

## TEMA 1.3 ALTERACIONES AMBIENTALES NATURALES

### CI41B Ingeniería Ambiental

Profesores D. Rodríguez, R. Muñoz y C. Espinoza  
Semestre Primavera 2005

#### 1. INTRODUCCION

Desastres o alteraciones ambientales naturales son aquellas condiciones o procesos en el medio ambiente que provocan daño económico o pérdida de vidas en la población humana. Desastres naturales se distinguen de aquellos de origen humano por el hecho de ser causados por el ambiente mismo y no por los seres humanos. Algunos de los más importantes desastres naturales son las inundaciones, sequías, terremotos y el fuego. Por otra parte, ejemplos de alteraciones humanas son la contaminación atmosférica, disposición incorrecta de residuos peligrosos, contaminación del agua, liberación accidental de sustancias radioactivas o gas de cloro desde un estanque de almacenamiento.

La distinción entre alteración humana o natural es importante porque sugiere el curso de acción a tomar para aliviar las consecuencias de la alteración. Por ejemplo, al examinar las inundaciones nos damos cuenta que debemos enfocar nuestra atención en los procesos naturales de precipitación, escorrentía y comportamiento hidráulico del cauce para encontrar una solución a este problema. En el caso de alteraciones tecnológicas el proceso industrial y el diseño de los sistemas de ingeniería deben ser analizados en detalle.

#### 2. CLASIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE DESASTRES NATURALES

Desastres naturales incluyen una gran variedad de distintos fenómenos que pueden ser clasificados de acuerdo a su agente causal (ver Tabla 1). La investigación de los desastres naturales se lleva a cabo por diferentes disciplinas científicas. Así por ejemplo, meteorólogos e hidrometeorólogos estudian el clima, la formación y comportamiento de tormentas, la intensidad de las lluvias, y otros factores que dan origen a las inundaciones. Los hidrólogos estudian la magnitud y frecuencia de las inundaciones así como también se abocan al pronóstico de éstas.

Otro interesante punto es el cómo se miden estos desastres naturales. Hay dos posibles métodos: el primero trata de medir el volumen o la energía del proceso geofísico mientras que el segundo se concentra en la medición de los impactos de estos procesos. Un típico ejemplo de estos métodos de medición es encontrado en el caso de movimientos telúricos. La *escala Richter* mide los temblores en términos de la energía liberada mientras que la *escala Modificada de Mercalli* mide el impacto en las personas.

En el caso de la *escala Richter* la energía liberada por un movimiento sísmico es medida por medio de un sismógrafo que puede detectar desde un leve temblor hasta un terremoto de devastadoras consecuencias. Para acomodar esta amplia gama de posible eventos esta escala es logarítmica, lo que usualmente causa dificultades para su interpretación. La *escala Modificada de Mercalli* mide, no la energía liberada durante el evento sísmico, sino el impacto o percepción del sismo por las personas. La principal diferencia entre estos dos sistemas de medición de un evento resulta de los diferentes objetivos que persigue cada uno de ellos: caracterización geofísica (*escala Richter*) y evaluación de daños (*escala Modificada de Mercalli*).

Un problema similar de medición existe para otros desastres naturales. Así por ejemplo, ciclones tropicales son medidos en términos de su presión central, velocidad del viento, y velocidad de movimiento de las masas de aire. Inundaciones son generalmente medidas en términos del caudal de agua (volumen por unidad de tiempo) en un punto específico del cauce, así como las variaciones en el nivel de aguas antes, durante y después de la tormenta (hidrógrafo). Hay muy pocos equivalentes a la *escala Modificada de Mercalli* que se apliquen a la evaluación de daños debido a estos desastres naturales. Como alternativa a una escala o medida arbitraria se usa el valor monetario del daño.

**Tabla 1**  
**Clasificación de Desastres Naturales por Agente Causal**

Geofísicos		Biológicos	
Clima y Meteorología	Geología y Geomorfología	Flora	Fauna
Nieve y hielo Sequías Inundaciones Neblina Ondas de Calor Ciclones tropicales Rayos y fuego Tornados	Avalanchas Terremotos Erosión Deslizamientos Arenas movedizas Tsunamis Erupciones volcánicas	Enfermedades producidas por hongos Fiebre de heno Plantas venenosas	Enfermedades bacterianas y virales Plagas Mordeduras de animales

### 3. DEFINICIÓN DE DESASTRE AMBIENTAL NATURAL

Una definición amplia y más exacta de lo que es un desastre ambiental natural involucra dos agentes: la naturaleza y los seres humanos. De esta manera, al tratar de entender los desastres naturales es necesario considerar la contribución de los agentes humanos. Visto desde otra perspectiva, si no hay seres humanos presentes no podemos hablar de un desastre ambiental natural. Tomando en cuenta estos elementos podemos preparar la siguiente definición:

Un **desastre ambiental natural** es un evento extremo en la naturaleza, que es potencialmente dañino para los seres humanos y que ocurre en forma infrecuente por lo que no puede ser considerado como una condición natural del sistema.

Si consideramos además que los desastres ambientales son fenómenos interactivos, más que eventos independientes, se puede definir al desastre como una función del riesgo, exposición, vulnerabilidad, y, respuesta:

**Riesgo** es la frecuencia de los eventos que causan pérdidas.

**Exposición** es la magnitud de la población y estructuras en riesgo.

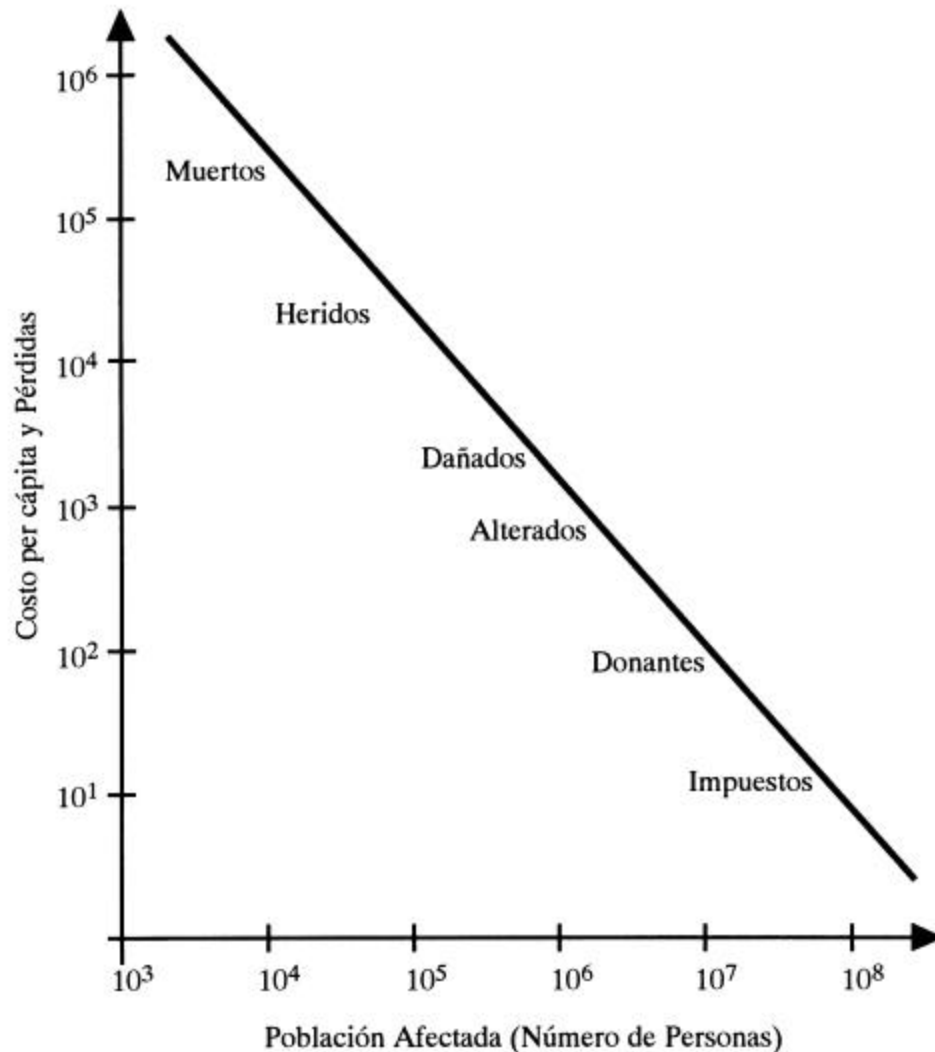
**Vulnerabilidad** puede ser medida en términos de falta de preparación.

Finalmente, **Respuesta** incluye las acciones tomadas por aquellos afectados directamente o por agencias gubernamentales externas que actúan para disminuir los efectos del desastre ambiental.

La sociedad en su conjunto es afectada por desastres naturales, no sólo las “víctimas” más usuales. El completo espectro de los impactos causados por un desastre natural es representado en la Figura 1, la que muestra los impactos aproximados (desde muertes hasta

impuestos) que son esperados como resultado de la repetición de un terremoto grado 8.3 en el área de San Francisco (EEUU).

**Figura 1**  
**Estimación de Personas Afectadas por un Terremoto**



#### 4. MÉTODOS DE MANEJO DE DESASTRES AMBIENTALES NATURALES

En una forma simplificada podemos dividir la historia del manejo de los desastres naturales en tres períodos: preindustrial, industrial y postindustrial.

##### 4.1 Enfoque Preindustrial

En sociedades preindustriales los recursos disponibles para controlar o modificar el medio ambiente natural eran escasos. Las personas usaban su propia ingenuidad para diseñar técnicas o metodologías que permitiera hacer frente a desastres naturales en las áreas

habitadas. Por ejemplo, podemos recordar la construcción de pequeñas casas de madera y papel en Japón. En el caso de terremotos (los que son comunes en esa región) los daños causados por el desplome de viviendas eran mínimos y la reconstrucción no demandaba un muy alto costo.

En algunos casos limitados las sociedades preindustriales se organizaron para construir obras que permitieran controlar los cursos de agua. Ejemplos de estos esfuerzos son la construcción de defensas costeras y diques en la zona de los países bajos (Holanda) y China, así como la construcción de sistemas de riego en la zona del río Eúfrates.

## **4.2 Enfoque Industrial**

El enfoque usado en la época industrial se basaba fundamentalmente en el uso de tecnología moderna para controlar el medio ambiente. Muchos de los sistemas así diseñados eran capaces de proporcionar protección contra desastres naturales o alteraciones inusuales de las condiciones típicas del medio ambiente. Este tipo de enfoques consideró la construcción de represas para el control de inundaciones y suministro de agua potable o riego en forma segura en aquellas áreas con precipitación incierta.

Otros ejemplos en los cuales ciencia y tecnología han sido aplicadas a solucionar problemas relacionados con desastres naturales es la siembra de nubes para producir lluvia y el control de avalanchas en centros invernales. En el caso de desastres biológicos (ver Tabla 1), la aplicación masiva de pesticidas químicos ha permitido aumentar la producción de alimentos debido a la reducción de las plagas e insectos que asolaban los cultivos.

Muchos de estos logros tecnológicos han traído consigo grandes beneficios para la sociedad humana. Claramente, usando los criterios de un análisis beneficio-costos, los beneficios para la sociedad debido al control ambiental han excedido, con mucho, los costos derivados de la aplicación de las diferentes tecnologías. Un ejemplo típico es el caso del control de inundaciones.

Una pregunta que surge en este tópico es: Porqué, a pesar de todos estos avances tecnológicos, existe la percepción de un incremento en el costo debido a los daños provocados por desastres naturales?. Dos posibles explicaciones para esta interrogante pueden plantearse: a) limitaciones en la tecnología, y b) cambios en la sociedad humana. Analicemos este problema usando el ejemplo del control de inundaciones.

En el control de inundaciones el diseño de las obras de contención considera un intervalo de recurrencia de 100 años, es decir, aquella condición hidrológica en la cual un evento (crecida) sobrepasaría la capacidad de las obras, en promedio, una vez cada 100 años. En este caso, mientras más grande es la obra diseñada para el control de crecidas (es decir, un mayor período de recurrencia) más alto es el costo marginal de la construcción de la obra, lo que provoca una reducción en el beneficio derivados de ella.

Una segunda explicación para el crecimiento de los daños derivados de los desastres naturales apunta a cambios en la sociedad humana. En efecto, a medida que la gente se concentra en las ciudades existe una presión mayor por usar terrenos que originalmente se encontraban deshabitados y los cuales presentan un mayor riesgo de inundaciones por encontrarse próximos a cauces naturales (río Mapocho). Otro problema real es que en muchas ocasiones las personas que ocupan estos sitios no están al tanto de los problemas generados por su

cercanía a los cauces y sólo se percatan del problema al momento de sufrir la pérdida de sus propiedades.

#### 4.3 Enfoque Postindustrial

A pesar de sus éxitos la aplicación de tecnología para el control de sistemas medio ambientales es percibido como incompleto a menos que tome en cuenta sus limitaciones reales y el probable comportamiento futuro de las personas (social y económico). Lo que se persigue en la actualidad son respuestas más flexibles ante los desastres naturales, en las cuales las medidas técnicas y los desarrollos humanos se compatibilicen con el medio ambiente en el que se encuentran inmersos. Usando este tipo de enfoque es común el referirse a cinco ajustes o acomodos que pueden ser tomados ante los desastres naturales:

- Compartir y aceptar las pérdidas, o *aceptación*.
- Control de desastres, o *control tecnológico*.
- Ajustes sociales, o *regulación*.
- Cambios radicales en el uso del suelo, los que incluyen la evacuación de la zona, o *evacuación*.
- Planificación de emergencia, o *medidas de emergencia*.

#### 4.4 Perspectiva Teórica: Respuestas Futuras Posibles

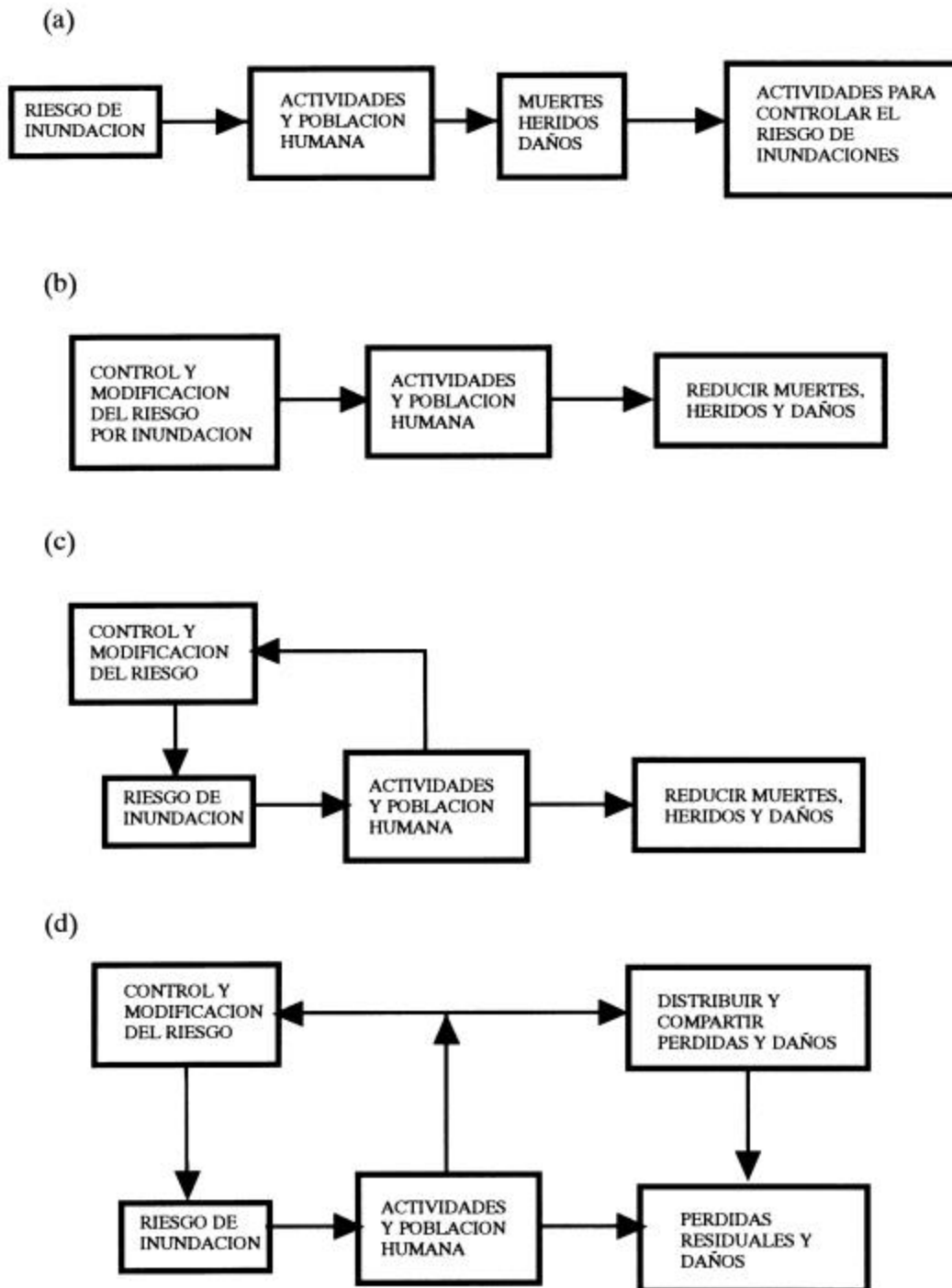
En la definición de desastres naturales observamos que los desastres naturales no son totalmente naturales sino que la intensidad de sus efectos depende fundamentalmente del uso que las personas hacen del medio ambiente.

Una visión tradicional de los desastres causados por inundaciones se presenta en la Figura 2a. En este caso las inundaciones se visualizan como eventos naturales que producen daños, muertos y heridos. Una visión alternativa, en la cual el medio ambiente puede ser modificado para reducir estos problemas, se presenta en la Figura 2b. Un enfoque similar al anterior pero en el cual las acciones de la sociedad se representan como una retroalimentación positiva es descrito en la Figura 2c.

El gran problema con el enfoque mostrado en la Figura 2c es el hecho que la retroalimentación positiva destinada al control de inundaciones provoca efectos negativos debido a que incentiva la expansión de las actividades humanas en la zona de inundación al aumentar el grado de seguridad ante un desastre natural. Este efecto negativo puede ser incluso aumentado por las agencias gubernamentales al implementar planes y programas destinados a distribuir las pérdidas, debido al desastre natural, entre toda la población. Un esquema como el planteado se presenta en la Figura 2d.

A partir de los cinco ajustes descritos en la sección anterior (enfoque postindustrial) un nuevo esquema para el manejo de crecidas se puede preparar. Este enfoque se presenta en la Figura 3.

**Figura 2**  
**Modelos de Manejo de Riesgos por Inundación**



**Figura 3**  
**Nuevo Modelo de Manejo de Riesgos por Inundaciones**

