

RIESGOS NATURALES

1. Riesgos: concepto y tipos

Es la condición, proceso o evento que puede causar daños o pérdidas personales (heridas, enfermedad o muerte), pérdidas económicas o daños al medio ambiente.

Suelen producirse de repente, en cortos periodos de tiempo y tienen graves consecuencias en pérdida de vidas, económicas o alteraciones en el medio. Pueden clasificarse en:

·**Riesgos Naturales:** Derivan de procesos naturales que como el viento, la lluvia, el sol, etc. son recursos indispensables, pero a partir de unos límites se convierten en riesgos (*huracanes, inundaciones, cáncer de piel,...*). A su vez, los riesgos naturales pueden ser de varios tipos:

·**Riesgos cósmicos:** Se originan fuera de nuestro planeta, fundamentalmente en la caída de meteoritos, asteroides y cometas o en cambios de la cantidad de radiación solar que llega.

·**Riesgos geológicos:** Derivan de los procesos geológicos y se agrupan en dos grandes categorías, al igual que los procesos que les dan origen: endógenos y exógenos. Los de origen interno son causados por los **volcanes** y **terremotos**. Los derivados de los procesos externos son muy variados. Entre los más frecuentes podemos destacar: los deslizamientos y desprendimientos de rocas, los hundimientos y la erosión del suelo.

·**Riesgos atmosféricos.** Derivados de la dinámica climática y meteorológica como huracanes, inundaciones, sequías, tormentas,...

·**Riesgos biológicos:** Se deben a la actividad de los seres vivos y los más importantes corresponden a la producción de plagas y epidemias.

·**Riesgos Antrópicos:** Causados por la actividad humana, suelen tener un impacto menor que los naturales, pero pueden perdurar muchos años y constituir una amenaza para la salud humana y para los ecosistemas por la presencia de sustancias tóxicas, inflamables, explosivas o cancerígenas. En este grupo también se incluyen los llamados:

·**Riesgos tecnológicos o industriales y culturales:** son fenómenos muy diversos, desde algunos acontecimientos que concentran a un elevado número de personas, a otros de mayor alcance como incendios producidos por accidentes, imprudencia o negligencia del ser humano, accidentes derivados del transporte de personas o de mercancías, accidentes nucleares, guerras, explosiones, etc.

Riesgos Mixtos o Inducidos: Son riesgos naturales provocados o potenciados por la acción antrópica. Ejemplos evidentes son el riesgo de erosión del suelo, favorecido por la deforestación y el laboreo agrícola, o el riesgo de hundimiento potenciado por la minería subterránea o la sequía, ya que se puede intensificar por la desertización causada por la actividad del hombre.

2. Valoración de los riesgos

La gravedad de los distintos tipos de riesgos se valora mediante los llamados factores de riesgo: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. El riesgo de un suceso (R) se calcula

multiplicando su peligrosidad (P) por la exposición (E) y por la vulnerabilidad (V) expresada en tanto por uno. $R = P \times E \times V$

2.1. Peligrosidad

Es la probabilidad de que ocurra un suceso potencialmente perjudicial, en una región y en un momento determinado. Para calcular la peligrosidad hay que considerar varios factores como: la distribución geográfica del suceso, la extensión superficial o el tiempo de retorno.

Los distintos grados de peligrosidad de un suceso en una zona determinada se representan en los llamados **mapas de peligrosidad**, que representan el modo en que se desencadena un fenómeno natural violento en función de las características del terreno. En muchos casos, es casi imposible disminuir la peligrosidad potencial de un fenómeno, y menos evitar que ocurra, *tal es el caso de terremotos, volcanes, etc.* Otras veces sí es posible predecir la peligrosidad, como en muchos fenómenos atmosféricos, inundaciones, etc., estudiando los mapas meteorológicos, cauces, cuencas, etc.

2.2. Exposición

Es el número total de personas (exposición social), o la cantidad total de bienes (exposición económica), o zonas de gran valor ecológico, que puede verse afectada por un suceso. Igualmente se elaboran los **mapas de exposición** tomando como referencia la densidad de población, y dividiendo la zona considerada en cuadrículas según el número de habitantes. Son muy útiles ya que la superpoblación hace que el riesgo de un suceso tenga consecuencias más perjudiciales.

2.3. Vulnerabilidad

Es el porcentaje de víctimas humanas o pérdidas económicas causadas por un suceso, con relación al total expuesto. Ejemplo: Perú y Japón tienen una peligrosidad similar ante los terremotos, pero Perú es más vulnerable. La representación gráfica de este factor constituye un **mapa de vulnerabilidad**.

2.4. Cartografía de riesgos

Se pueden elaborar mapas relativos a los tres factores de riesgo: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. Si unimos estos tres factores en un único mapa obtenemos un **mapa de riesgo**, que es una representación cartográfica de un área geográfica en la que se colorea con colores diferentes las zonas según sea la magnitud de un evento. Se emplea un color más oscuro cuanto más elevado sea el riesgo. La cartografía de riesgos resulta imprescindible en la planificación.

3. Planificación de riesgos

La planificación consiste en establecer medidas de protección frente a los diferentes tipos de riesgos. Las medidas a adoptar para enfrentarse a un riesgo pueden ser:

3.1. Medidas predictivas

Tienen como objetivo indicar con anticipación, dónde, cuándo y con qué intensidad va a ocurrir un determinado suceso para reducir al máximo los efectos dañinos. Entre ellas destacan:

1. Elaboración de mapas de riesgo.
2. Estudio de precursores del suceso.
3. Instalación de redes de vigilancia.

3.2. Medidas preventivas

Encaminadas a disminuir o evitar (antes de que ocurran) los daños derivados de los riesgos.

- a. Realización de mapas de riesgo.
- b. Establecimiento de sistemas de vigilancia y alerta.
- c. Ordenación del territorio para evitar el uso de terrenos donde el riesgo es mayor.
- d. Medidas de protección civil, servicio público orientado al estudio y prevención de situaciones de grave riesgo y la protección y socorro de personas y bienes en esos casos.

Sus funciones son analizar y estudiar los riesgos, adoptar medidas para evitar o reducir el daño que puede derivarse de los desastres, elaborar planes de emergencia, actuar para proteger y socorrer a las personas y bienes, restablecer los servicios públicos indispensables, establecer vías de evacuación y de suministro, refugios, informar a la población para que conozcan las pautas a seguir como medidas de autoprotección.

- e. Medidas de educación ambiental.
- f. Análisis de coste-beneficio. Consiste en comparar el coste económico que supondría aplicar las medidas de corrección del riesgo, con el beneficio resultante, valorado como la reducción del nº de víctimas o de las pérdidas económicas.

3.3. Medidas correctoras:

Encaminadas a corregir las causas que han agravado un suceso, para que cuando vuelva a ocurrir otro similar, estas circunstancias ya no se den.

Por otra parte, las medidas pueden ser:

1. **Estructurales:** Modifican la estructura geológica o realizan construcciones para evitar los daños (evitar las inundaciones mediante una presa).
2. **No estructurales:** No modifican la estructura geológica ni realizan construcciones para evitar los daños.

La mayoría de las medidas preventivas son no estructurales y la mayoría de las correctoras son estructurales.

4. Definición y clasificación de los riesgos geológicos

Entendemos por **riesgo geológico** todo suceso desencadenado por procesos geológicos en el medio natural o inducido por la actividad antrópica, que puede generar un daño económico o social para el hombre o seres vivos. Pueden ser:

Naturales:

Derivados de los procesos internos: Son los riesgos originados por volcanes, terremotos o por actuación de fuerzas tectónicas.

Derivados de los procesos externos: Dependen del clima y de las interacciones entre las rocas o suelos y las capas fluidas (atmósfera e hidrosfera).

Inducidos: Se producen como resultado de la intervención del hombre en el medio geológico, como por ejemplo:

- . La erosión provocada por la deforestación.
- . Contaminación por enterramiento de residuos radiactivos.
- . Subsidencias o hundimientos provocados por la extracción de petróleo, por minería o por sobreexplotación de acuíferos.
- . Rotura de presas, etc.

En estos apuntes nos centraremos en los riesgos geológicos, aunque también trataremos los atmosféricos relacionados con los geológicos externos.

5. Riesgos derivados de los procesos internos

5.1. Riesgos volcánicos

Las zonas próximas a los volcanes son tierras fértiles, ricas en recursos minerales y energía geotérmica por lo que el hombre se ha instalado en estas áreas convirtiendo así un proceso natural en un grave riesgo. Los factores que intensifican el riesgo del vulcanismo son:

- **Incremento de la población** que se asienta sobre ellos, aumentando de esta manera el factor de exposición.
- El **tipo de erupción** que tenga lugar. La explosividad de las erupciones depende del tipo de lava, de su viscosidad y de la presencia de gases. (más gases -> más explosividad).
- **Frecuencia** de las erupciones.

Los principales riesgos volcánicos son:

- **Coladas de lava** que pueden cubrir extensas zonas.
- **Lluvias de piroclastos**, cuya caída puede provocar muertes por impacto, hundimiento de las construcciones o destrozos de los cultivos.
- La formación de **calderas** con el consiguiente riesgo de hundimiento.
- Las **nubes ardientes**, que son la manifestación volcánica más peligrosa. Son emisiones de gases a gran Tª, fragmentos de lava y cenizas, que descienden por la ladera a gran velocidad (100 km/h) provocando daños por combustión y muertes por asfixia.

Otros riesgos asociados a las actividades volcánicas son:

- **Las erupciones freato-magmáticas:** Ocurren cuando el magma al ascender atraviesa un acuífero, o cuando entra agua marina en la cámara magmática, lo que hace aumentar la presión interna y la violencia de la erupción.
- **Lahares:** Flujos a decenas de km/h de lodo formados por las lluvias que provoca el vapor de agua que expulsa el volcán o por la fusión de nieve de las cumbres.
- **Movimientos de laderas:** Deslizamientos, desprendimientos y avalanchas debido a los temblores que pueden llegar a sepultar poblaciones enteras y cultivos.
- **Emisión de gases tóxicos**, que por su acidez, contenido en azufre y Tª, pueden causar problemas respiratorios y asfixia.

- **Cambios climáticos:** Producidos al incorporar cenizas microscópicas a varios miles de km de altura y reducir la insolación bajando la Tª. *La erupción del Tambora (Indonesia, 1815), provocó la ausencia de verano en 1816, con la consiguiente destrucción de las cosechas.*

Planificación de los riegos volcánicos

Medidas de predicción

Las erupciones volcánicas, con frecuencia avisan con señales previas a su actividad, aunque a veces son difíciles de predecir y ocurren de modo rápido y violento con efectos devastadores. Además el vulcanismo explosivo, que es el más peligroso, es el más difícil de predecir. *El volcán Nevado del Ruiz (Colombia, 1985), fue inspeccionado el día anterior a su erupción, y no se pudieron predecir sus trágicas consecuencias.*

Actualmente los medios que se utilizan para **predecir** una erupción son:

- Intentar conocer la **historia de cada volcán** (registro histórico de frecuencia e intensidad de erupciones), para determinar el periodo de retorno. Son medidas poco fiables.
- Analizar los **síntomas** del comienzo de las erupciones mediante observatorios próximos a los volcanes, con sismógrafos que pueden detectar pequeños temblores y ruidos.
- **Cambios** en la **topografía** y en la forma del volcán como abombamiento de las paredes y techo del volcán, que se pueden medir mediante el clinómetro o por satélites que detectan deformaciones de la estructura del volcán imperceptibles a simple vista.
- **Calentamiento** del agua en los acuíferos y en general aumento de la temperatura en el subsuelo, así como cambios eléctricos y magnéticos de la zona.
- **Anomalías** de la **gravedad** (gravímetros).
- Análisis de los **gases emitidos**.
- Seguimiento del volcán. Elaboración de mapas de riesgo y peligrosidad.

Medidas de prevención y correctoras

Las medidas estructurales son:

- Construir **canales** para **desviar** las corrientes de lava hacia lugares deshabitados o **diques de contención** para ganar tiempo para la evacuación.
- Construir **túneles de descarga** del agua de los lagos del cráter para evitar la formación de lahares.
- Construir viviendas con **tejados inclinados** o **semiesféricos** que eviten la acumulación de cenizas y piroclastos así como se hundimiento debido al peso de estos materiales.

Las medidas no estructurales son:

- **Evacuación** de la población.
- **Evitar la construcción** en los lugares de alto riesgo (**ordenación del territorio**).
- Confección de **mapas de riesgo** en que se cartografíen las áreas susceptibles de ser afectadas por todos los procesos.
- Elaboración de **sistemas de seguimiento** de la actividad volcánica.
- Contratación de **seguros** que cubran las pérdidas de las propiedades o cultivos.

Las **áreas de riesgo en España** se limitan al archipiélago canario. La actividad volcánica más reciente se encuentra en Lanzarote (1824), Tenerife (1907), La Palma (1971) y el Hierro (2011-13). La actividad en general es muy baja, se trata de erupciones tranquilas, el riesgo se centra en la expulsión de piroclastos en un radio de pocos kilómetros alrededor del foco y en el flujo de coladas de lava que no entrañan peligro para la población, aunque pueden provocar graves perjuicios socioeconómicos.

5.2. Riesgos sísmicos

Los sismos pueden originarse por diversos fenómenos: movimientos tectónicos, erupciones volcánicas, explosiones nucleares, impacto de meteoritos, etc. Sus principales efectos son:

- **Desplome de edificios:** Exceptuando los maremotos, el mayor número de víctimas de un seísmo es causado por el derrumbamiento de los edificios provocado por la vibración del suelo. Las construcciones asentadas sobre rocas duras soportan mejor los terremotos.
- **Destrucción de construcciones públicas:** Roturas de presas, carreteras, puentes,...
- **Incendios** producidos como consecuencia de la ruptura de las conducciones de gas y cables eléctricos.
- **Ruptura de las conducciones** de agua provocando inundaciones.
- **Inestabilidad del terreno** provocando corrimientos de tierra en laderas, apertura de grietas, etc., siendo uno de los riesgos más importantes.
- **Modificaciones en el terreno** que provocan variación de los acuíferos y desviación de los cauces de los ríos.
- **Oscilación de agua** en los lagos, presas o bahías. El balanceo de varios m del agua, provocado por las ondas sísmicas, puede barrer las orillas o rebosar los pantanos.

Planificación de los riesgos sísmicos

No existen medidas que impidan el desarrollo de terremotos naturales,, pero existen métodos de predicción y medidas de prevención.

Métodos de predicción

Actualmente no hay posibilidad de predecir los terremotos con seguridad, pero se sabe que los grandes terremotos se suelen repetir en ciertos intervalos. Estudiando la periodicidad se pueden predecir seísmos de gran intensidad, aunque este método no es muy fiable.

Una serie de fenómenos pueden servir para predecir la ocurrencia de fuertes terremotos:

- Detección de **pequeños temblores** o terremotos que preceden a grandes terremotos.
- **Aumento de volumen** de las rocas justo antes de romperse y aparición de **grietas**.
- Variaciones en la **conductividad eléctrica** y campo magnético: disminuye al principio debido a la fracturación de las rocas y luego aumenta por el agua contenida en las rocas.
- Cambios en la **velocidad de las ondas** sísmicas.
- **Emisiones de gases** como el radón.
- **Premonitores biológicos:** Comportamiento anómalo de animales, que pueden detectar las vibraciones provocadas al agrietarse las rocas, que el oído humano no puede percibir.

Medidas de prevención y correctoras

Los terremotos no se pueden prevenir, pero sí sus efectos mediante una serie de medidas protectoras, entre las que destacan:

- **Construcción de edificios sismorresistentes:** Se debe evitar la rigidez de los cimientos para que absorban las vibraciones producidas por el terremoto ya que los daños se deben principalmente al derrumbamiento de las construcciones.

En los **suelos rocosos** se recomienda:

- Edificios lo más **simétricos** posible, **rígidos** mediante contrafuertes de acero en diagonal. Sin balcones y con una marquesina que recoja los cristales caídos.
- Flexibles: Mediante la instalación de cimientos aislantes como el caucho que absorben las vibraciones del suelo y permiten las oscilaciones del edificio.
- Mantener la distancia de separación, dejando espacios amplios entre los edificios.

En los **suelos blandos** se recomienda:

- Edificios bajos y que no sean muy extensos superficialmente, ya que las vibraciones pueden ser distintas en los diferentes puntos y provocar su derrumbamiento.
- Medidas de **ordenación del territorio** para evitar grandes densidades de población en las zonas de alto riesgo.
- Medidas de **protección civil** para informar, alertar y evacuar a la población.
- Elaboración de **mapas de riesgo** sísmico.

En España existe riesgo sísmico, cuyo origen de los terremotos está en la compresión o choque entre las placas Africana y Euroasiática, y que afecta a las zonas sur y sureste (Granada, Almería), zona noreste desde los Pirineos hasta Cataluña y Teruel y zona noroeste. El resto de la Península se considera sísmicamente inactiva o inestable.

Tsunamis

Son olas gigantescas de hasta 50 m., que avanzan sobre la costa. Se producen generalmente por efecto de un terremoto aunque puede haber otras causas como una erupción submarina. En mar abierto, la longitud de onda suele ser muy grande y la amplitud muy pequeña, por lo que pasan desapercibidos, pero al acercarse a la costa y reducir la profundidad del mar, la masa de agua se comprime y se transforma en una cortina que avanza sobre tierra firme. *En la erupción del Krakatoa en 1883, sepultó en el mar las ¾ partes de la isla sin producir muertes, porque estaba deshabitada pero el tsunami producido asoló la isla de Java originando 36.000 muertos.*

El riesgo de los tsunamis depende del **proceso** que los genera (terremotos, erupciones,...), de la **distancia** a la costa y de la **topografía** de la costa.

Medidas preventivas: redes de vigilancia que avisen de la llegada de las grandes olas. Debido a que en alta mar pasan inadvertidas y a su gran velocidad, es difícil la evacuación de las áreas afectadas.

6. Riesgos derivados de los procesos geológicos externos

6.1. Movimientos de ladera

Son un conjunto de procesos por los que los materiales terrestres, previamente afectados por la meteorización, se movilizan por acción de la gravedad, desplazándose por laderas y vertientes. Entre los **factores que favorecen** estos procesos están:

El **aumento de la escorrentía**, ya que el agua disminuye la cohesión entre las partículas favoreciendo el deslizamiento.

La fuerte **pendiente**.

Presencia de **rocas no consolidadas** o de suelos profundos en la superficie del talud.

La **estructura geológica**. La existencia de estratos con los planos de estratificación paralelos a la pendiente o con fuerte inclinación, la alternancia de estratos con diferente permeabilidad, la presencia de fracturas y fallas, etc., son factores que influyen en la estabilidad de las laderas.

El **comportamiento mecánico de las rocas**. Así el agua es el desencadenante principal de un gran número de movimientos de laderas, su acción se debe a que provoca una disminución de la resistencia. En periodos lluviosos o de deshielo suelen producirse con más frecuencia.

Aumento del contenido del agua en el suelo por inundaciones, construcción de presas o exceso de riego o variaciones en el **nivel freático**, alternancia de precipitaciones con periodos secos, alternancia hielo-deshielo.

Cambios en el **uso del suelo**, ya que implican procesos como deforestación, movimientos de tierras, etc.

Movimientos **sísmicos, voladuras**.

Sobrecarga de la parte superior de un **talud** con materiales de construcción, escombreras, etc. o disminución del **apoyo lateral en la base** de los materiales debido a excavaciones, construcciones, o procesos erosivos naturales.

Factores que impiden o desfavorecen estos procesos:

Existencia de **vegetación** (reforestación), ya que los vegetales, con las raíces, fijan el suelo. Existencia de **materiales cohesionados Terrenos llanos** o pendientes suaves.

Los movimientos de ladera son movimientos generalmente rápidos. Tienen unos efectos catastróficos debido a que pueden sepultar personas causando víctimas mortales y pérdidas materiales (cultivos). También pueden obstruir cauces de ríos, glaciares, embalses, provocando inundaciones.

Los movimientos de masas rocosas en las laderas pueden ser de varios **tipos**:

Deslizamientos. Son movimientos de masas de roca o suelo (tierra) que **deslizan sobre una superficie de rotura**. El inicio de estos desplazamientos se produce cuando la fuerza de la carga supera el valor de rozamiento interno (R) del material con la superficie de rotura. La pendiente y el agua favorecen los deslizamientos. Al agua hace que aumente el peso del material y además, disminuye el coeficiente de rozamiento interno en la superficie de rotura.

La velocidad de los deslizamientos es muy variada, pero, en general, son procesos rápidos y pueden afectar a grandes volúmenes de material. Según la forma de la superficie de rotura, los deslizamientos pueden ser **traslacionales** (superficie plana) o **rotacionales** (superficie cóncava).

Desprendimientos. Consisten en la **caída libre** de fragmentos de materiales más o menos grandes de un talud por la acción de la gravedad. Estos fragmentos se separan por la presencia

de grietas en las rocas que se van agrandando por acción del hielo (gelifracción) que actúa como cuña, o por la presencia de planos de estratificación o esquistosidad, y caen por la acción de la gravedad. Los desprendimientos son frecuentes en zonas de clima frío y zonas de montaña. Los bloques se acumulan en la base formando **canchales** o taludes de derrubios.

Reptación o creep. Es un movimiento muy lento (muchas veces imperceptible), que afecta a la parte más superficial de las rocas o suelos. Se produce por el efecto sumatorio de dos movimientos: uno de elevación del terreno en dirección perpendicular a la superficie como consecuencia del aumento de volumen del material provocado por el agua o por las heladas, y otro de caída según la vertical cuando recupera su volumen original. Es un proceso muy frecuente. Se pone en evidencia por la inclinación hacia debajo de los troncos de los árboles, postes de teléfono, vallas, etc.

Flujos. Son movimientos continuos y más o menos rápidos de materiales sin cohesión que se desplazan **sin presentar superficie de rotura definida**. Los principales son las **coladas de barro** que se producen en materiales fino y homogéneos, como las arcillas y los limos, que al empaparse se convierten en materiales plásticos y viscosos.

Soliflucción. Es un proceso que afecta a materiales y suelos saturados de agua. Es una combinación de flujo y reptación. Se producen en zonas periglaciares y de alta montaña en cada ciclo hielo-deshielo. En primavera, época en la que tiene lugar el deshielo, el suelo se empapa y cae pendiente abajo en forma de lóbulos.

Avalanchas. Son **movimientos muy rápidos** de masas de tierra, fragmentos de rocas o derrubios, que pueden ir acompañados de hielo y nieve, por pendientes fuertes, cuando se han acumulado en exceso. Los **aludes** de hielo y nieve se incluyen en este tipo. Pueden, además, desencadenarse por vibraciones debido a ruidos, explosiones o terremotos.

Planificación de los riesgos por movimiento de ladera

Para evitar la situación de riesgos por movimientos de ladera, se requiere la detección y cartografía de las áreas susceptibles de movimientos.

Medidas predictivas

Intentan evitar la situación de riesgo intentando anunciar con anticipación el lugar, el momento, el desarrollo, la intensidad y las consecuencias. Para ello, se requiere la **detección y cartografía de las áreas**, elaborando mapas de riesgos y estudiando los factores que favorecen los movimientos de ladera (pendiente, vegetación).

Medidas preventivas y correctoras

Entre las medidas **no estructurales** destacan:

Controlar los **agentes de la erosión** que pueden socavar la base de las laderas.

Realizar **plantaciones y reforestaciones** de especies herbáceas o arbóreas para retener el terreno.

Tratamientos químicos del terreno para modificar las propiedades de las arcillas como adición de sales de carbonato cálcico.

Ordenación del territorio.

Las medidas **estructurales** en general consisten en colocar dispositivos que retengan los materiales y eviten la erosión. Principalmente son:

Construcción de canales de drenaje para disminuir la escorrentía superficial.

Modificar la pendiente mediante la construcción de terraza, la descarga de la cabecera y rellenado del pie o rebajando la pendiente.

Construcción de muros de hormigón, **gaviones o mallas** para retener los materiales en las laderas.

Sellado de las grietas Inyección de material cohesivo para evitar la erosión. **Anclajes o claveteados** que sujeten las masas de rocas inestables al sustrato estable

6.2. Inundaciones

Las inundaciones son el cubrimiento temporal por agua de una tierra que normalmente no se encuentra cubierta, por lo que se incluyen las inundaciones producidas por ríos, torrentes, corrientes de agua efímeras mediterráneas e inundaciones marítimas en zonas costeras. Son las catástrofes naturales que mayor número de víctimas producen en el mundo. Se ha calculado que en el siglo XX unas 3,2 millones de personas han muerto por este motivo, lo que es más de la mitad de los fallecidos por desastres naturales en el mundo en ese periodo. En España son un grave problema social y económico, sobre todo en la zona mediterránea y en el Norte.

Causas de las inundaciones: Las grandes lluvias son la causa principal de inundaciones, pero además hay otros factores importantes, como:

- **Exceso de precipitación.**- Los temporales de lluvias son el origen principal de las avenidas. Cuando el terreno no puede absorber o almacenar toda el agua que cae, esta resbala por la superficie (escorrentía) y sube el nivel de los ríos. En España se registran todos los años precipitaciones superiores a 200 mm en un día, en algunas zonas, y se han registrado lluvias muy superiores hasta llegar a los 817 mm en un solo día.

- **Fusión de las nieves.**- En primavera se funden las nieves acumuladas en invierno en las zonas de alta montaña y es cuando los ríos que se alimentan de estas aguas van más crecidos. Si en esa época coinciden fuertes lluvias, lo cual no es infrecuente, se producen inundaciones.

- Los **huracanes, ciclones y temporales** hacen que el agua del mar invada las zonas costeras originando grandes inundaciones.

- Los **deslizamientos de laderas** que obstruyen los cauces de los ríos pueden remansar aguas que cuando rompen el dique que se había formado causan graves inundaciones.

- **Rotura de presas.**- Cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas. Casos como el de la presa de Tous que se rompió en España (1982), han sucedido en muchos países.

- **Actividades humanas.**- Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas. Así sucede:

- Al asfaltar cada vez mayores superficies se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se absorba por la tierra y facilita el que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.
- La tala de bosques y los cultivos que desnudan al suelo de su cobertura vegetal facilitan la erosión, con lo que llegan a los ríos grandes cantidades de materiales en suspensión que agravan los efectos de la inundación.

- Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río pero los agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápidamente.
- La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil y la capacidad de la llanura de inundación del río para evacuar el agua. En consecuencia sube el nivel las aguas y llevan más cantidad de agua a los siguientes tramos del río, provocando desbordamientos, y riesgo de daños personales y de pérdida de las personas que viven en esos lugares.

El **análisis del riesgo** de inundación consiste en determinar la naturaleza y extensión del riesgo existente mediante el análisis de las amenazas potenciales y evaluación de las condiciones de vulnerabilidad que pueden causar daños personales, a la propiedad y al medio ambiente. Las medidas para reducir el riesgo de inundación pueden ser: estructurales y no estructurales.

Las **medidas estructurales** engloban las construcciones que reducen o evitan el posible impacto de la inundación, incluyendo muchas obras de ingeniería civil:

- **Estructuras de retención:** Su misión es retener el agua para evitar inundaciones asociadas a grandes caudales. Las presas y embalses son las más utilizadas.
- **Estructuras de protección directa:** Evitan la entrada del agua en la ciudad empleando estructuras como diques y muros que fuerzan al flujo a discurrir por un determinado lugar (encauzamientos). En el caso de inundaciones marítimas, se crean dunas artificiales con arena y bloques de roca. También se toman medidas de protección en edificios e infraestructuras, empleando materiales de construcción impermeables, mejorando la configuración del edificio, la fortificación de los sótanos y la modificación del uso de plantas bajas de edificios para reducir las consecuencias por inundación.
- **Estructuras que modifican la morfología del cauce** con el objetivo de incrementar su capacidad en áreas urbanas, como el ensanchamiento de la sección del cauce o la reducción de la rugosidad que dará lugar a mayores velocidades del flujo y de desagüe.
- **Modificación de las características de la cuenca** con tareas de reforestación que incrementen la intercepción del agua de lluvia y reduzcan los caudales punta en el río.
- **Sistemas de drenaje:** Los sistemas de captación y drenaje se diseñan para la gestión del agua de escorrentía generada por un evento de precipitación en la zona urbana y sus alrededores. En el sistema de drenaje pueden distinguirse dos partes: el sistema de alcantarillado, que incluyen arquetas, tuberías, colectores, estaciones de bombeo, etc.) y el sistema principal que drena el agua superficial o el flujo excedente.

Las **medidas no estructurales** incluyen políticas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, mecanismos de participación pública e información a la población, que pueden reducir el riesgo y los impactos derivados de la inundación. Buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, pudiendo clasificarlas en seis grupos:

- Política y planeamiento urbano: Desarrollo de **normativas** que regule el uso de suelo y el tipo de edificación (en cuanto a materiales de construcción y estructuras resistentes a la acción del agua) en zonas de elevado riesgo de inundación y en consecuencia realización de planeamientos urbanos que tengan en cuenta las zonas con riesgo de inundación. Son numerosas las áreas ocupadas por viviendas e infraestructuras asentadas en zonas potencialmente inundables debido a la disminución en la percepción del riesgo.

- **Predicción** de inundaciones: Estimación del desarrollo, tiempo y duración de una avenida, especialmente del caudal máximo en un punto específico del cauce como consecuencia de fuertes precipitaciones o del deshielo. La predicción de inundaciones se compone de la predicción meteorológica y de la pre-caracterización de avenidas, considerando la situación meteorológica futura para predecir las inundaciones resultantes, mediante modelos hidrológicos. La combinación de ambas es fundamental para obtener predicciones precisas.
- **Comunicación**: Incluye dos medidas: la Comunicación general a la población en materia de riesgo de inundación, que aporta un mejor entendimiento del riesgo existente y facilita el conocimiento de los procedimientos de actuación durante la inundación, y la Comunicación durante el evento de inundación, que se centra en el aviso a la población sobre la amenaza de carácter inminente, mediante la utilización del sistema de alarma.
- **Movilización**: Se clasifican en tres categorías en función del tiempo disponible para la evacuación: Evacuación preventiva (con anterioridad al evento de inundación), Evacuación forzosa (durante el desarrollo de la inundación) y Huida (desplazamiento por efectos de un evento inminente).
- **Coordinación** y procedimientos de operación: Tratan de mejorar la comunicación entre diferentes organizaciones y actores en la gestión del riesgo de inundación. Incluye las medias generales que facilitan la coordinación entre agentes, desarrollando planes de emergencia y estrategias para reducir el riesgo, y las medidas para la coordinación durante la emergencia, mejorando la efectividad de otras medidas no estructurales.
- **Seguros e indemnizaciones**: son herramientas clave para financiar las pérdidas producidas por un evento de inundación. Las cuotas de los seguros son mayores para las zonas con riesgo de inundación y las indemnizaciones sirven para obtener compensaciones por pérdidas no cubiertas por los seguros.

3.4. Riesgos de las zonas costeras

El riesgo más importante de las zonas costeras es la alteración de los **procesos de erosión-sedimentación**, que se ve acentuado por el factor exposición, ya que estas áreas son las más pobladas del planeta y con gran afluencia del turismo. Los principales riesgos derivados de los procesos erosión-sedimentación costera son:

- **Derivados del retroceso del acantilado**. Puede dar lugar al derrumbe de construcciones situadas sobre el mismo. La medida de prevención que se suele aplicar es la **construcción de muros** en la base, lo que puede ocasionar nuevos riesgos, como la desaparición por retroceso de las playas situadas a su pie, ya que durante los temporales las olas adquieren más fuerza tras chocar contra estos muros, y al retroceder pueden arrastrar la arena de la playa mar adentro.

- **Interrupción de la corriente de deriva**. La corriente de deriva circula paralela a la línea de costa y se genera por incidencia normalmente oblicua del oleaje sobre la costa. Esta corriente traslada los materiales de la erosión del acantilado y los aportados por los ríos, y los sedimenta a lo largo de la costa donde se forman playas y flechas litorales que pueden provocar el cierre de las bahías y su transformación en albuferas, marismas, tómbolos, etc.

Las intervenciones humanas (construcción de espigones para playas artificiales, puertos deportivos, muelles, etc.) que alteran la circulación de la corriente de deriva dan lugar a cambios

drásticos de los procesos de erosión/sedimentación. Se produce una intensa sedimentación en la zona anterior al obstáculo, lo que da lugar a la formación de una nueva playa y una intensa erosión detrás de la estructura.

Cualquier alteración de la dinámica costera (referida a la corriente de deriva) o fluvial (deforestación, establecimiento de embalses) va a originar graves modificaciones de su dinámica.

- **Eliminación de arena del sistema costero.** La extracción de arena de las playas o de los sistemas dunares situados tras ellas, con el fin de construir paseos marítimos o edificios, o para la construcción o regeneración de otras playas, siempre concluye con un incremento de la erosión costera debido a la eliminación de una reserva de arena que serviría para la protección de la propia playa tras los temporales. Además, se produce un aumento de los daños originados por las inundaciones costeras, al verse privadas del dique natural que constituían las dunas.

Todas las intervenciones humanas que provocan cambios en la erosión/sedimentación costera van a dar lugar a dos tipos de **efectos**:

Progradación o avance de la costa que gana terreno al mar, se produce por el aumento de la sedimentación costera, cuyas **causas** son:

- deforestación de las cuencas altas de los ríos,
- remoción del terreno por minería o por obras públicas
- incendios forestales dan lugar a un incremento de la cantidad de materiales transportados por los ríos, lo que se traduce en una mayor sedimentación en las zonas costeras.

Las **consecuencias** serán: Colmatación de estuarios, crecimiento de los deltas y un mayor aporte de arena a las playas, el crecimiento de las barras litorales, la transformación de bahías en albuferas y su colmatación.

Regresión. Efecto contrario al anterior, en el que se produce el **retroceso de las costas** por erosión generalizada. Por ejemplo, debido a la construcción de embalses en los ríos, que disminuye el aporte de sedimentos en la desembocadura.

Prevención de riesgos costeros.

Medidas preventivas estructurales como rompeolas, espigones y muros, para frenar los efectos del oleaje.

Medidas preventivas no estructurales.

- Elaboración de **mapas de riesgo**.
- **Ordenación del territorio**, por la que se establecen una serie de normas legales que, en nuestro país, se recogen en la **Ley de Costas**, donde se especifica: «Son bienes de dominio público todos los terrenos comprendidos entre los límites de bajamar hasta el lugar de la costa susceptible de ser alcanzado por las olas en los mayores temporales, lo que comprende: playas, albuferas, marismas, dunas, recursos del mar, terrenos ganados al mar, acantilados, islotes, etc.»

Además se establecen: **Zona de servidumbre de protección**, que se extiende 100 m tierra adentro, en la que existe prohibición total para cualquier uso, salvo instalaciones al aire libre. Y **Zona de influencia**, hasta 500 m, permitiéndose la construcción de aparcamientos y de edificios que se adapten a la legislación urbanística local.