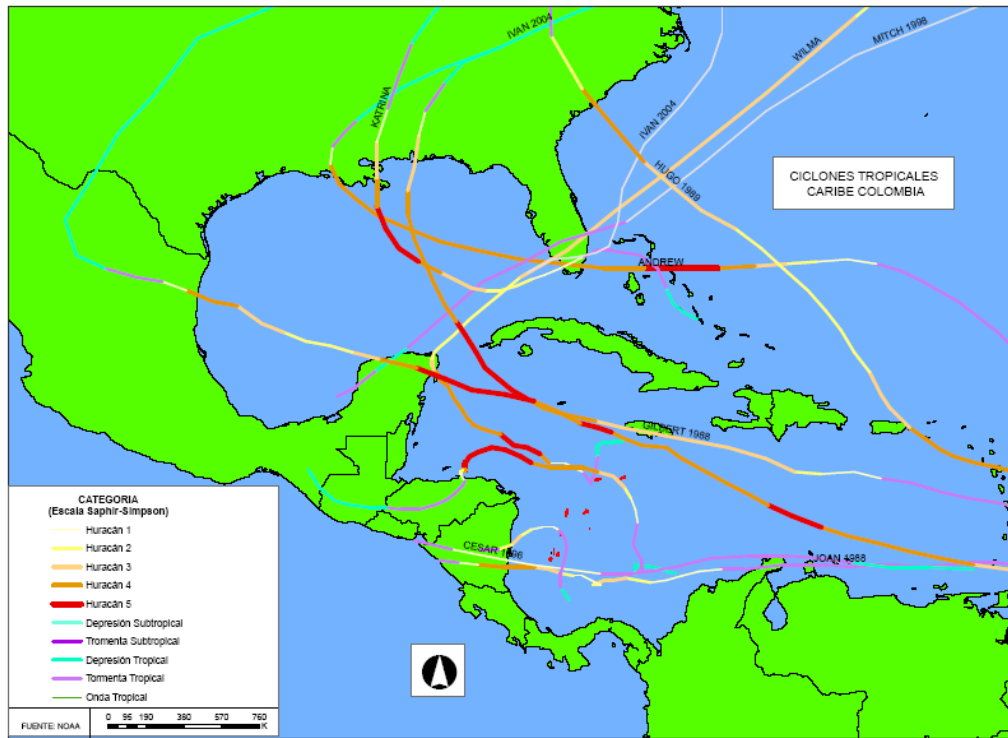
A pesar que eventualmente se presentan entre los meses de diciembre y mayo, oficialmente la temporada de huracanes en el Atlántico, Golfo de México y Mar Caribe es entre el 1 de junio y el 30 de noviembre. Los registros muestran que en estas cuencas el 2% de los ciclones tropicales, tipo tormenta o huracán se han presentado fuera de la temporada oficial. En el periodo de agosto a octubre se han presentado el 80% de los casos de tormentas y huracanes y el 94% de huracanes intensos (categorías 3, 4 y 5), caracterizándose el mes de septiembre por ser el mes con la mayor ocurrencia de casos de tormentas tropicales (34%), de huracanes (39%) y de huracanes intensos (categorías 3, 4 y 5) 49%.

### **2.2.2.4 Ciclones Tropicales en Colombia**

De acuerdo con las investigaciones del IDEAM (León, 2007), se encontró que para el área marítima de Colombia y zonas de influencia, con base en datos históricos entre 1951 y 2005, la zona tuvo el paso de 465 ciclones tropicales, de los cuales el 10% correspondieron a Depresiones Tropicales, el 48% a Tormentas Tropicales y el 42% a Huracanes, de éstos el

73% fueron de categoría 1 y 2 y solo el 5% fueron de la máxima y destructora categoría 5, según la escala Saphir-Simpson.

Los análisis de León, muestran una tendencia creciente en la frecuencia de Ciclones Tropicales que atraviesan por la zona marítima colombiana y zonas aledañas, pasando de una frecuencia promedio de 1.7 en el periodo 1851-1881 a una frecuencia promedio de 3.4 entre 1976-2005.



**Fig. 9.** Ciclones tropicales que han pasado cerca a la zona insular del país.

En el año 2007 se presentaron 15 ciclones tropicales de los cuales 6 llegaron a ser huracanes y solo 2 de ellos de categoría 5. El Dean cruzó el Caribe entre el 17 y 21 de agosto de 2007 variando de categoría 4 a 5, en el curso de este trayecto una de sus ramas espirales afectó el norte de la península de La Guajira, desde la tarde del 18 y hasta la madrugada del día 19 de agosto y el archipiélago de San Andrés y Providencia el día 20. El huracán que pasó más cercano a Colombia fue el Félix que franqueó los cayos de Serrana y Quitasueño el 3 y 4 de septiembre de 2007 produciendo un incremento significativo en las lluvias.

### 2.2.2.5 Quiénes monitorean el fenómeno

A mediados de la década de 1950 se desarrolló un sistema coordinado de seguimiento de los huracanes y a lo largo de los años se han hecho mejoras periódicas. Radars, dispositivos de registro marinos, satélites meteorológicos geosíncronos (desde 1966) y otros instrumentos suministran datos que permiten el seguimiento de los movimientos de cada tormenta casi desde su formación. La mejora de los sistemas de predicción e información ha permitido reducir al mínimo la pérdida de vidas, pero los daños materiales siguen siendo grandes, en las regiones costeras.

Con el desarrollo de la tecnología y sobre todo luego del lanzamiento de los primeros satélites meteorológicos en la década de los años 60, esta ciencia alcanzó un gran impulso para la vigilancia efectiva de eventos extremos del tiempo como los Ciclones Tropicales, pudiendo detectar a través de las imágenes de satélite el estado actual (en tiempo real) de la atmósfera, el lugar exacto en donde se localiza dicho fenómeno, así como su fase de desarrollo, así como su intensidad, observado por medio de la estructura de su nubosidad. Esta herramienta junto con las cartas y radares meteorológicos permiten realizar una vigilancia efectiva de los huracanes.

La Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOOA), a través del Centro Nacional de Huracanes (CNH-Miami, Florida), se encarga de pronosticar la intensidad y la posible trayectoria de los ciclones tropicales. Esta entidad da a conocer el desarrollo del fenómeno desde su formación y emite los avisos de huracanes para la Asociación Regional IV (AR-IV) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que comprende Norte y Centro América, el Atlántico y el Mar Caribe hasta las aguas territoriales de cada país.

La OMM es otra organización encargada de facilitar información. El CNH tiene como responsabilidad la cobertura de los huracanes de la AR-IV, pero no hace seguimiento a los mismos ni a las tormentas tropicales una vez éstas entran en tierra firme de cada uno de los países que conforman la AR-IV. En Colombia el IDEAM es el encargado de monitorear el comportamiento de los ciclones tropicales que incidan directa o indirectamente sobre las condiciones atmosféricas del país especialmente en las zonas insulares y costeras.

La temporada de huracanes en el Atlántico, donde se podría producir una posible afectación en el país, comienza el primero de junio y se extiende hasta el 30 de noviembre.

### **2.2.2.6 Qué se debe hacer?**

#### **Antes de que ocurra**

Acuda a la unidad de protección civil o autoridades locales para saber:

- Si la zona en la que vive está sujeta a este riesgo.
- Qué lugares servirán de albergues (refugios).
- Por cuál medio recibirá los mensajes de emergencia.
- Cómo podrá integrarse a las brigadas de auxilio, si quiere ayudar.
- Si es necesario informar, con cuántas personas vive y si hay enfermos o discapacitados

Hable con sus familiares y amigos para organizar un Plan de Protección Civil, tomando en cuenta las siguientes medidas:

- Si su casa es frágil, tenga previsto un refugio (escuela, iglesia, edificio gubernamental).
- Realice las reparaciones en techos, ventanas y paredes para evitar daños mayores.
- Guarde fertilizantes e insecticidas en lugares a prueba de agua, ya que en contacto con ella, la contaminan.
- Procure un lugar para proteger a sus animales y equipo de trabajo.
- Prevea el transporte en caso de tener familiares enfermos o de edad avanzada.

Tenga a la mano los siguientes artículos en caso de emergencia:

- Botiquín e instructivo de primeros auxilios (solicite orientación en su Centro de Salud).
- Radio y linterna(s) de baterías con los repuestos necesarios.

- Agua hervida en envases con tapa.
- Alimentos enlatados (atún, sardinas, frijoles, leche) y otros que no requieran refrigeración.
- Flotadores (como tubos de goma o salvavidas).
- Sus documentos importantes (actas de nacimiento, matrimonio, cartillas, títulos, etcétera), guardados en fundas plásticas y dentro de una mochila que le deje libre las manos.

## **Durante el huracán**

- Conserve la calma y tranquilice a sus familiares. Una persona alterada puede cometer muchos errores.
- Continúe escuchando su radio de pilas para obtener información o instrucciones acerca del huracán.
- Desconecte todos sus aparatos y el interruptor de energía eléctrica.
- Cierre las llaves del gas y del agua.
- Manténgase alejado de puertas y ventanas.
- No prenda velas ni lámparas de queroseno; use lámparas de pilas.
- Atienda a los niños, ancianos y enfermos que estén con usted.
- Si el viento abre una puerta o ventana, no avance hacia ella en forma frontal.
- Vigile constantemente el nivel del agua cercana a su casa.
- No salga hasta que las autoridades indiquen que ya pasó el peligro

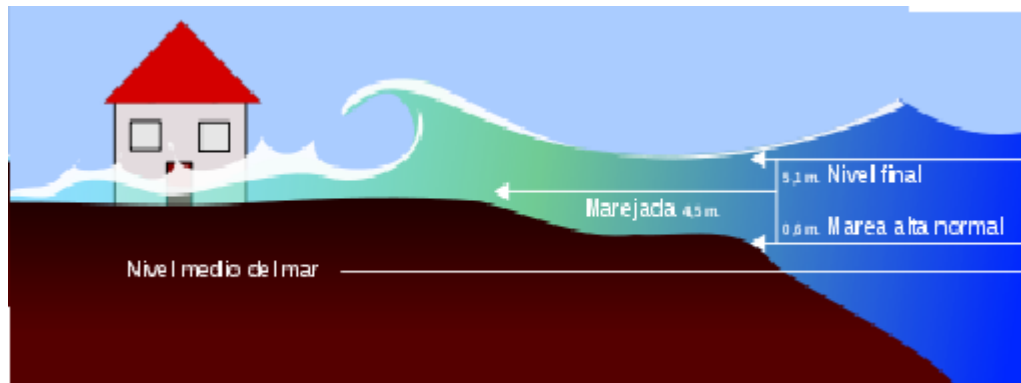
## **Después del huracán**

- Conserve la calma.
- Siga las instrucciones emitidas por radio u otro medio de comunicación.
- Reporte inmediatamente los heridos a los servicios de emergencia.
- Cuide que sus alimentos estén limpios; no coma nada crudo ni de procedencia dudosa.
- Beba el agua potable que almacenó o hierva la que va a tomar.
- Use los zapatos más cerrados que tenga.
- Limpie cuidadosamente cualquier derrame de medicinas, sustancias tóxicas o inflamables.
- Revise cuidadosamente su casa para cerciorarse de que no hay peligro. Si su casa no sufrió daños, permanezca ahí.
- Mantenga desconectados el gas, la luz y el agua hasta asegurarse de que no hay fugas ni peligro de corto circuito.
- Cerciórese de que sus aparatos eléctricos estén secos antes de conectarlos.
- No divulgue ni haga caso de rumores.
- Use el teléfono sólo para casos de emergencias.
- Colabore con sus vecinos para reparar los daños.
- En caso necesario, solicite ayuda al grupo de auxilio o autoridades más cercanas.
- Si su vivienda está en la zona afectada, no deberá regresar a ella hasta que las autoridades lo indiquen.
- Desaloje el agua estancada para evitar plagas de mosquitos.

### 2.2.3 Marejadas ciclónicas

A nivel mundial, la marejada ciclónica es el peligro directo de los ciclones tropicales que provoca más pérdidas de vidas, pero también puede ser producto de tormentas menos potentes. La marejada ciclónica es la acumulación de un gran domo o cúpula de agua de 75 a 150 km de anchura que invade la costa cerca del lugar donde el huracán llega a tierra. Es producida principalmente por los vientos en altura, empujando la superficie oceánica. En su punto de máxima profundidad puede medir hasta 5 metros.

La marejada ciclónica es producto de las olas impulsadas por el viento combinadas con un leve componente producto de la baja presión del centro del ciclón.



**Fig 10.** Inundación producida por una marejada ciclónica.

Si bien las olas pueden ser relativamente bajas en alta mar, su altura aumenta a medida que se aproximan al litoral. La marejada ciclónica es capaz de mover estructuras y el suelo de la costa varios kilómetros tierra adentro. La pleamar intensifica el efecto de la marejada ciclónica.

El área costera más peligrosa durante una marejada ciclónica es a lo largo de costas con elevación baja, las cuales permiten que el agua penetre tierra adentro o a través de bahías, lagos y ríos. El área típica afectada por la marejada es de aproximadamente 50 a 100 millas.

La marejada ciclónica se mide restando la elevación de la marea astronómica "normal" de la elevación total observada. Suele tener una duración de pocas horas. Debido a que las olas generadas por el viento se desplazan arriba de la marejada, la elevación instantánea total puede exceder en gran medida la marejada ciclónica pronosticada más la marea astronómica. Tiene el potencial de ser catastrófica, especialmente en zonas costeras bajas con topografía levemente inclinada costa afuera.

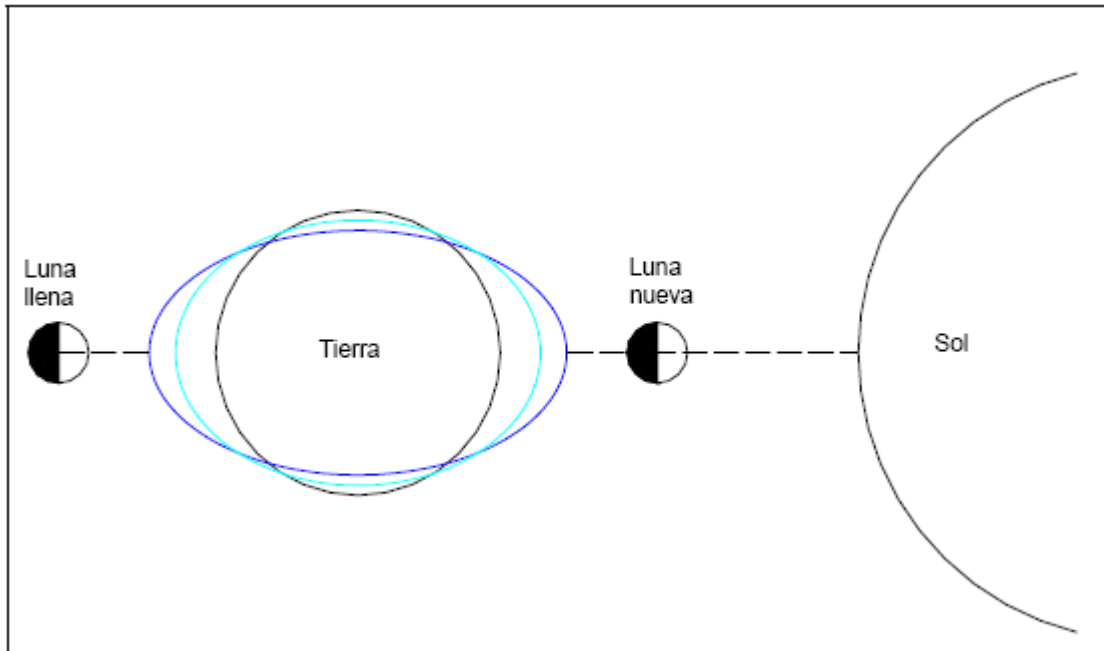
### 2.2.4 Las Mareas

Las mareas constituyen una fuente de sobreelevación del nivel del mar en el plano vertical, ya que en su fase de flujo, favorecen la acumulación de agua hacia la costa.

La marea astronómica, hace referencia al ascenso y descenso periódico de todas las aguas oceánicas, incluyendo las de mar abierto, golfos y bahías mediante movimientos periódicos originados por la fuerza de atracción gravitatoria de la Luna y el Sol sobre el agua y la Tierra; fuerza que provoca una oscilación rítmica y/o cíclica debida a la órbita de la tierra alrededor del

Sol y de la Luna alrededor de la Tierra, lo que permite generar elevaciones máximas del agua del mar (pleamares) y descensos de la misma (bajamares).

La relación entre las mareas y las fases de la luna, se resume en la alineación de los tres astros; cuando esto ocurre, en intervalos de dos semanas, en luna nueva o luna llena, la atracción es mayor dando origen a las mareas vivas o de sicigias. A su vez hay un efecto adicional, dado por la órbita de la luna alrededor de la tierra, que al no ser circular, presenta menor distancia en la época del Perigeo produciendo mayor atracción y por consiguiente una elevación de la marea. Este fenómeno se presenta cada 27.5 días que es el periodo de tiempo entre perigeos.



**Fig 11.** Formación de las mareas vivas o de sicigia.

El mayor riesgo de aumento crítico del nivel del mar, se presenta cuando se combina la marea alta, con la presencia de zonas de baja presión y vientos de gran intensidad.

#### 2.2.4.1 Quienes monitorean el fenómeno

El IDEAM cuenta con una red de mareógrafos a lo largo de las costas colombianas, con registros horarios y pronósticos de la marea astronómica, para emitir boletines de alerta por posible ocurrencia de marea alta, que combinada con vientos intensos, producen inundaciones costeras. Adicionalmente se hace una publicación anual de la cartilla de pleamares y bajamares del Caribe y el Pacífico colombianos, con los respectivos valores de nivel del mar pronosticado y su hora de ocurrencia.

### 2.2.5 El Fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación Sur)

El fenómeno El Niño es una de las fases extremas dentro del ciclo conocido como El Niño, La Niña - Oscilación del Sur (ENOS), que es la causa de la mayor señal de la variabilidad climática interanual, en la zona tropical.

El Niño es el término originalmente usado para describir la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas que lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este calentamiento de la superficie del Océano Pacífico cubre grandes extensiones y por su magnitud afecta el clima en diferentes regiones del planeta, entre ellas, el norte de Sudamérica donde está situado el territorio colombiano. Las anomalías térmicas observadas en toda la cuenca del Pacífico tienen, en promedio, una duración de doce (12) meses.

Consecuentemente con estas características cálidas oceánicas, se origina la formación de grandes masas nubosas y abundantes precipitaciones en la región. Al comienzo de la primavera del hemisferio sur, en las épocas en que ocurre El Niño, se observa un debilitamiento de los vientos Alisios, lo cual trae como consecuencia una disminución en la fuerza de arrastre del agua superficial oceánica, originándose un avance de las aguas cálidas desde Australia hasta las costas Sudamericanas. El avance de estos núcleos cálidos puede tardar entre 2 y 3 meses y son conocidos como ondas Kelvin.

Con el avance de los núcleos cálidos se trasladan también las grandes masas nubosas y las fuertes precipitaciones asociadas hacia el Pacífico central y oriental. Uno de estos núcleos se ubica, frente a las costas de Ecuador y Perú, generando volúmenes de precipitación que han llegado a superar las medias históricas, en centenares de veces. Estas variaciones son causadas por el efecto de balancín que se presenta en la presión atmosférica. Cuando la presión es alta en el sector del pacifico centro oriental, disminuye en la parte occidental y viceversa. Este efecto es conocido como la Oscilación del Sur.

Dentro de la evolución típica de un fenómeno El Niño es posible identificar las siguientes fases: inicio, desarrollo, madurez y debilitamiento.

La fase inicial es el desplazamiento de aguas cálidas desde el sector occidental del Pacífico tropical hacia la zona cercana a la línea de cambio de fecha (los 180° de longitud). No obstante, en esta etapa, otros procesos oceánicos y atmosféricos pueden revertir el proceso iniciado. Por razones que aún no han sido suficientemente esclarecidas, los fuertes vientos que soplan hacia el oeste (los vientos alisios) comienzan a debilitarse, el nivel del mar en el Pacífico Occidental alcanza su máximo, y el nivel del mar a lo largo de la costa occidental de Sudamérica alcanza su mínimo para este ciclo. Con el debilitamiento de los vientos de superficie que soplan hacia el oeste, la surgencia ecuatorial costera comienza a reducirse y las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental comienzan a elevarse.

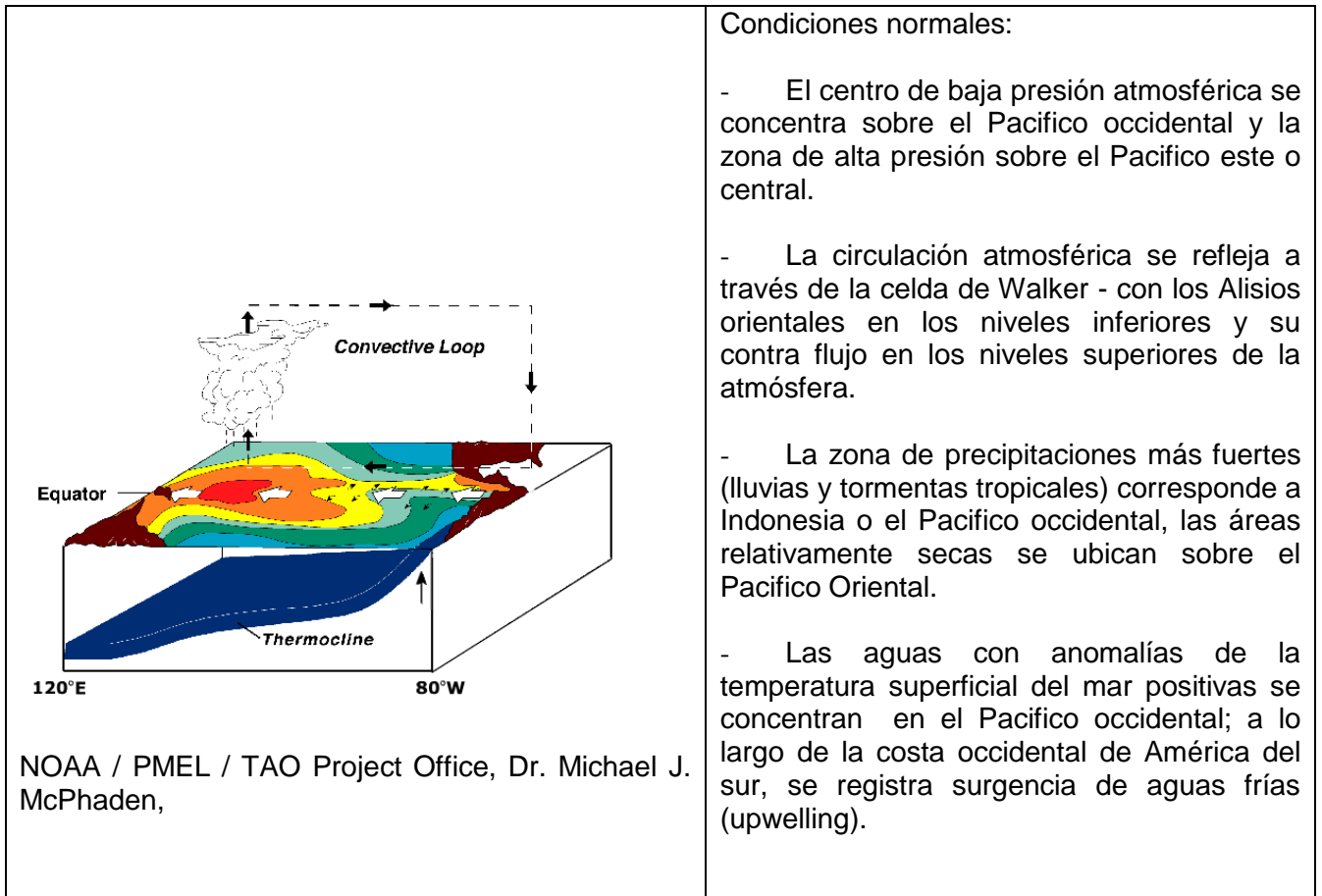
En la fase de desarrollo continúa el desplazamiento de las aguas cálidas hacia el Oriente a través del Pacífico tropical. En la fase de madurez es posible encontrar el máximo calentamiento de la superficie del mar en el sector oriental del Pacífico tropical frente a las costas de Perú, Ecuador y Colombia. Finalmente, en la fase de debilitamiento se presenta la disminución del calentamiento de las aguas del Pacífico tropical oriental hasta llegar a condiciones cercanas a las normales.

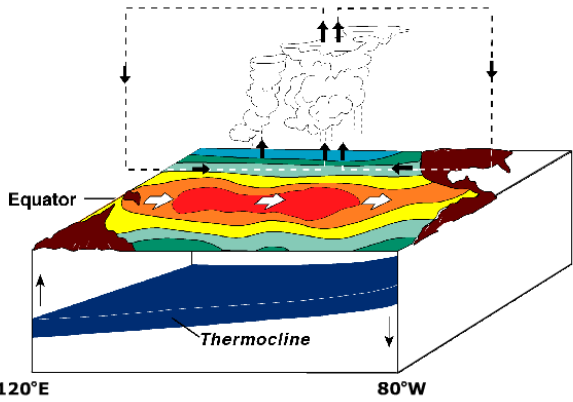
El término La Niña se refiere a las condiciones frías extremas que recurrentemente, pero de manera irregular, se presentan en el sector central y oriental del Pacífico tropical durante por lo menos seis meses. Dicho enfriamiento de la superficie del mar cubre grandes extensiones de la superficie de este océano y por su magnitud altera sensiblemente el clima en diferentes regiones del planeta.



Aunque las condiciones La Niña son las inversas a las que se presentan en los eventos El Niño, las anomalías negativas de temperatura superficial del mar durante las primeras no son equivalentes o simétricamente inversas a las anomalías positivas que se registran durante los calentamientos. No obstante, el hecho de que de alguna manera fueran condiciones contrarias a las del fenómeno El Niño sirvió como base para que a finales de los 80's se le empezara a denominar con el nombre con el que se conoce hoy en día, tanto en la comunidad científica, como popularmente: La Niña.

Hasta finales de los 90's se debatía acerca de la definición de La Niña. Algunos autores tienden a interpretar La Niña como condiciones normales más marcadas en el Pacífico tropical. Sin embargo esta interpretación no es del todo cierta. En el Pacífico tropical son posibles tres condiciones: El Niño (calentamiento extremo), normales y La Niña (enfriamiento extremo).

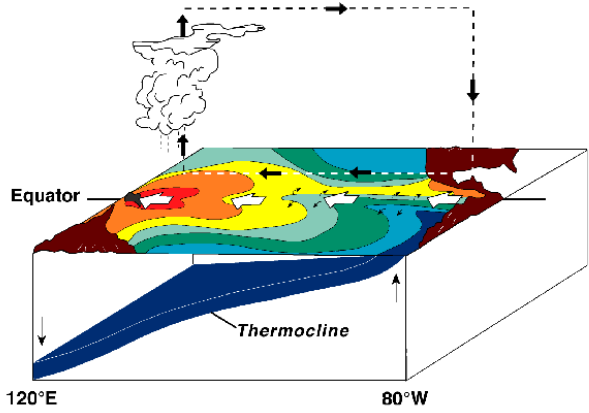




NOAA / PMEL / TAO Project Office, Dr. Michael J. McPhaden, Director <sup>(3)</sup>.

Condiciones El Niño:

- Las bajas presiones se registran sobre el pacífico central u oriental y las altas – sobre el Pacífico occidental.
- Los Alisios se debilitan o cesan por completo, lo que resulta en ausencia de surgencias de aguas frías en la costa occidental de América del Sur.
- Las aguas con anomalías de TSM positivas se desplazan hacia el Pacífico Central u oriental, trayendo consigo fuertes lluvias a las zonas del Pacífico oriental, clasificadas como secas.
- La circulación atmosférica ecuatorial de Walker se debilita o desaparece.
- Las temperaturas superficiales del mar durante este periodo están 2° a 3.5° C por encima del promedio.
- Se presenta un aumento en el nivel medio del mar.



NOAA / PMEL / TAO Project Office, Dr. Michael J. McPhaden, Director <sup>(3)</sup>.

Condiciones La Niña:

- Son opuestas a las condiciones El Niño y por esa razón, en ocasiones se denomina el anti-Niño;
- Se caracteriza por presentar condiciones semejantes a las normales, pero con mayor velocidad de los vientos Alisios orientales y como resultado – mayor surgencia de aguas frías;
- Las aguas superficiales cálidas se acumulan con mayor intensidad al oeste, en el Pacífico occidental;
- Las temperaturas superficiales del mar durante ese periodo se presentan entre 1° y 3° C por debajo del promedio.

Cuantitativamente este fenómeno se traduce en un índice de las anomalías de la temperatura superficial del mar con una magnitud mayor a  $0.5^{\circ}\text{C}$ , sostenible por un periodo igual o superior a 5 meses consecutivos. En este caso los eventos deben ser clasificados como El Niño - si la anomalía es positiva, o La Niña - si la anomalía es negativa. La ocurrencia de este fenómeno es cíclica, con periodos irregulares en un intervalo de 2 a 7 años y con una duración entre 5 y 15 meses.

Dada su localización geográfica, Colombia recibe la influencia directa de los procesos que se suscitan en el sistema acoplado océano-atmósfera del Pacífico tropical, asociados al Ciclo ENOS. Se ha podido establecer claramente que la intensidad de los fenómenos El Niño y La Niña está en función directa con la magnitud de las anomalías registradas en la temperatura superficial y subsuperficial del océano y con el área cubierta por las mismas.

En Colombia sus efectos más destacados están relacionados con la alteración del patrón pluviométrico nacional, el cual se ve disminuido en gran parte de las regiones Caribe y Andina; los aumentos de la temperatura del aire en los valles interandinos conocidos como ondas de calor; los aumentos del nivel y la temperatura superficial del mar en el Litoral Pacífico colombiano; el incremento de las heladas durante las temporadas secas en los altiplanos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño; el aumento de las horas de Brillo Solar y de la Radiación durante dichas épocas y algunas otras alteraciones de carácter local.

La influencia que tiene la ocurrencia del fenómeno de acuerdo con su intensidad, no es lineal y puede ser diferente de la magnitud del efecto climático y del impacto producido sobre las actividades humanas. El efecto climático depende de la época del año en que se presentan los fenómenos y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad de las diferentes regiones del país y de los sectores de la actividad nacional.

#### **2.2.5.1 Quiénes monitorean el fenómeno**

La NOAA y otros centros internacionales especializados en la investigación del clima, monitorean constantemente las condiciones del océano y la atmósfera, implementando índices y modelos operativos para hacer predicción sobre la variabilidad climática. A nivel latinoamericano, existe el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, patrocinado por la OMM, la EIRD (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres) y el Gobierno del Ecuador, quienes realizan misiones de evaluación y cooperación regional.

En Colombia existe un Programa de Estudio Regional de El Fenómeno El Niño (ERFEN), compuesto por un Comité Técnico del que forman parte diversas entidades como el IDEAM, la Comisión Colombiana del Océano (CCO), el Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), INCODER, entre otros.

El IDEAM realiza actividades tanto de investigación como de observación y vigilancia del Fenómeno, para emitir alertas y avisos tanto a la población como a los sectores productivos para efectos de planificación y aprovechamiento de los recursos durante la ocurrencia de un evento tipo El Niño, implementando modelos estadísticos de pronóstico basados en la relación del ENOS con el comportamiento de la precipitación en el territorio colombiano.

En la parte de alertas, el IDEAM emite varios boletines difundidos a través del Servicio de Información Ambiental, dentro de los cuales se incluye el Boletín mensual de las condiciones hidroclimatológicas y ambientales, donde se hacen recomendaciones a los diferentes sectores

productivos y a los encargados de planificar y tomar decisiones a nivel nacional, con base en la predicción climática a corto (un mes) y mediano plazo (3-6 meses).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

IDEAM., Montealegre E. Probabilidad de Afectación de la Precipitación en Colombia por el Fenómeno El Niño. Bogotá. 1997.

IDEAM., León G. Climatología de los ciclones en el Atlántico y Caribe, Predicciones 2008. Bogotá. 2008.

## **REFERENCIAS INTERNET**

<http://atlas.snet.gob.sv/atlas/files/ciclones/EtapasFormacionCT..html>

<http://www.huracanesyucatan.com/explicando/formacion.htm>

<http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/generalidades.htm>

<http://www.elcorreodesantiago.cl/BDSismos/700tsunami2.html>

[http://www.meted.ucar.edu/marine/mod2\\_wlc\\_gen\\_es/media/graphics/anatomy3.jpg](http://www.meted.ucar.edu/marine/mod2_wlc_gen_es/media/graphics/anatomy3.jpg)

<http://www.srh.noaa.gov/tbw/?n=spanishtampabaytropicalweather>

<http://cabernet.atmosfcu.unam.mx/IAI/files/IdaMitrani.pdf>

[http://ioc3.unesco.org/itic/files/grandes\\_olas\\_sp.pdf](http://ioc3.unesco.org/itic/files/grandes_olas_sp.pdf)

<http://atlas.snet.gob.sv/atlas/?q=node/69>