

Ingenieria Ambiental CI4102
Semestre Primavera 2010

Prof. Marcelo Olivares
Oficina 327. 3er piso
Edificio Ing. Civil y Geofísica

Reglas del juego

2 Controles + Examen

Tareas y trabajo personal en clases: Se realizarán alrededor de 6 actividades de evaluación complementarias a los controles, correspondientes a problemas que pueden incluir lecturas e informes de visitas a terreno.

Eximición

Promedio de controles ≥ 5.5

Promedio de problemas ≥ 5.0 ,

Asistencia $\geq 70\%$ a partir de la semana 2 de clases

Nota final = $NC \cdot 0.7 + NP \cdot 0.3$

NC = nota controles (50% controles, 50% examen)

NP = nota problemas (promedio simple de trabajos personales)

Ingeniería Ambiental

- Raíces en varias disciplinas:
 - Ingeniería Civil
 - Salud Pública
 - Ecología
- Utiliza herramientas de química, física, biología, ecología, estadística, ciencias de la ingeniería...

Temario Tentativo CI4102 Semestre Primavera 2010

1. Motivación

- 1.1 Medioambiente como sistema
- 1.2 Criterios de decisión en ingeniería
- 1.3 Causas de problemas ambientales
- 1.4 Alteraciones ambientales humanas

2. Base científica y conceptos fundamentales

- 2.1 Dispersiones ambientales (Física y química)
- 2.2 Microbiología y epidemiología
- 2.3 Ecología
- 2.4 Limnología
- 2.5 Ciencias atmosféricas

3. Tecnología y control

- 3.1 Recursos hídricos
- 3.2 Suministro de agua
- 3.3 Tratamiento de aguas residuales
- 3.4 Manejo de residuos sólidos
- 3.5 Contaminación del aire

Bibliografía

[1] Henry, J.G. y Heinke, G.W. 1999. Ingeniería ambiental. Prentice Hall, 2° ed, Mexico.*

[2] Vesilind, P.A. y Morgan, S.M. 2004. Introduction to environmental engineering. Brooks/Cole-Thomson Learning. 2nd Edition.

[3] Weiner, R.F. y Matthews, R. 2003. Environmental engineering. Butterworth Heinemann-Elsevier Science, .

[4] Masters, G.M. 1991. Introduction to Environmental Engineering and Science. Prentice Hall.

[5] Chapra, S.C. 1997. Surface Water Quality Modeling. McGraw-Hill.

*Corresponde a una traducción de:
Environmental Science and Engineering. 1996. Prentice Hall.

Medio Ambiente

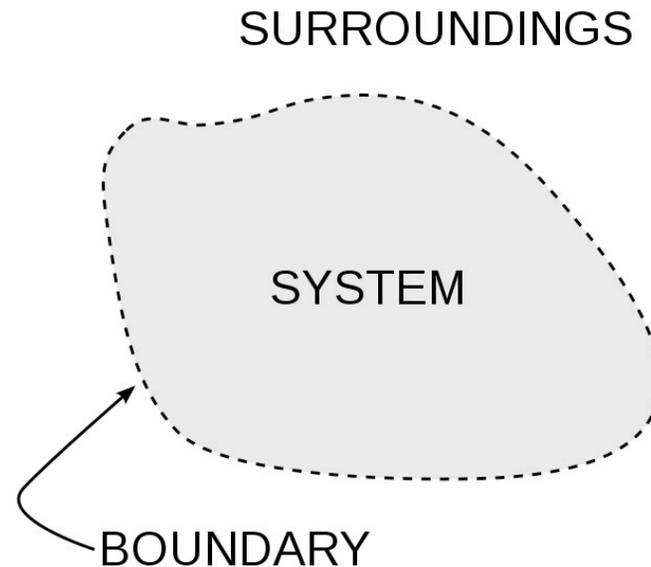
“Todo lo que nos rodea; lo que podemos percibir a través de los sentidos”

Incluye el medio ambiente natural y el medio ambiente construido.

Definición alternativa:

“Sistema físico y biológico que nos rodea”

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que forman un todo

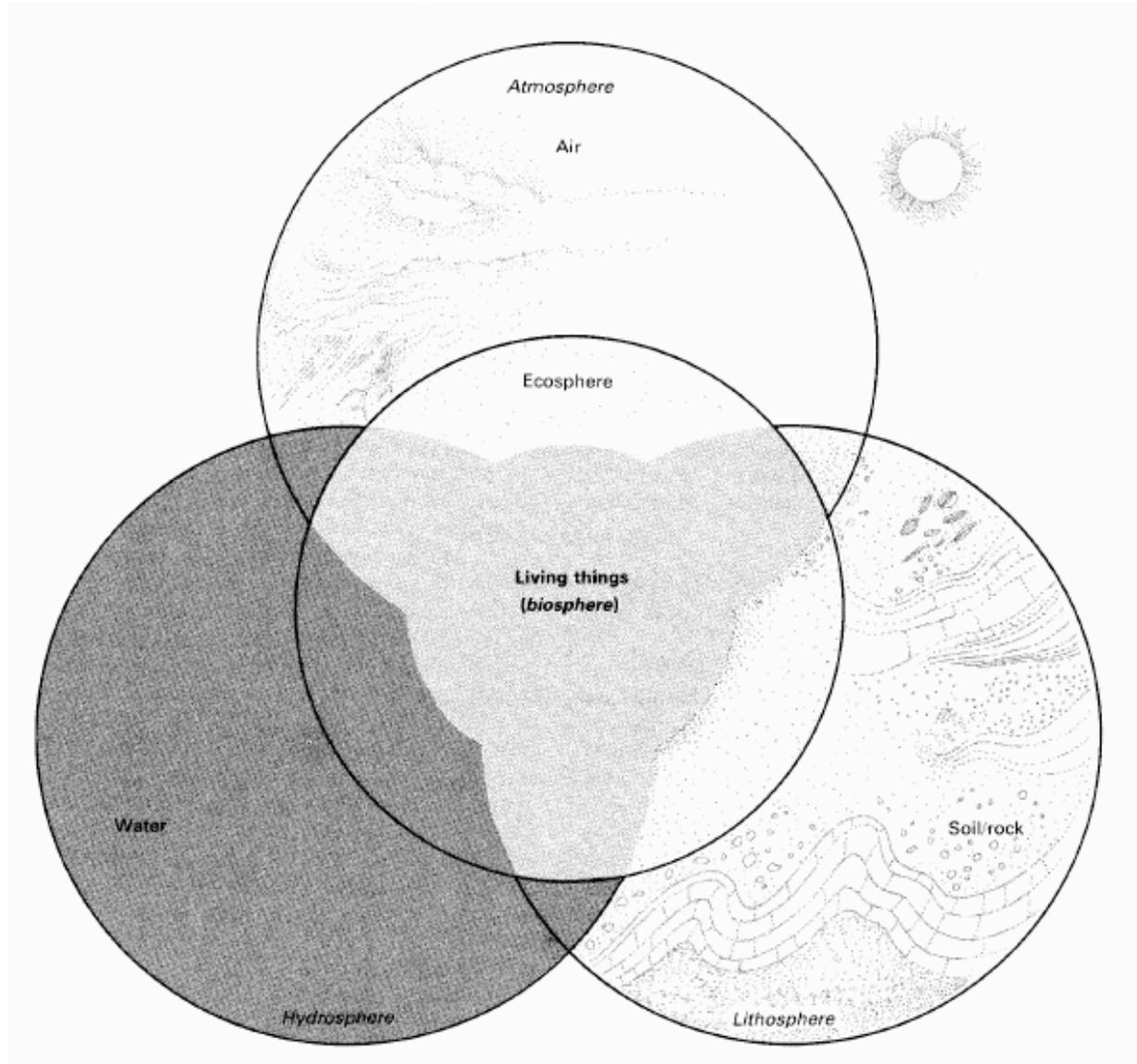


Un sistema se caracteriza por:

- **Estructura**: definida por partes y su composición
- **Comportamiento**: Entradas, procesos y salidas de masa, energía o información
- **Interconectividad**: relaciones entre las partes del sistema

Compartimentos Ambientales

Esquema de un Ecosistema

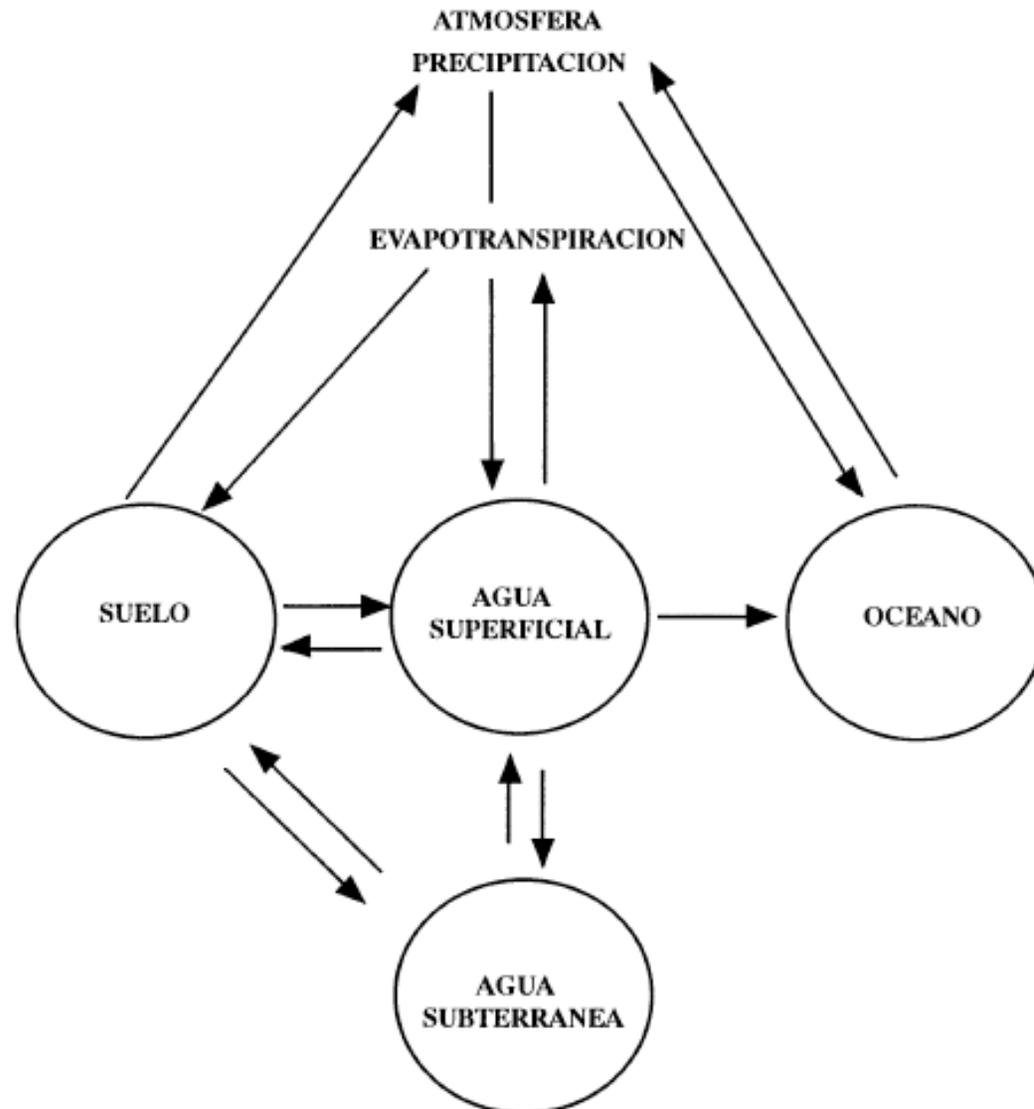


El ciclo hidrológico determina interacciones entre componentes ambientales

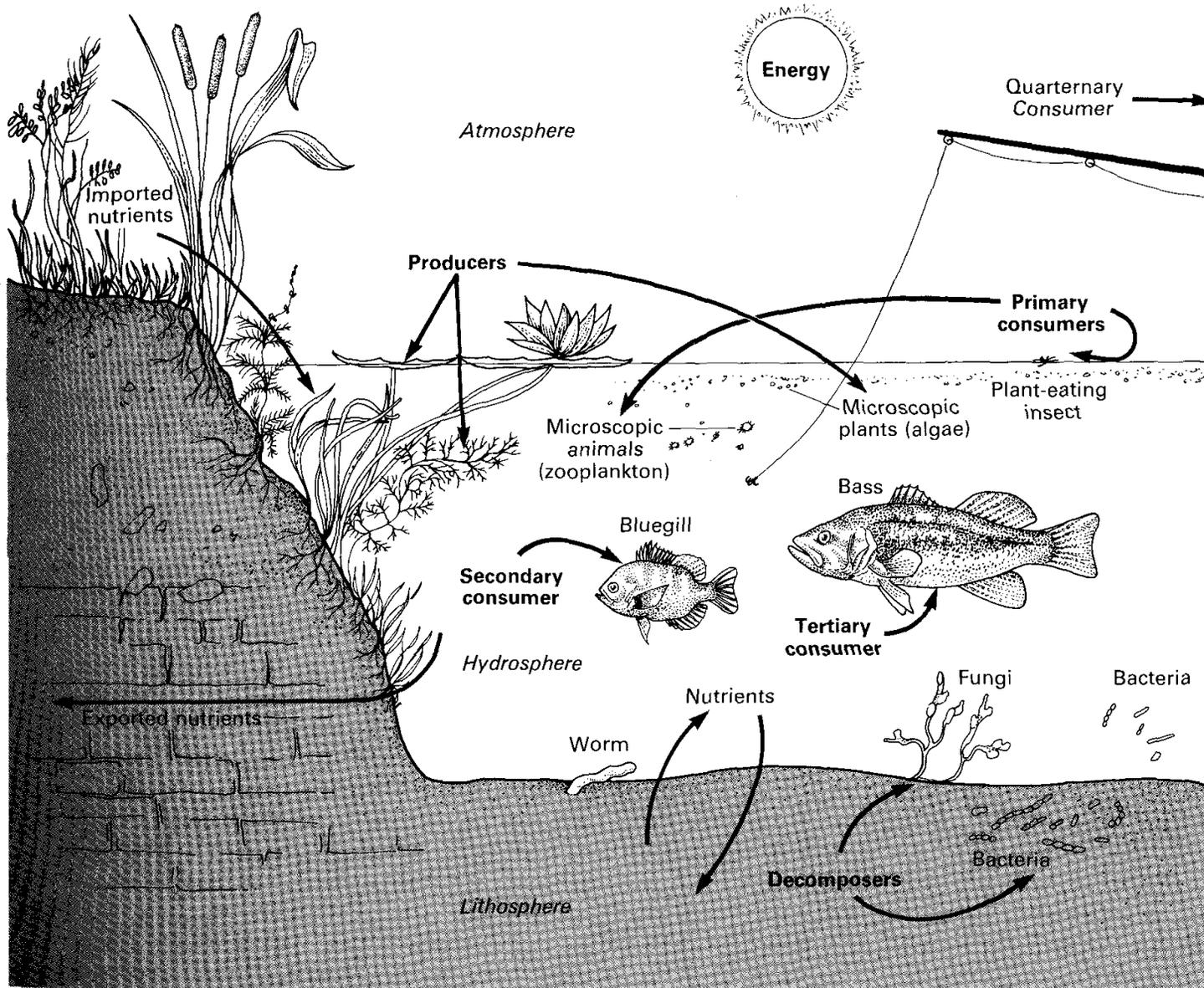


Fases o compartimentos ambientales

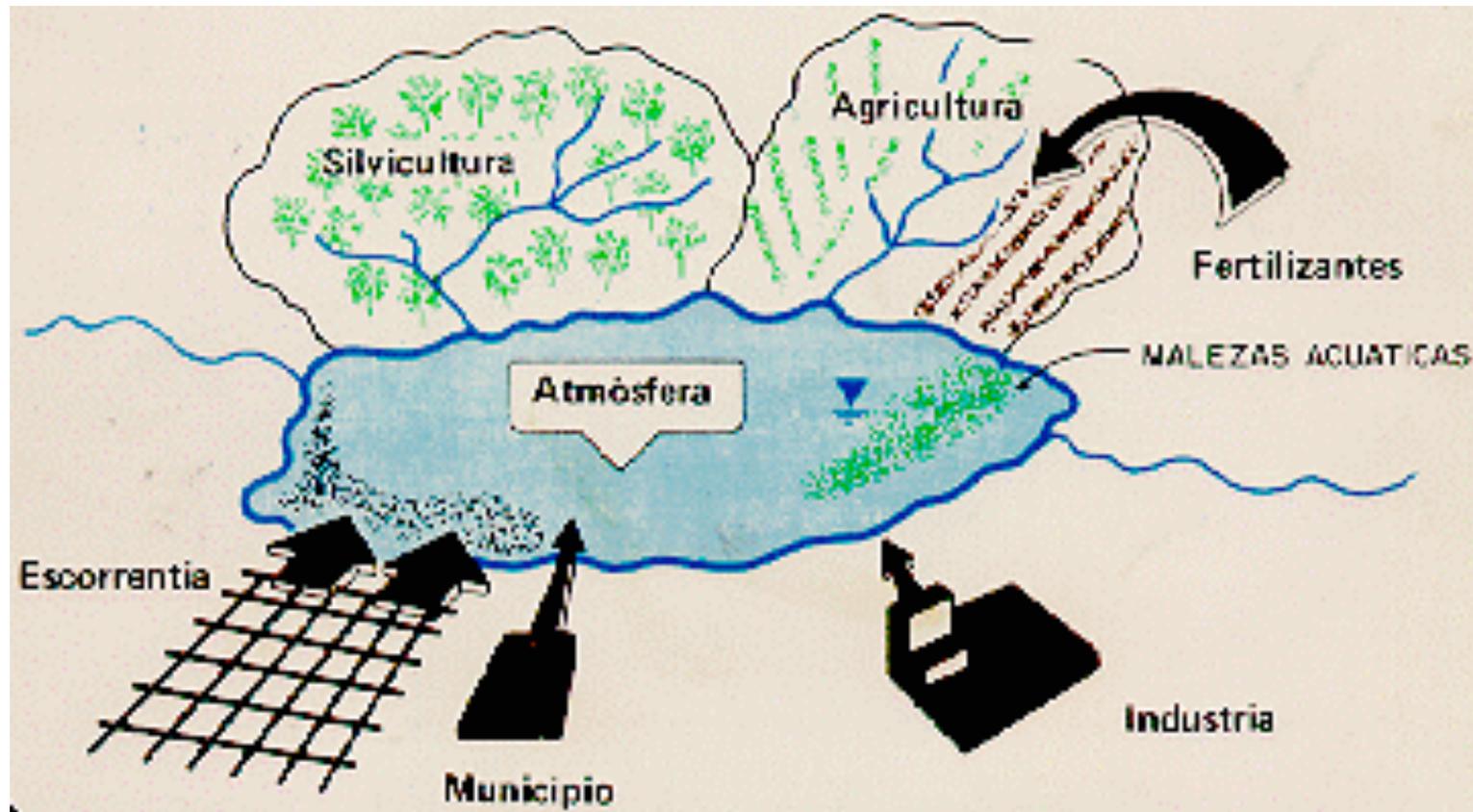
Figura 1
Interacciones Agua-Aire-Suelo



Ejemplo de sistema ambiental: Un lago



Ejemplo de sistema ambiental: Límites espaciales



¿Cuál es el límite espacial del sistema?

Problemas ambientales

- Utilización de recursos naturales (bosques, pesca, agua)
- Manejo de residuos (sólidos, líquidos, geaseosos)

Escalas espaciales (local, regional, global) y temporales (corto plazo, largo plazo).

Figura 2
Ciclo de Desechos en una Sociedad Agrícola

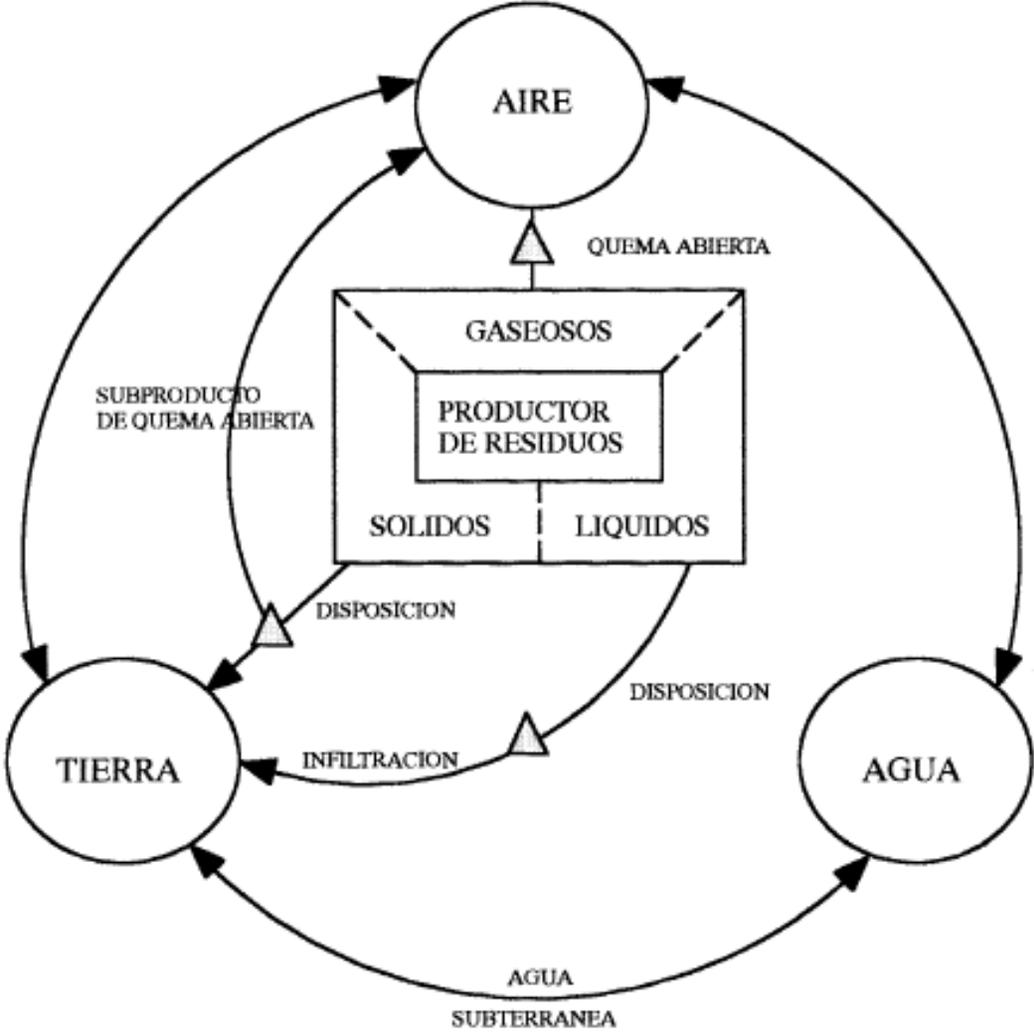
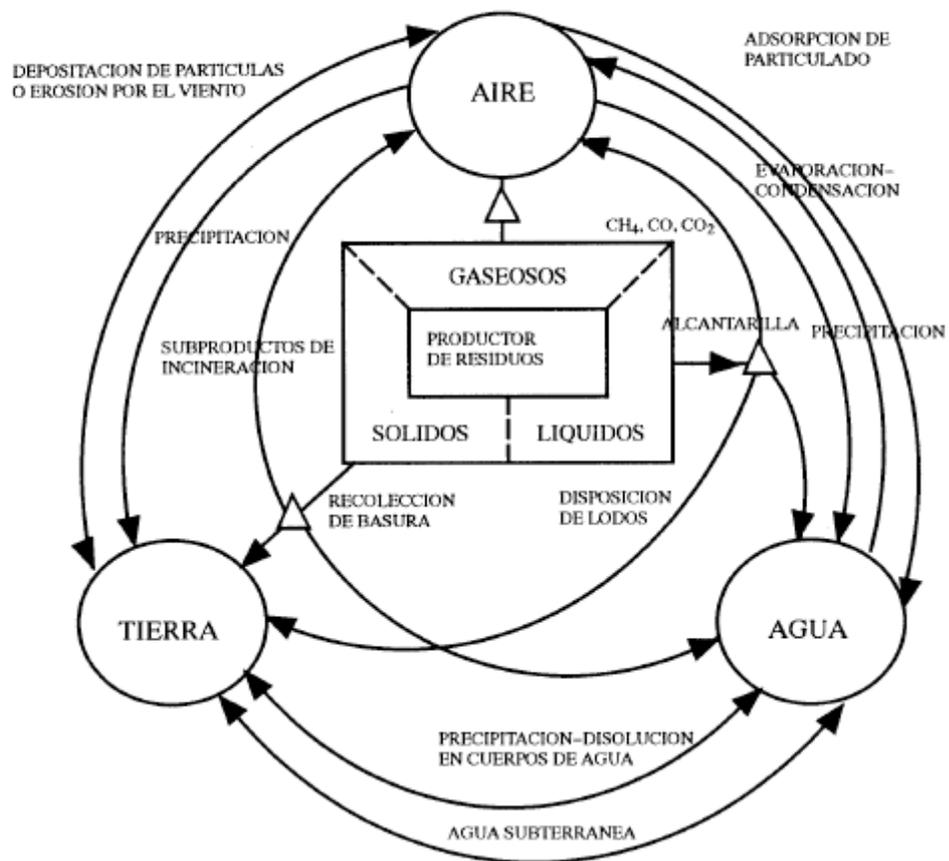


Figura 3
Ciclo de Desechos en una Sociedad Industrializada



- AMBIENTE FISICO
- PRODUCTOR DE RESIDUOS
- △ PROCESOS

- PRODUCTORES DE DESECHOS**
- POBLACION HUMANA Y ANIMAL
- INDUSTRIA
- TRANSPORTE
- ENERGIA
- PRODUCTOS DE DESECHO**
- LIQUIDOS:
- HUMANOS Y ANIMALES
- INDUSTRIAL Y COMERCIAL
- TRANSPORTE
- GASEOSOS:
- PRODUCTOS DE COMBUSTION
- QUEMA AL AIRE LIBRE
- MATERIAL PARTICULADO Y GASES
- TRANSPORTE
- SOLIDOS:
- INDUSTRIAL Y DOMESTICO
- LODOS
- RESIDUOS PELIGROSOS

Rol de la tecnología: Desarrollo Sustentable

“Patrón de desarrollo que permite satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”

(Our Common Future, Comisión Brundtland, 1987)

Variable temporal → Incertidumbre

Formas de capital → ¿Intercambiables?

Decisiones en ingeniería

Diferentes criterios de decisión:

- Técnico (Efectividad)
- Económico: Mínimo costo y costo-beneficio
- Impacto Ambiental
- Salud Pública (Análisis de riesgo)
- Ético

Decisiones en ingeniería

Ejemplo 1: Efectividad técnica

Una pequeña comuna con 1950 habitantes enfrenta el problema de recolección de sus residuos sólidos. Para ello tienen tres alternativas de camiones:

Camión A: 20 m³ de capacidad

Camión B: 17 m³ de capacidad

Camión C: 15 m³ de capacidad



Si el camión recolecta la basura de 1/5 de la comuna cada día de semana, cada residencia será servida una vez por semana y el camión deberá ir una vez al día al vertedero. Qué camión tiene capacidad suficiente?

Supuestos:

Asumir tasa de producción de residuos de 1.5 kg/hab/día.

Asumir que cada camión compacta la basura a 250 kg/m³

Decisiones en ingeniería

Diferentes criterios de decisión:

- Técnico (Efectividad)
- Económico: Mínimo costo y costo-beneficio (Eficiencia)
- Efectos en salud (Análisis de riesgo)
- Impacto Ambiental
- Ético

Decisiones en ingeniería

Ejemplo 2: Mínimo costo

	Camión A	Camión B
Costo Inicial (capital)	\$80,000	\$120,000
Mantenimiento (anual)	\$6,000	\$2,000
Operación (anual)	\$8,000	\$4,000



Considere una tasa de descuento del 5% y una vida útil de 10 años

Comparar costos en términos de *valor presente* y *costo anual*

Decisiones en ingeniería

Ejemplo 3: Análisis Beneficio-Costo

Alternativa A: Dos camiones (recolección dos veces por semana)

Alternativa B: Un camión e incineración de la fracción combustible de la basura (40%) para reducir el volumen a recolectar

(Se requiere identificar beneficios y costos de cada alternativa)

Decisiones en ingeniería: Análisis Beneficio/Costo

Típicamente los beneficios se pueden estimar como “costos evitados” si se lleva a cabo una determinada alternativa

El beneficio asociado al sistema de recolección puede estimarse como el costo evitado de que CADA hogar tenga que llevar sus residuos una vez por semana al relleno sanitario.

	Alternativa A	Alternativa B
Beneficios anuales	250.000	150.000
Costos anuales	257.784	143.884
Inversión+O&M	47784	23884
Impactos ambientales	10000	0
Mano de obra operacional	200000	120000

Análisis económico bajo incertidumbre

Típicamente los indicadores del análisis económico presentan distintos valores para diversos escenarios

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Alternativa A	10	10	10
Alternativa B	10	0	25

- Perfiles de riesgo
- Perfiles de riesgo acumulado (Probabilidad de no excedencia)

Decisiones en ingeniería

Diferentes criterios de decisión:

- Técnico (Efectividad)
- Económico: Mínimo costo y costo-beneficio (Eficiencia)
- **Impacto Ambiental**
- Efectos en salud (Análisis de riesgo)
- Ético

Decisiones en ingeniería: Impacto Ambiental

Costos debido a degradación ambiental son de largo plazo y difíciles de cuantificar.

Según la Asociación Internacional para Evaluación de Impacto (IAIA) Evaluación de Impacto Ambiental es *el proceso, previo a la toma de decisión, de identificar, predecir, evaluar y mitigar los efectos biofísicos y sociales de una propuesta de desarrollo de un proyecto*

En Chile → Ley de Bases del Medio Ambiente (19.300 Marzo 1994)

Establece sistema de evaluación de Impacto Ambiental

Decisiones en ingeniería: Impacto Ambiental

Un estudio de impacto ambiental tiene tres partes:

- **Inventario:** recolección de datos hidrológicos, meteorológicos, biológicos, etc. Incluye, por ejemplo, una lista de especies de animales y plantas en el área de influencia. (Incluye **Línea Base**)
- **Procesamiento:** análisis de la información recolectada en la etapa anterior. Existen varios métodos.
- **Evaluación:** conclusiones y recomendaciones

Estudios de impacto ambiental: Procesamiento

•Lista de chequeo cuantitativa → Identifica elementos del medio ambiente que pueden ser afectados por el proyecto propuesto y determina:

- Importancia del impacto (0 a 5)
- Magnitud del impacto (0 a 5)
- Naturaleza del impacto (positivo o negativo)

El impacto ambiental se calcula como:

$$IA = \sum_{i=1}^n (I_i \times M_i \times N_i)$$

Ejemplo 4: Análisis de Impacto Ambiental (lista de chequeo cuantitativa)

- El camión alcanzó su vida útil y debe ser reemplazado
- La capacidad de un camión parece ser insuficiente

Alternativa A: Dos camiones (recolección dos veces por semana)

Alternativa B: Un camión e incineración de la fracción combustible de la basura (40%) para reducir el volumen a recolectar

Se pide analizar el impacto ambiental de ambas alternativas usando una **lista de chequeo cuantitativa**.

Decisiones en ingeniería: Impacto Ambiental

Matriz de interacción (Leopold, 1971) es una representación de los impactos de un proyecto sobre el medio ambiente.

Es apropiada para proyectos más complejos, que involucran varias acciones que generan impactos

Incluye magnitud del impacto (-10 a +10) e importancia del impacto (1 a 10)

Columnas → Actividades (acciones) del proyecto

Filas → Componentes del medio ambiente

Decisiones en ingeniería: Impacto Ambiental

INSTRUCTIONS

1. Identify all actions (located across the top of the matrix) that are part of the proposed project.
2. Under each of the proposed actions, place a slash at the intersection with each item on the side of the matrix if an impact is possible.
3. Having completed the matrix, in the upper left-hand corner of each box with a slash, place a number from 1 to 10 which indicates the **MAGNITUDE** of the possible impact; 10 represents the greatest magnitude of impact and 1 the least (no zeroes). Before each number place + if the impact would be beneficial. In the lower right-hand corner of the box place a number from 1 to 10 which indicates the **IMPORTANCE** of the possible impact (e. g., regional vs. local); 10 represents the greatest importance and 1 the least (no zeroes).
4. The text which accompanies the matrix should be a discussion of the significant impacts, those columns and rows with large numbers of boxes marked and individual boxes with the larger numbers.

SAMPLE MATRIX

	a	b	c	d	e
a		2 1			8 5
b		7 2	6 8	3 1	9 7

Ejemplo 5: Análisis de Impacto Ambiental (matriz de interacción)

- El camión alcanzó su vida útil y debe ser reemplazado
- La capacidad de un camión parece ser insuficiente

Alternativa A: Dos camiones (recolección dos veces por semana)

Alternativa B: Un camión e incineración de la fracción combustible de la basura (40%) para reducir el volumen a recolectar

Modificación a la lista de chequeo cuantitativa: Lista de chequeo ponderada por parámetro común

- Sustituye la magnitud (M) del impacto por un término llamado Efecto (E) y se calcula a partir de datos ambientales reales
- La importancia se expresa como “pesos” (W)

Decisiones en ingeniería: Impacto Ambiental

Un estudio de impacto ambiental tiene tres partes:

- **Inventario:** recolección de datos hidrológicos, meteorológicos, biológicos, etc. Incluye, por ejemplo, una lista de especies de animales y plantas en el área de influencia. (Incluye **Línea Base**)
- **Procesamiento:** análisis de la información recolectada en la etapa anterior. Existen varios métodos.
- **Evaluación:** conclusiones y recomendaciones

Contenido Estudios de IA

- Descripción del proyecto o actividad
- Plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable
- Línea de base
- Descripción de aquellos efectos, características o circunstancias del Artículo 11 de la Ley que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental
- Identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo
- Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación, y las medidas de prevención de riesgos y control de accidentes, si correspondieren
- Plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de IA

Contenido Declaración de IA

- Indicación del tipo de proyecto o actividad de que se trata
- Descripción del proyecto o actividad que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán
- Indicación de los antecedentes necesarios para determinar si el impacto ambiental que generará o presentará el proyecto o actividad se ajusta a las normas ambientales vigentes, y que éste no requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y en el Reglamento
- Descripción del contenido de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular del proyecto o actividad contemple realizar

Decisiones en ingeniería

Diferentes criterios de decisión:

- Técnico (Efectividad)
- Económico: Mínimo costo y costo-beneficio (Eficiencia)
- Impacto Ambiental
- Efectos en salud (Análisis de riesgo)
- Ético

Decisiones en ingeniería: Análisis de Riesgo

- Evaluación de riesgo: estima efectos potenciales de ciertos factores de peligro para la salud humana
- Manejo del riesgo: reducción de riesgos considerados inaceptables

Factores de riesgo: componentes ambientales asociados con un efecto adverso sobre un individuo (no necesariamente relación CAUSA-EFECTO)

- Exposición al factor de riesgo precede la aparición del efecto adverso
- El efecto adverso usualmente no se observa en ausencia del factor de riesgo
- A mayor intensidad del factor de riesgo, mayor es el efecto adverso
- La ocurrencia o magnitud del efecto adverso es significativamente mayor en presencia del factor que riesgo que en ausencia de éste

Análisis de Riesgo Ambiental

1. Definir fuente de contaminante
2. Identificar rutas y tasas de exposición
3. Identificar a los receptores (personas bajo riesgo)
4. Determinar el impacto potencial en salud del contaminante sobre el receptor (Dosis-respuesta)
5. Decidir qué nivel de impacto es aceptable
6. Basado en el impacto aceptable, calcular la concentración aceptable en el receptor y en el ambiente
7. Si la situación actual excede la aceptable, determinar alternativas tecnológicas para alcanzar niveles aceptables

Decisiones en ingeniería: Análisis de Riesgo

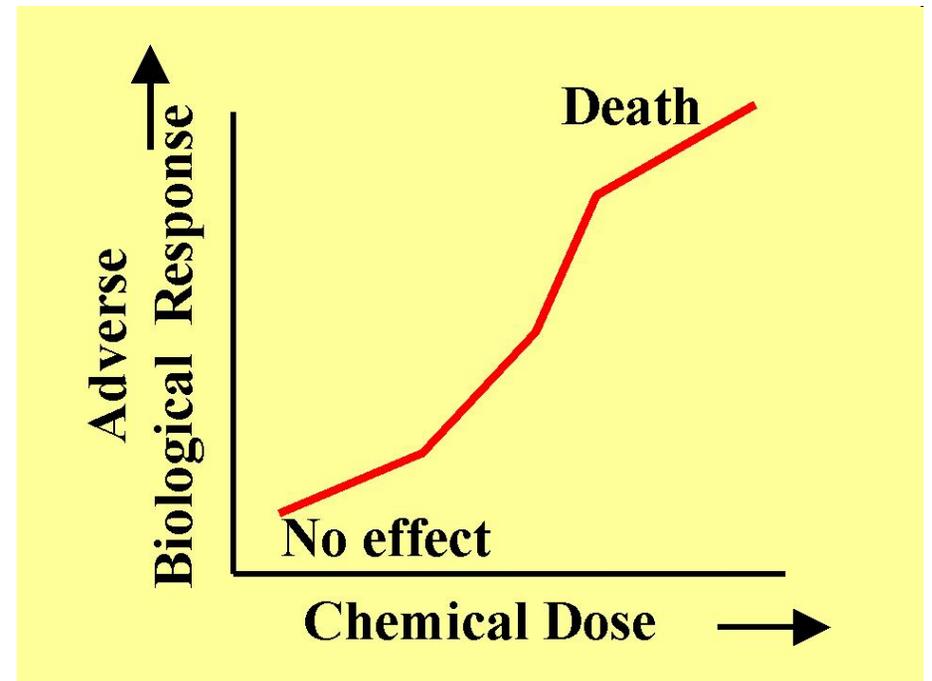
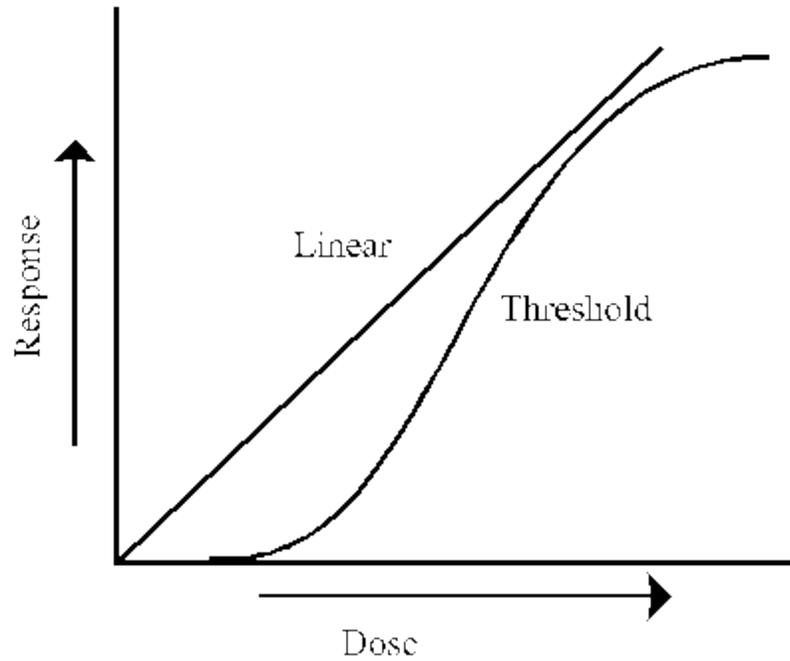
RIESGO

PELIGRO

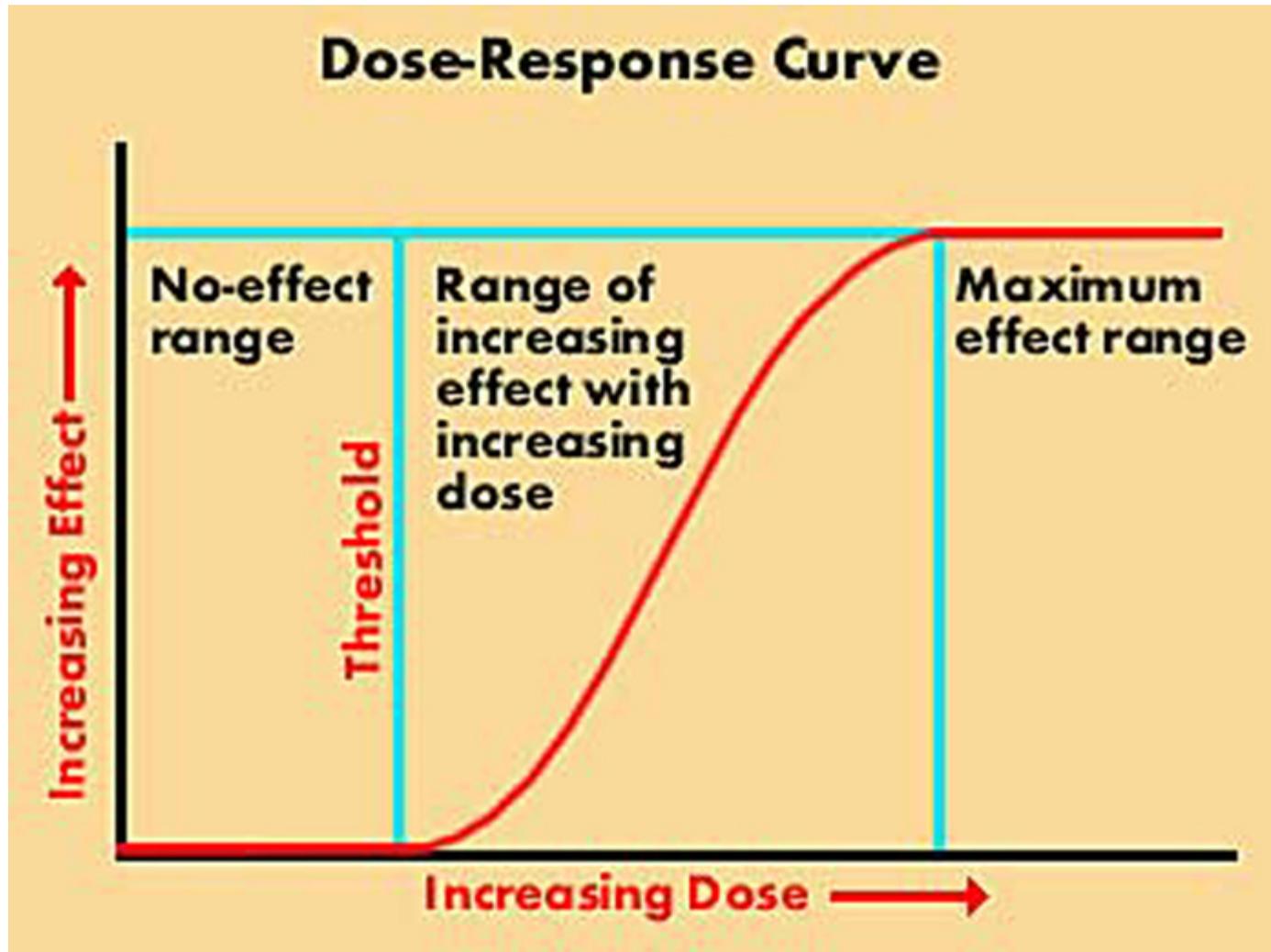


PELIGRO + EXPOSICIÓN → RIESGO

Curvas dosis-respuesta



Curvas dosis-respuesta



¿Cómo expresar (cuantitativamente) un riesgo?

- *Riesgo absoluto*

Ejemplo 1: En un pueblo de 10.000 habitantes funciona una fábrica de asbesto-cemento. El año pasado murieron 10 personas por asbestosis. ¿Cuál es el riesgo de morir de asbestosis?

- **Riesgo relativo: *Comparación con situación sin factor de riesgo (o con promedio del país)***

Ejemplo 2: En un pueblo de 10.000 habitantes funciona una fábrica de asbesto-cemento. El año pasado murieron 10 personas por asbestosis. En el pueblo vecino de 20.000 habitantes, donde no hay fábrica de asbesto, 2 personas murieron por asbestosis ¿Cuánto más probable es morir de asbestosis en el pueblo donde se ubica la fábrica?

¿Cómo expresar (cuantitativamente) un riesgo?

- *Comparación con tasas de mortalidad por distintas causas*

Ejemplo 2: En el mismo pueblo del ejemplo 1

Ataque al corazón (5), Accidentes (4), Asbestosis (10), otros (6)

¿Cómo se compara el riesgo de morir de asbestosis con el riesgo de morir de un ataque al corazón?

- *Porcentaje del total de muertes*

- *Pérdida de años de vida (días trabajados o años trabajados)*

Ejemplo: Integrando análisis de riesgo con costo-beneficio

La reducción del 95% de las emisiones a la atmósfera desde una instalación industrial cuesta 10 millones de dólares. Análisis toxicológicos indican que las muertes debido a dichas emisiones disminuirán de 10 a 4 por año. ¿Debería invertirse en la reducción de emisiones?

Factor de potencia (para cancerígenos)

FP es el riesgo de contraer cáncer producido por una exposición de por vida a una dosis diaria de 1 mg/ kg de peso/ día.

$$\text{Riesgo} = \text{Dosis diaria} * \text{FP}$$

Ejemplo: La EPA incluye el Cromo VI como un cancerígeno con un FP por inhalación de 41 (mg/kg-día)⁻¹. Un incinerador de lodos SIN dispositivo de control de emisiones emite cromo VI a una tasa que produce una concentración ambiente de 0.001 ug/m³. ¿Será necesario tratar las emisiones para que el riesgo no exceda un caso de cáncer adicional por millón de personas?

Decisiones en ingeniería: Análisis de Riesgo

- Evaluación de riesgo incluye 4 tareas o etapas:
 - Identificación del peligro (o factor de riesgo): Identificación de una sustancia que pueda tener efectos adversos sobre la salud
 - Caracterización del peligro: efectos en salud (dosis-respuesta)
 - Evaluación de la exposición a esta sustancia (¿Quién? ¿Rutas de exposición? ¿Duración de la exposición?)
 - Estimación de la probabilidad (riesgo) de ocurrencia de dichos efectos

FIN