

Curso Sobre Protección Vegetal y Ecotoxicología 2023



Maestría en Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de la Plata (UNLP)

Curso Sobre Protección Vegetal y Ecotoxicología 2023

Grupo Docente

Dr. Pedro Carriquiriborde
Dr. Damián Marino
Dr. Pablo Demetrio
Dr. Federico Rimoldi



Maestría en Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de la Plata (UNLP)

Curso Sobre Protección Vegetal y Ecotoxicología 2023

Programa

- Introducción a la Ecotoxicología
- Plaguicidas y su distribución Ambiental
- Métodos para evaluar su toxicidad
- Efectos subletales y biomarcadores
- Efecto letales y LC50
- Efectos sobre comunidades terrestres y acuáticas
- Riesgo ecológico



Maestría en Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de la Plata (UNLP)

Introducción



Introducción

Agricultura



Definición

Conjunto de técnicas, conocimientos y saberes para cultivar la tierra y la parte del sector primario que se dedica a ello. En ella se engloban los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y los cultivos de vegetales.

Origen de la agricultura



Introducción

Agricultura

Beneficios: producción de alimentos y materiales, económicos

Impactos Ambientales:

- Biodiversidad (genética, biológica, ecológica y cultural)
- Emisiones y cambio climáticos
- Consumo de agua y energía
- Desertificación y degradación de los suelos
- Contaminación



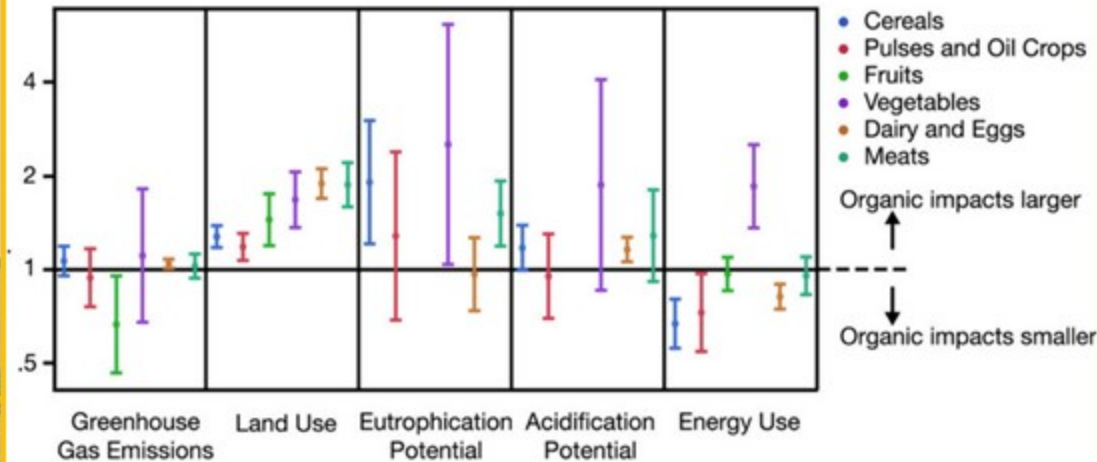
Introducción

Agricultura



Environmental impacts of farming

Organic claims to be more environmentally friendly, but a Swedish Food Administration report found organic lacking in 39 out of 53 reviewed aspects. In a recent meta-analysis, organic falls short of such claims in 24 out of 28 aspects:



Graph from the meta-analysis: Clark and Tillman 2017, *Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice*

Read more: thoughtscapism.com/2016/07/21/environmental-impacts-of-farming/
or fb.com/Thoughtscapism



Presented by
Thoughtscapism

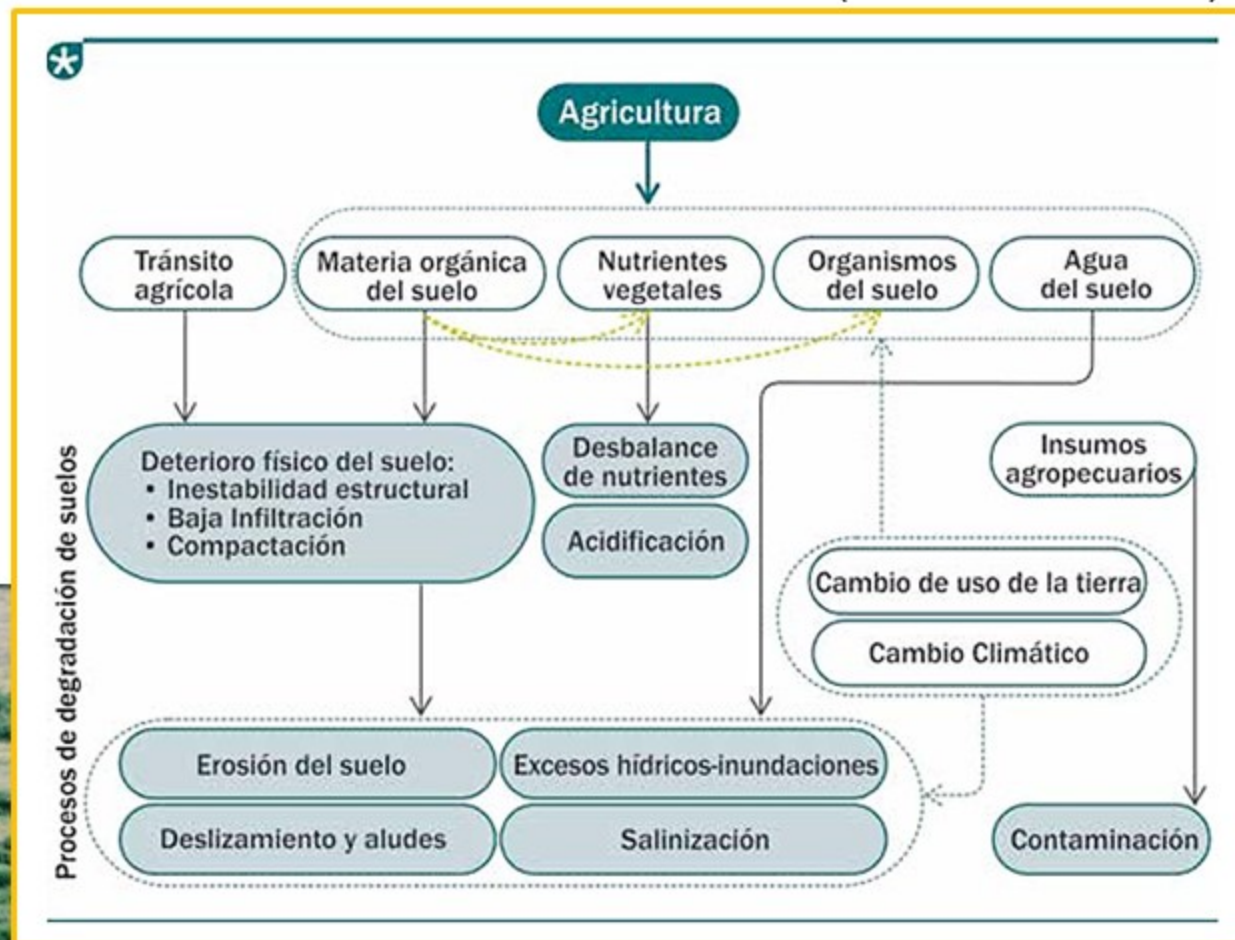


Introducción

Agricultura



(Andrade et al 2017)



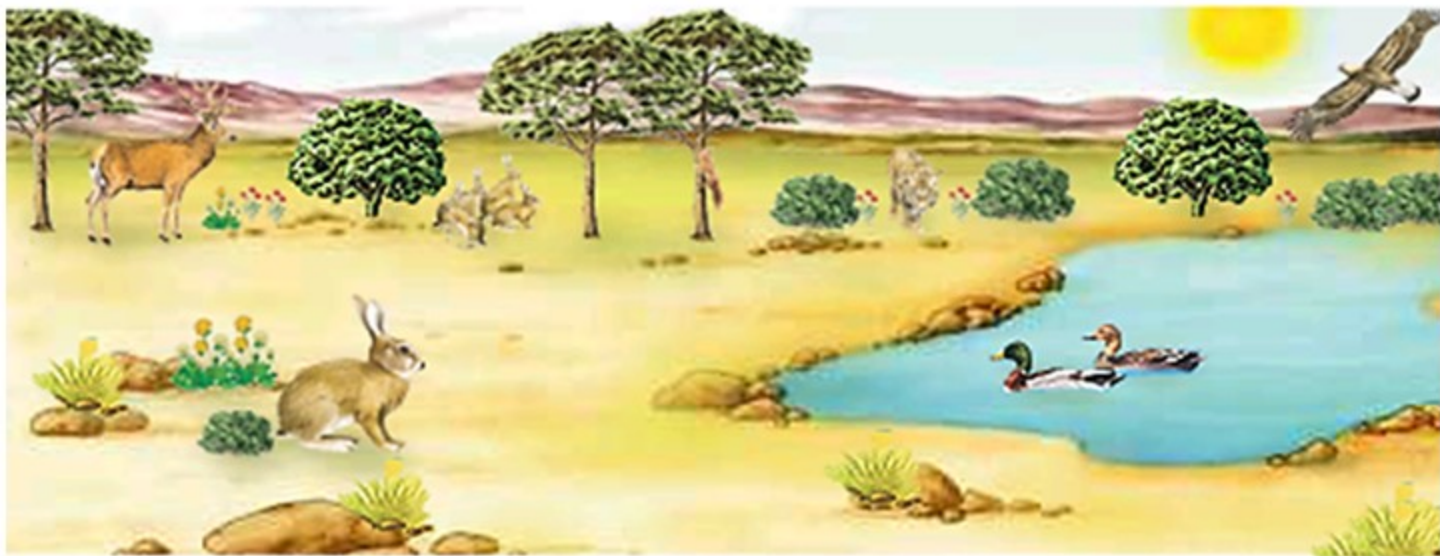
Introducción

Ecosistemas



Definición

Un ecosistema es un sistema biológico constituido por una comunidad de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan. Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.



ECOSISTEMA = BIOCENOSIS + BIOTOPO

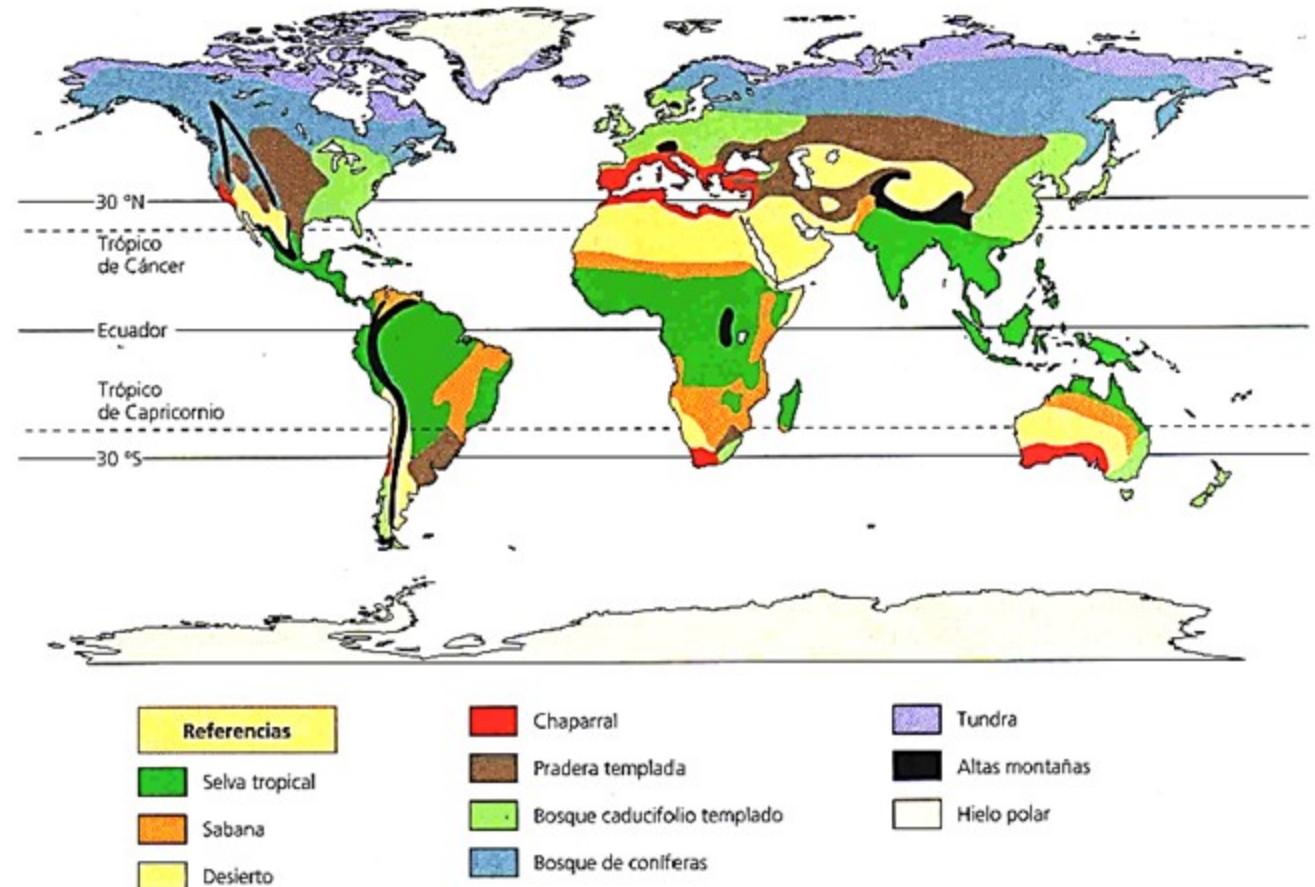


Introducción

Ecosistemas



Principales biomas terrestres



▲ **Fig. 50-19. Distribución de los biomas terrestres principales.** Aunque los biomas terrestres se ilustran con límites claros en esta figura, los biomas reales muestran una transición gradual entre sí y a veces a través de áreas relativamente grandes.



Introducción

Ecosistemas



Propiedades emergentes:

- Ciclos de la materia y la energía
- Estructura trófica
- Productividad primaria y secundaria
- Tasa de descomposición
- Biomasa en pie
- Eficiencia
- Estabilidad y Resiliencia
- Sucesión

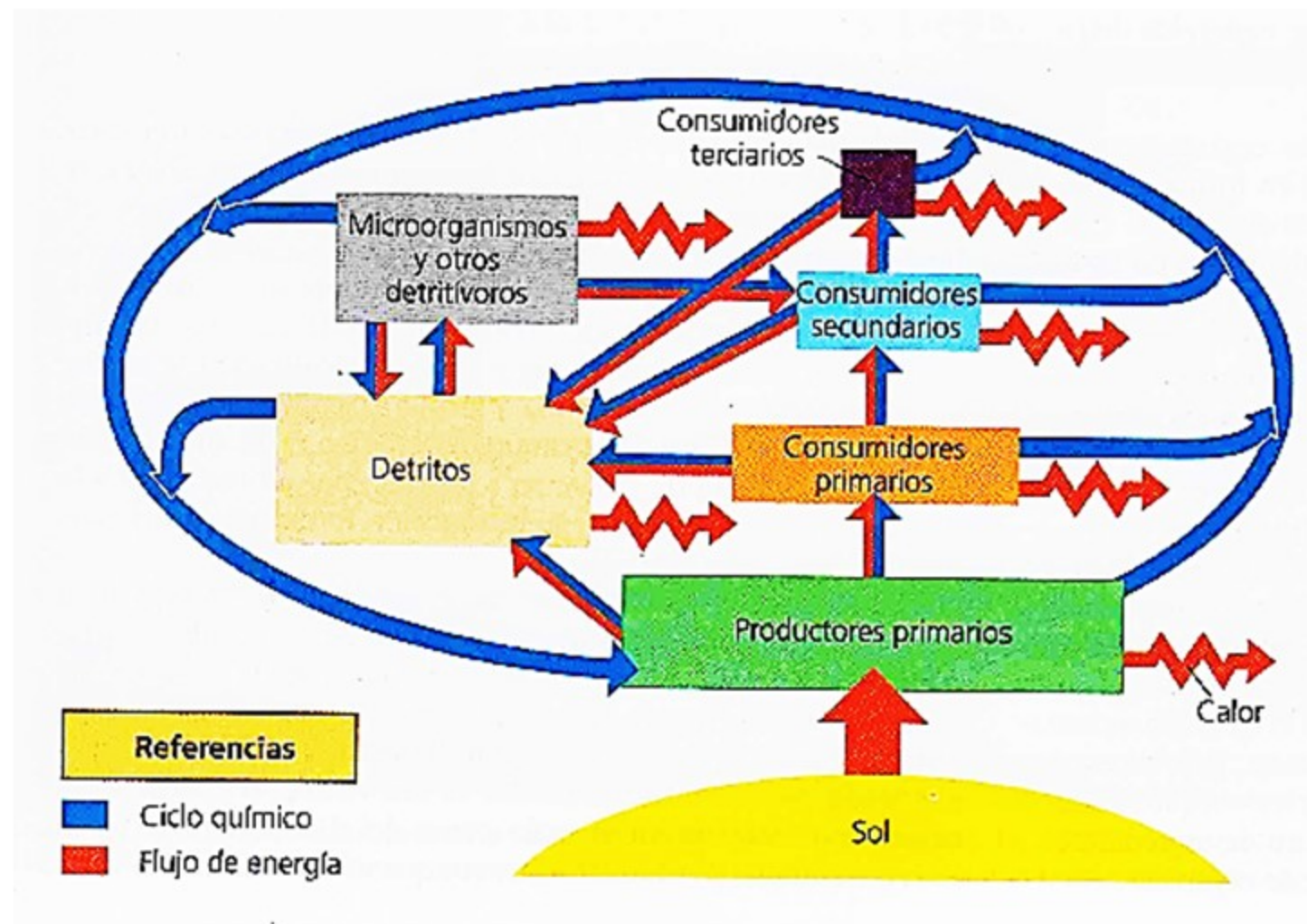


Introducción

Ecosistemas



Ciclos de la materia y de la energía:



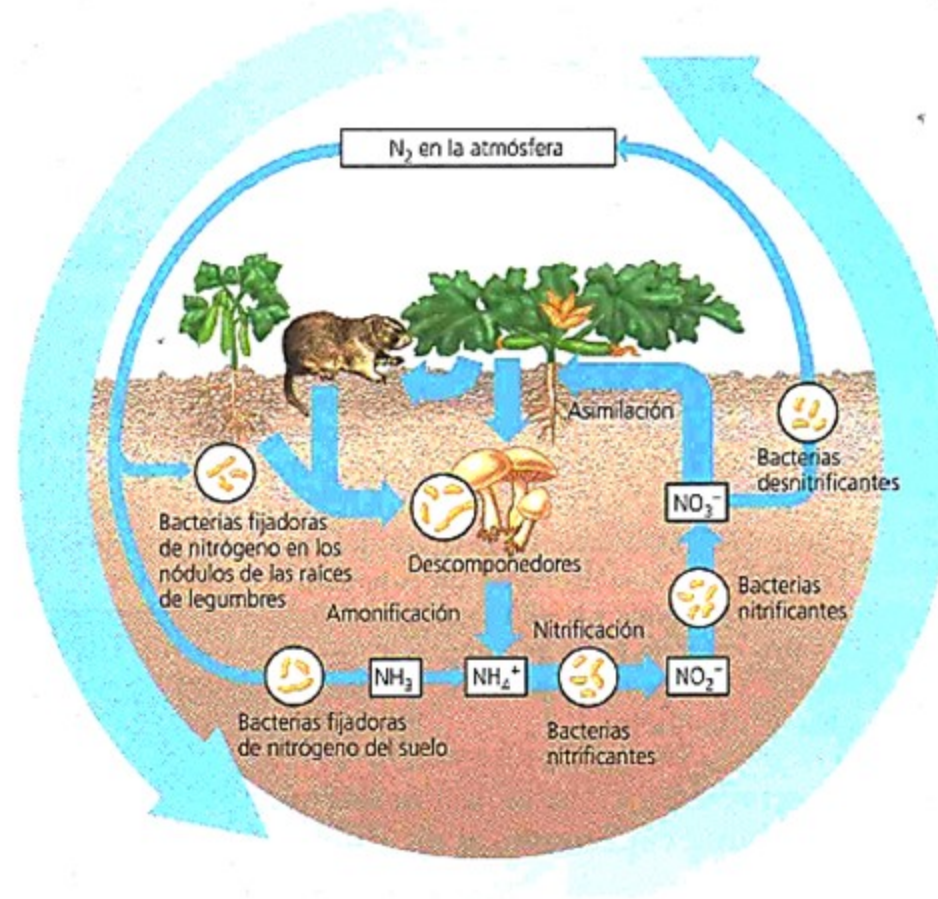
Introducción

Ecosistemas



- Ciclo del agua
- Ciclo del carbono
- Ciclo del Nitrógeno
- Ciclo del fósforo

Ciclos de la materia y de la energía:



Introducción

Ecosistemas



- La agricultura y la extracción de nutrientes

Ciclos de la materia y de la energía:



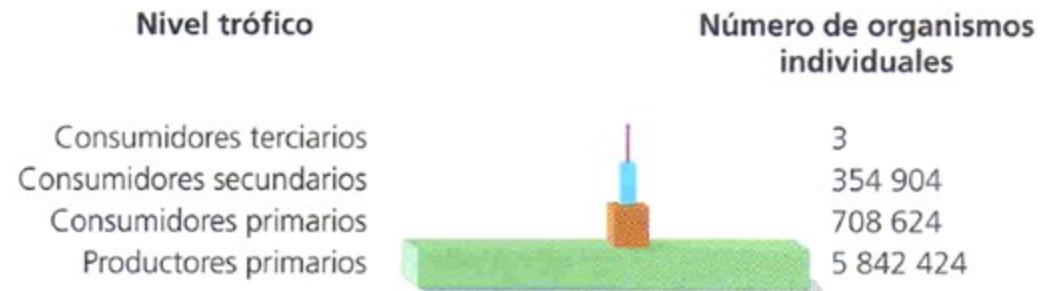
▲ **Fig. 54-20. Impacto de la agricultura sobre los nutrientes del suelo.** La eliminación de biomasa vegetal con la cosecha elimina nutrientes minerales que de otro modo volverían al suelo local. Para reemplazar la pérdida de nutrientes, los agricultores deben añadir fertilizantes orgánicos, como estiércol o paja, o fertilizantes industriales.

Introducción

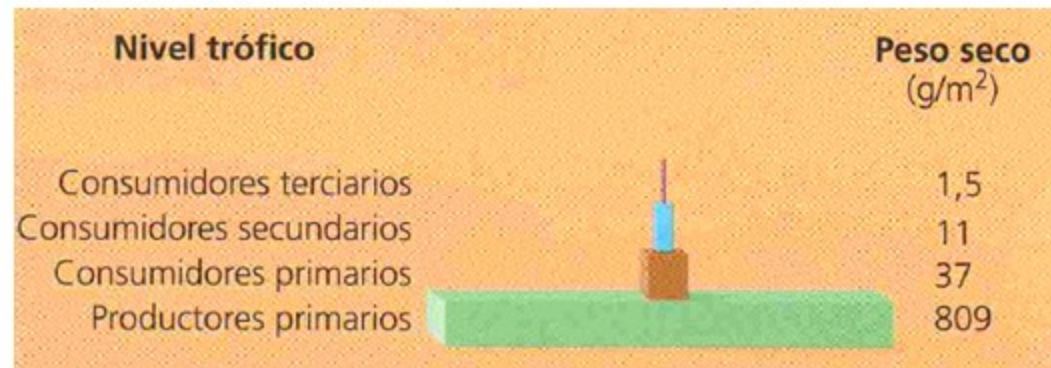
Ecosistemas



Estructura trófica:



▲ **Fig. 54-13. Pirámide de números.** En un campo de pasto azul de Michigan, un ecosistema basado en la producción de casi 6 millones de plantas mantiene sólo a tres carnívoros del nivel superior.



▲ **Fig. 54-12. Pirámides de biomasa (cosecha en pie).** Los números indican el peso seco (g/m^2) de todos los organismos de un nivel trófico.



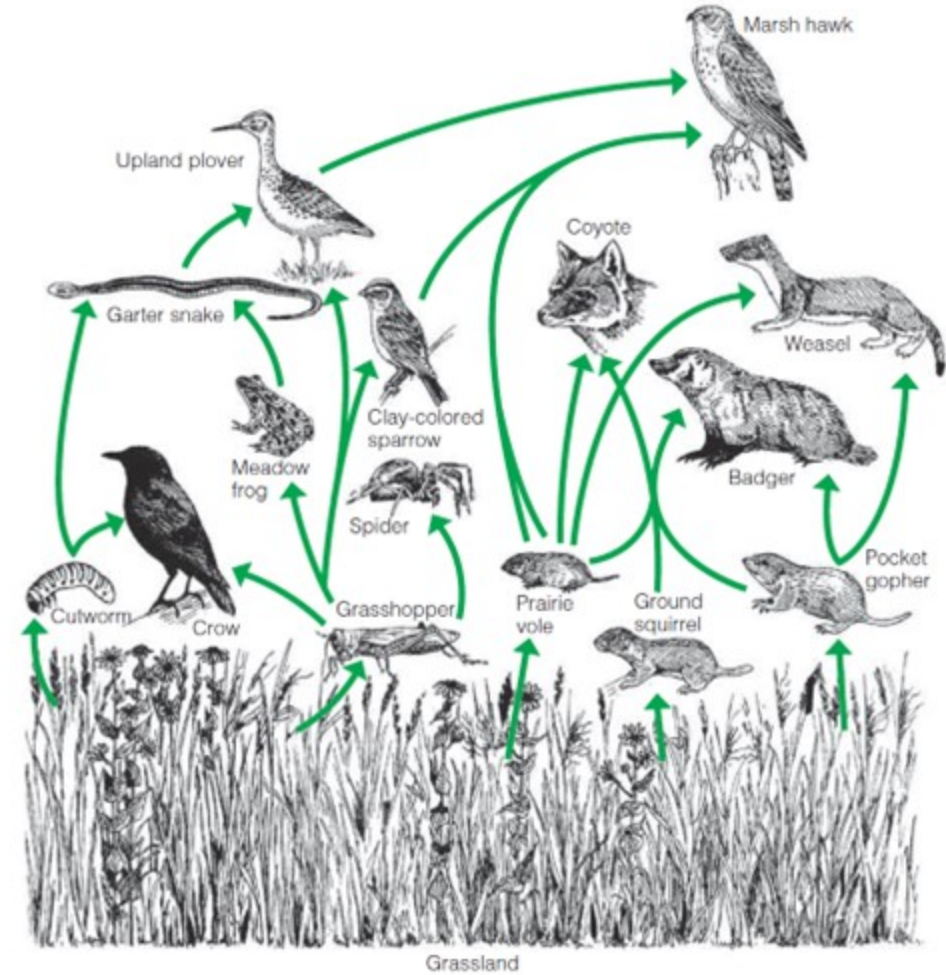
Introducción

Ecosistemas



- Cadenas y redes tróficas
- Especies clave

Estructura trófica:



Introducción

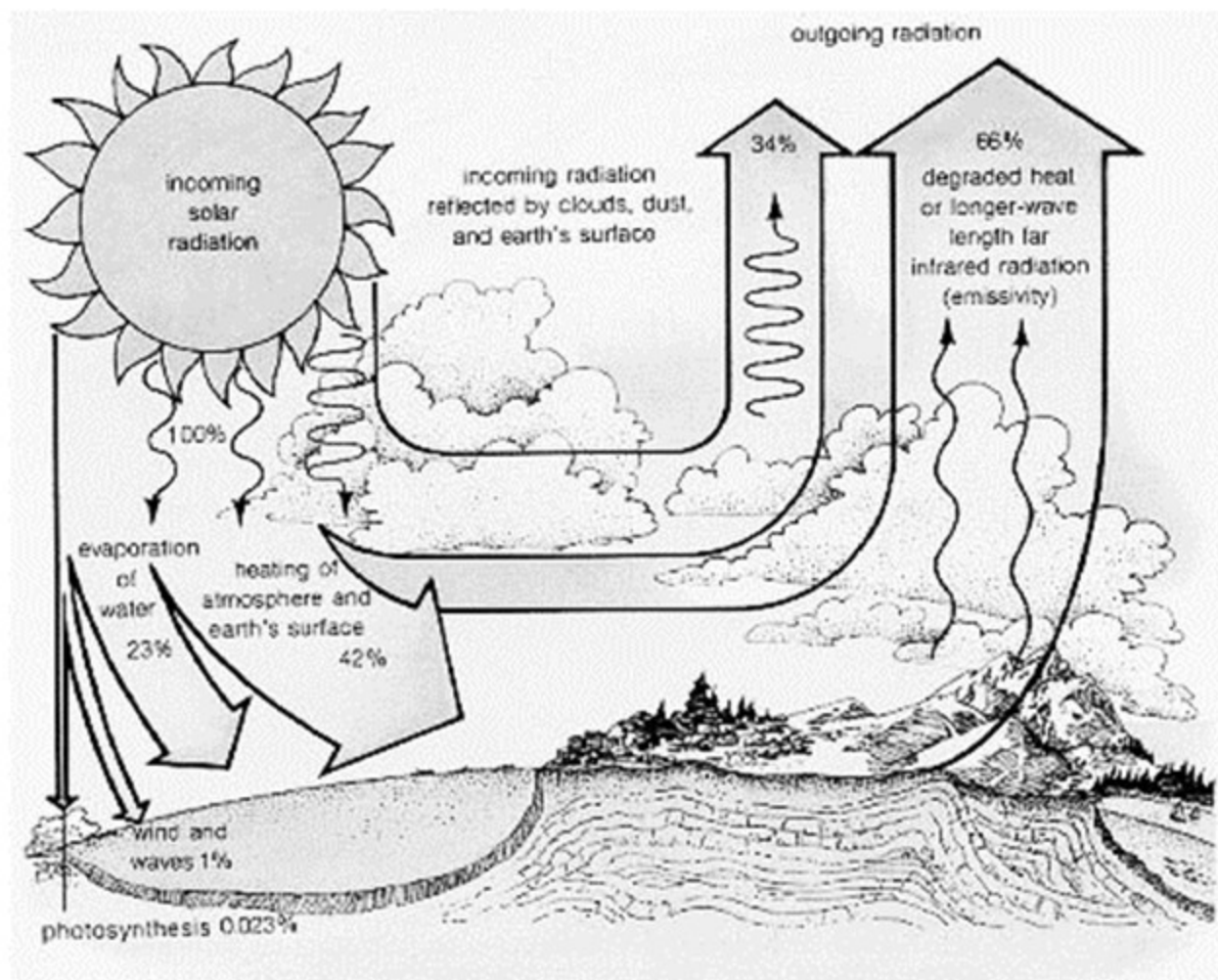
Ecosistemas



- Toda la energía que llega a la tierra proviene del sol
- Los vegetales son capaces de fijar sólo el 0.023%
- $PPN = PPB - R$



Producción primaria:



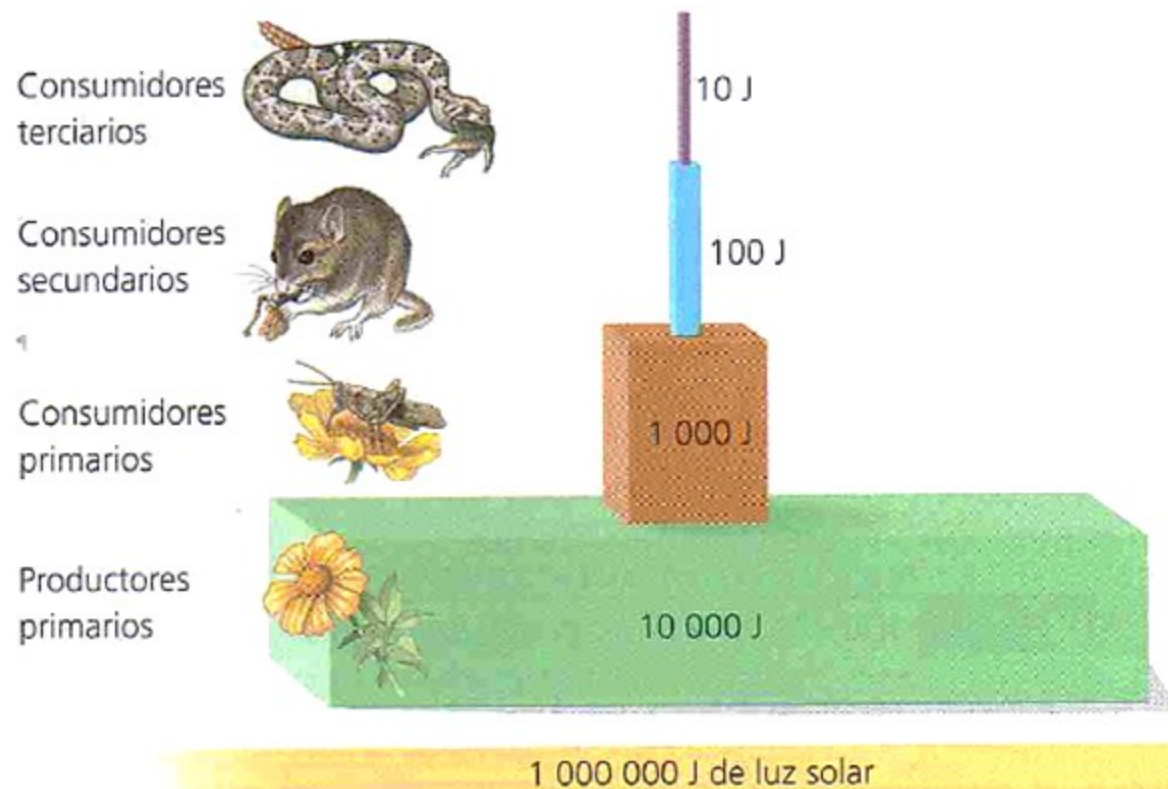
Introducción

Ecosistemas



- Niveles energéticos y la regla del 10%

Eficiencia de producción:



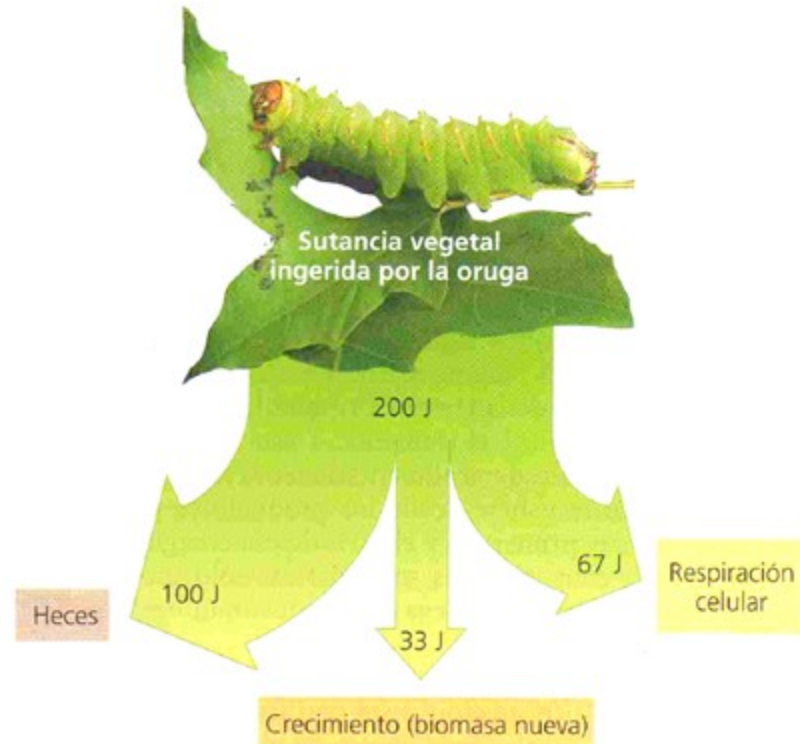
Introducción

Ecosistemas



- Niveles energéticos y la regla del 10%

Eficiencia de producción:



▲ Fig. 54-10. Partición de la energía en un eslabón de la cadena alimentaria. La oruga utiliza menos del 17% de su alimento para producción secundaria (crecimiento).



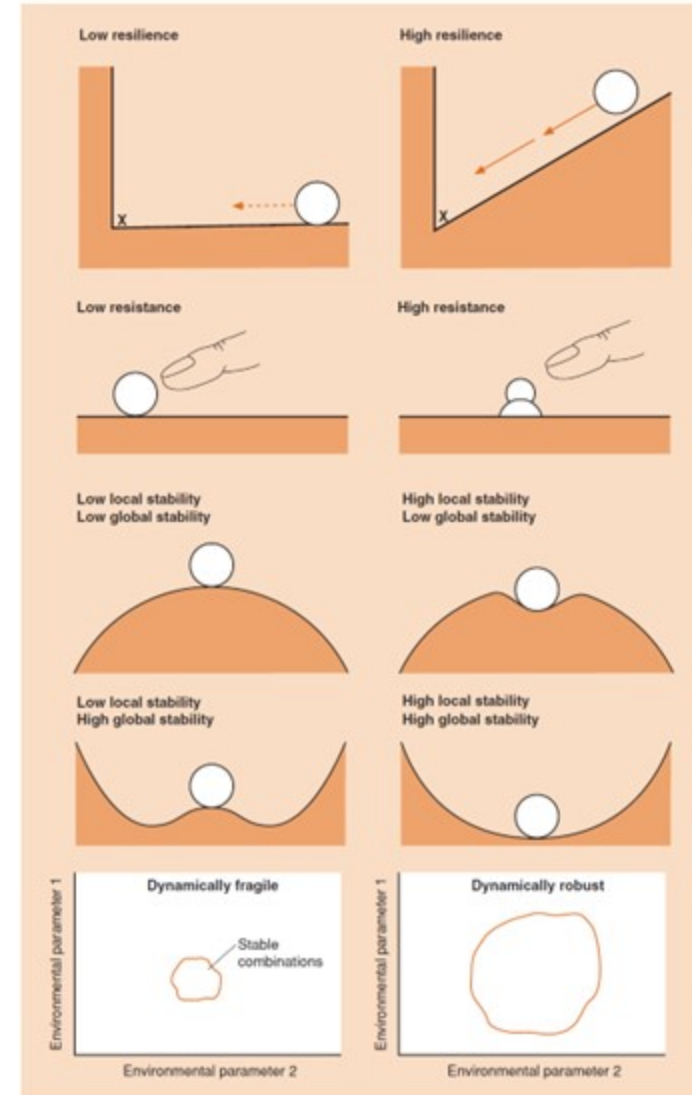
Introducción

Ecosistemas



- Niveles energéticos y la regla del 10%

Estabilidad y Resiliencia:

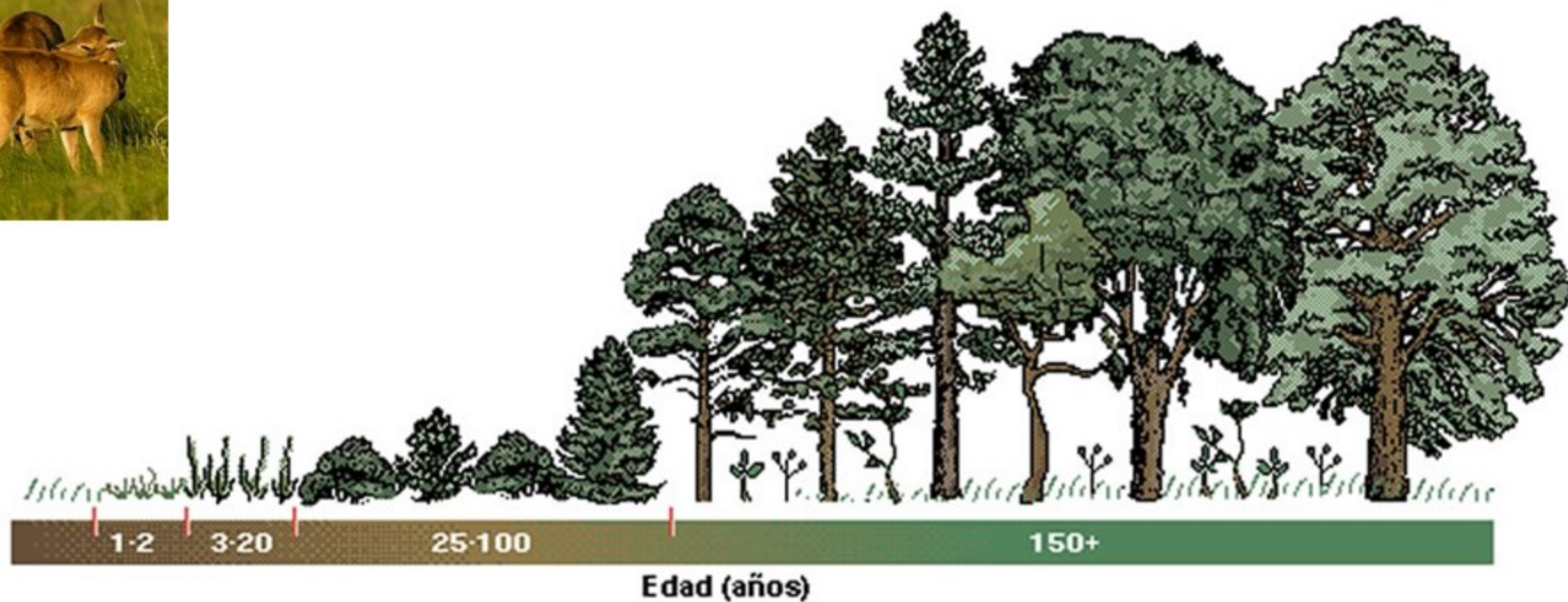


Introducción

Ecosistemas



Sucesión ecológica:



Introducción

Protección
Vegetal



Definición

La protección vegetal refiere a todo lo relacionado con la sanidad vegetal frente a los daños ocasionados por las plagas y enfermedades vegetales, así como el diagnóstico de las mismas que permitirán aplicar las medidas de erradicación y control más apropiadas.



Introducción

Protección
Vegetal



Plaguicidas

Manejo integral de
plagas

Otros métodos



Introducción

Manejo integral
de plagas



Manejo integrado de plagas en cultivos de arroz
una práctica amigable con el ambiente



Introducción

Manejo integral
de plagas



Libros de **Cátedra**

Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables

Santiago Javier Sarandón
Claudia Cecilia Flores
(editores)

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

n
naturales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

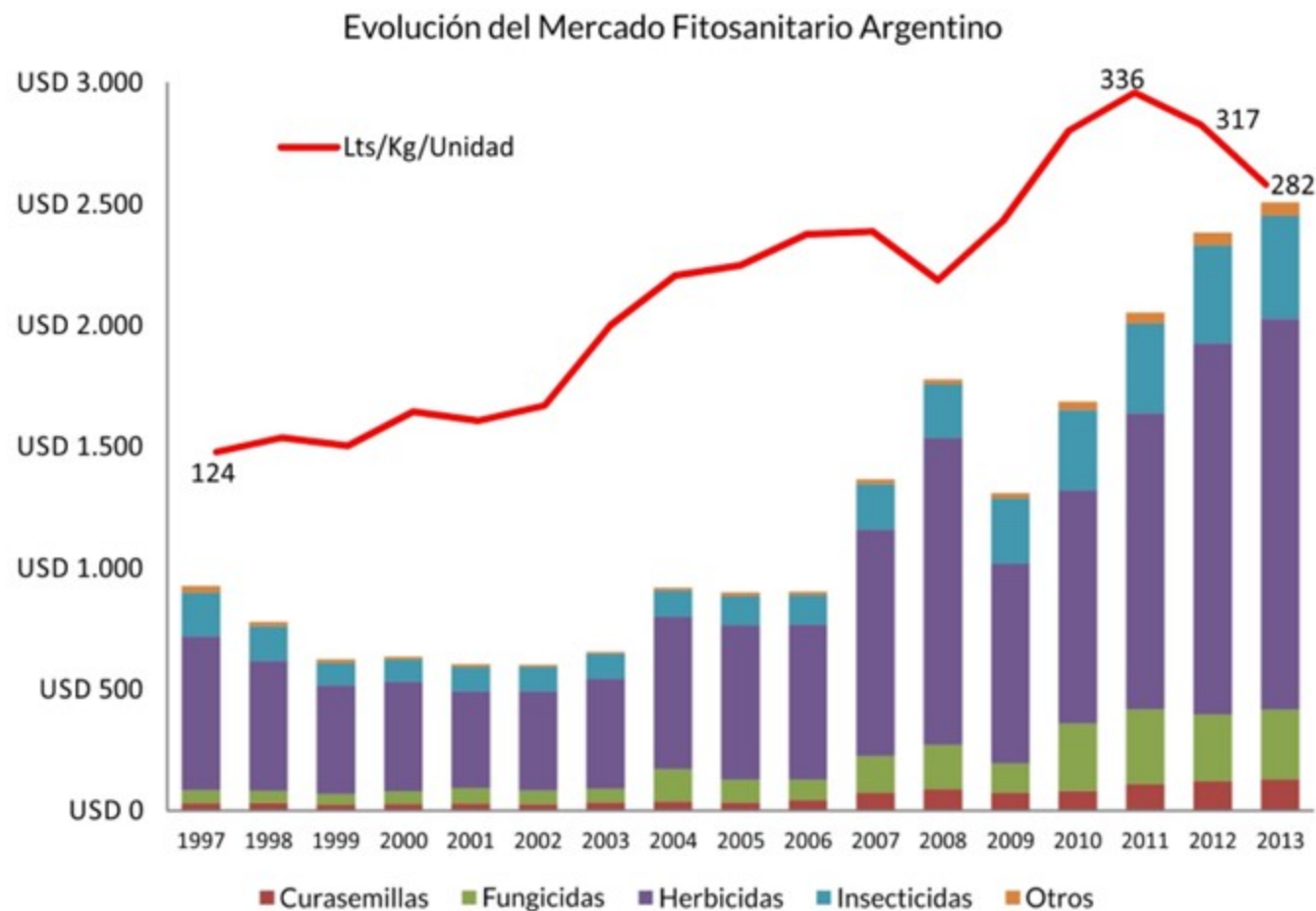


Introducción

Plaguicidas



- En los últimos 15 años se ha observado un incremento sostenido en el uso de plaguicidas

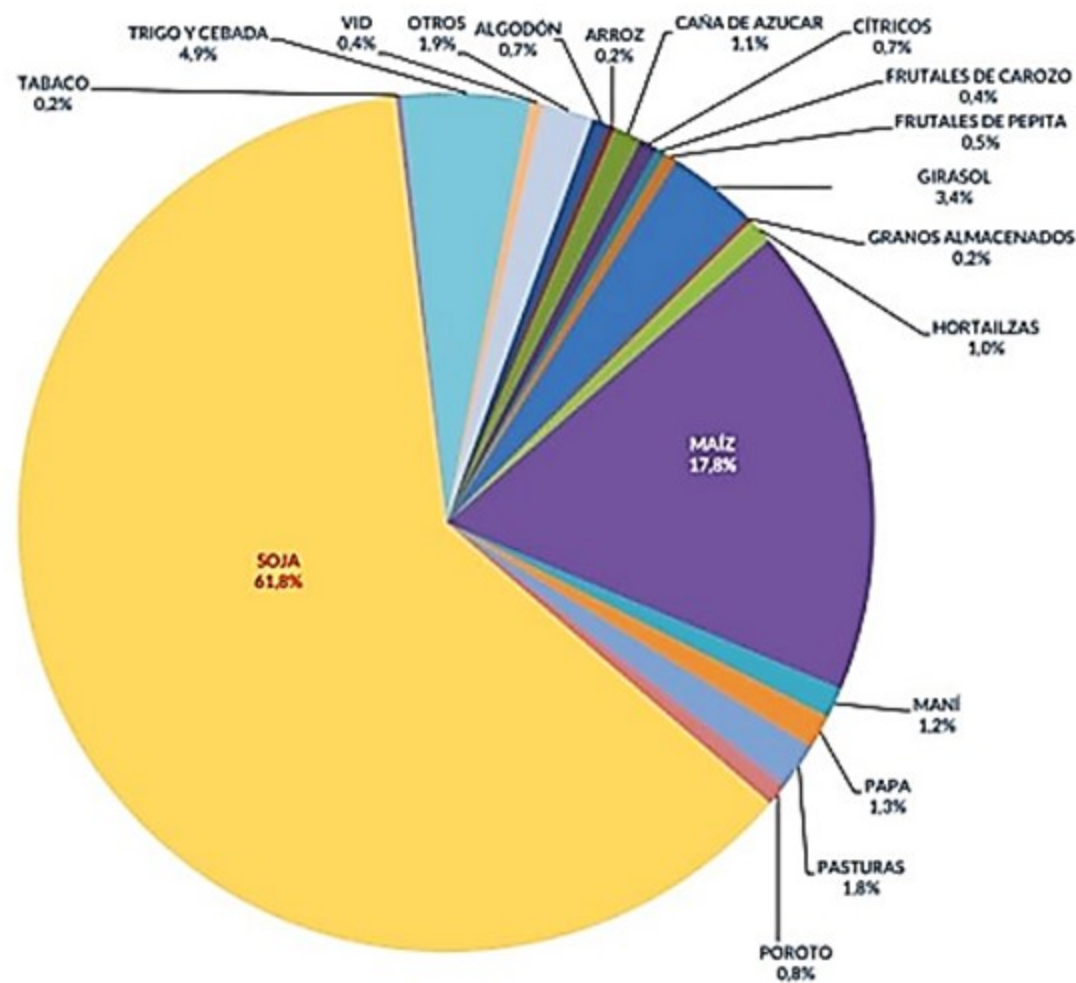


Introducción

Plaguicidas



- Los cereales y oleaginosas son los que mayor volumen utilizan



Introducción

Plaguicidas



- Los cereales y oleaginosas son los que mayor volumen utilizan

¿Qué es el SENASA?

El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) es un Organismo Nacional que depende de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) de la República Argentina.

Su objetivo principal es la fiscalización y certificación de los productos y subproductos de origen animal y vegetal, sus insumos y residuos, agroquímicos, así como la prevención, erradicación y control de las enfermedades animales y las plagas vegetales que afectan a la producción agropecuaria del país.



Principios de Ecotoxicología



Principales hitos en el desarrollo de la disciplina



Principales hitos en el desarrollo de la disciplina

Peste Negra (Siglo IV)

Revolución Industrial (Siglo VIII-IX)

Casos de contaminación del aire

1872 lluvia ácida en Newcastle y Manchester (Angus Smith)

1930 Meuse Valley, Bélgica

1948 Donora, Pensilvania, USA

1952 Londres, UK

1940s Revolución Verde – Agricultura mecanizada y agroquímicos

1945 Fin II Guerra Mundial – cambio del paradigma de la dilución al paradigma del boomerang.

1940-1960 enfermedad de *itai-itai*, minería de Cd Toyama, Japón

1950s Enfermedad de Minamata, Minamata, Japón

1956-1963 Ley de Aire Limpio, UK

Contaminación radioactiva

1945 Alamogordo, Méjico e Hiroshima y Nagasaki

1954 Atolón de Bikini y su impacto sobre las islas Marshall



La Peste Negra en Italia en 1348, según una ilustración de Marcello

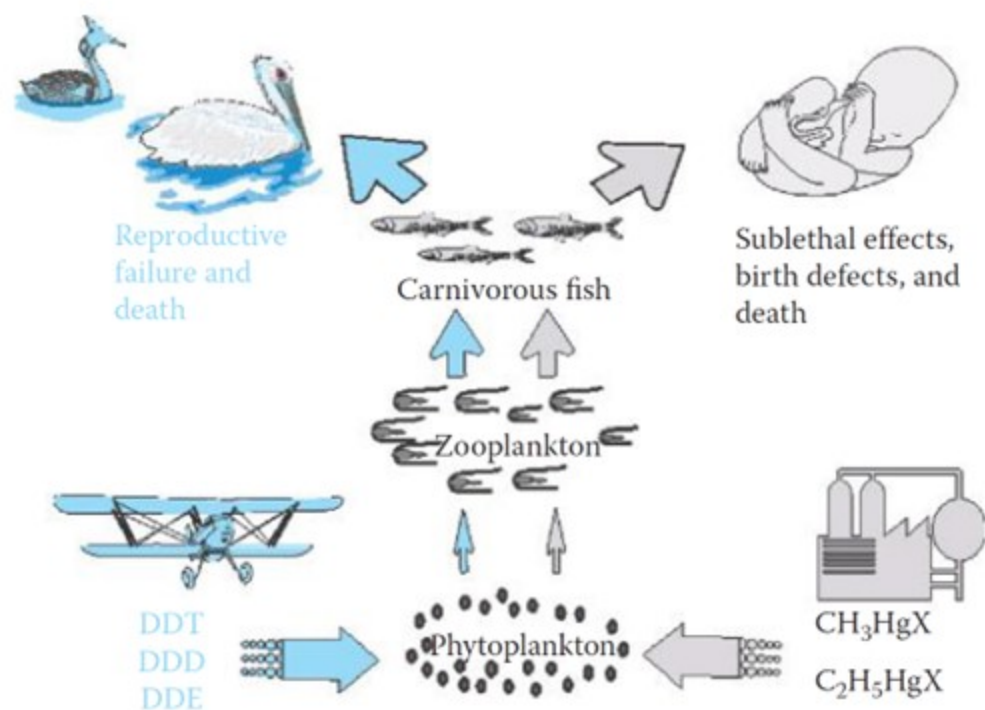


Principios de Ecotoxicología

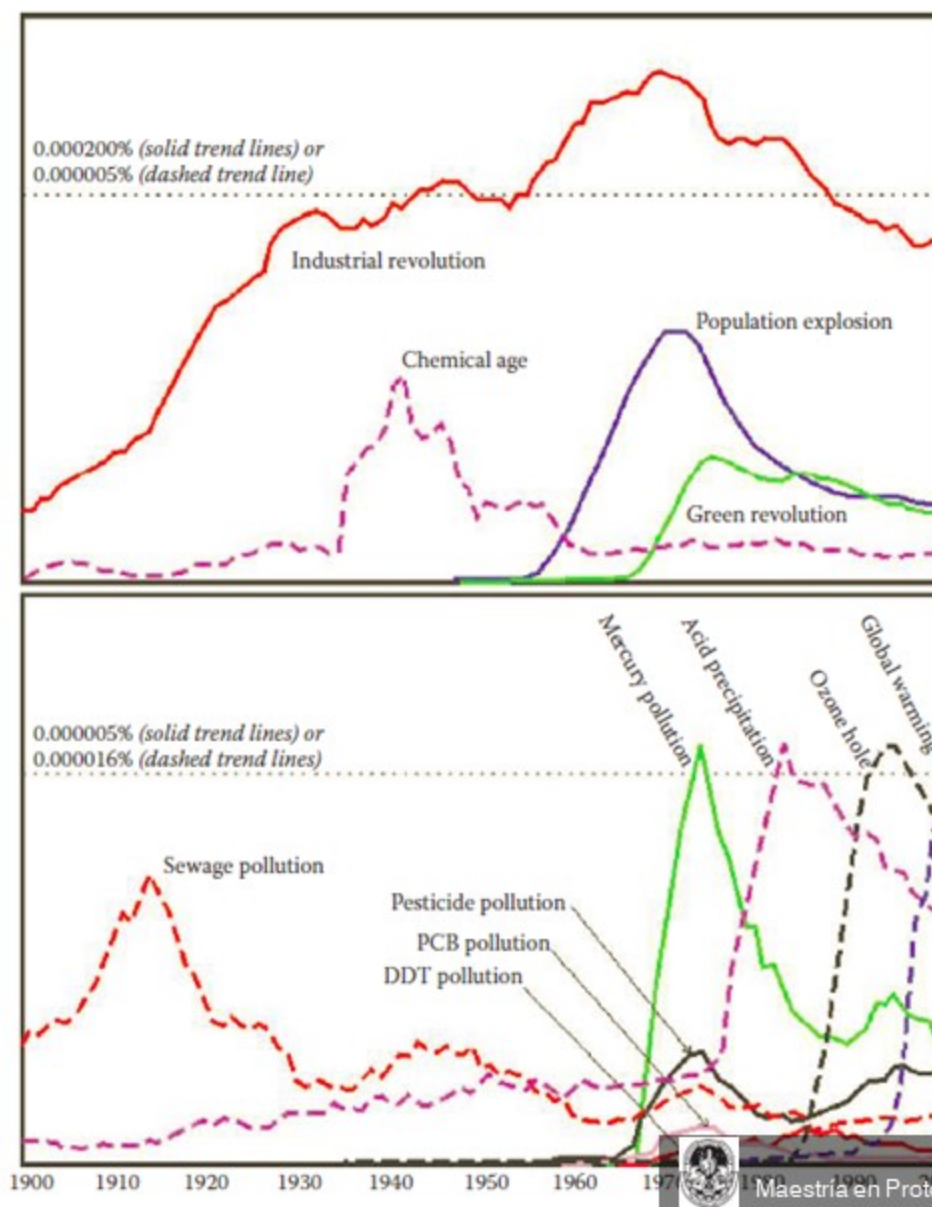
1940s Promoción del uso de DDT

1954-1960 Evidencias de efectos adversos en biota

1962 *Silent Spring*, Rachel Carson



Principales hitos en el desarrollo de la disciplina

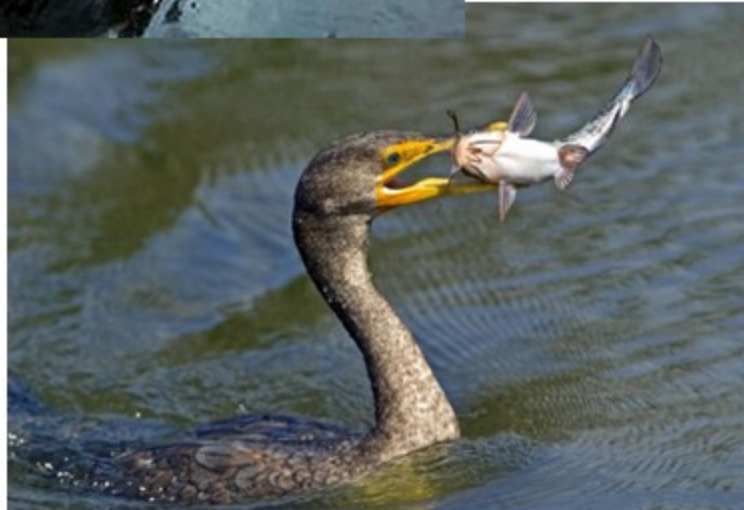


Evolución temporal del número de publicaciones conteniendo palabras claves relacionadas con la contaminación ambiental.

¿Qué es la ecotoxicología?



¿Qué es la ecotoxicología?



Definition

Reference

Environmental toxicology

1. The study of the effects of toxic substances occurring in both natural and manmade environments
2. The study of the impacts of pollutants upon the structure and function of ecological systems (from molecular to ecosystem)

Duffus (1980)

Landis and Yu (1995)

Ecotoxicology

1. The branch of toxicology concerned with the study of toxic effects, caused by natural and synthetic pollutants, to the constituents of ecosystems, animals (including human), vegetable and microbial, in an integrated context
2. The natural extension from toxicology, the science of poisons on individual organisms, to the ecological effects of pollutants
3. The science that seeks to predict the impacts of chemicals upon ecosystems
4. The study of the fate and effect of toxic agents in ecosystems
5. The science of toxic substances in the environment and their impact on living organisms
6. The study of toxic effects on nonhuman organisms, populations and communities
7. The study of the fate and effect of a toxic compound on an ecosystem
8. The field of study, which integrates the ecological and toxicological effects of chemical pollutants on populations, communities and ecosystems with the fate (transport, transformation and breakdown) of such pollutants in the environment
9. The science of predicting effects of potentially toxic agents on natural Hoffman et al. (1995) ecosystems and nontarget species
10. The study of the pathways of exposure, uptake and effects of chemical agents on organisms, populations, communities, and ecosystems
11. The study of harmful effects of chemicals on ecosystems; the harmful effects of chemicals (toxicology) within the context of ecology
12. The study of harmful effects of chemicals upon ecosystems and includes effects on individuals and consequent effects at the levels of population and above

Truhaut (1977)

Moriarty (1983)

Levin et al. (1989)

Cairns and Mount (1990)

Jørgensen (1990)

Suter (1993)

Shane (1994)

Forbes and Forbes (1994)

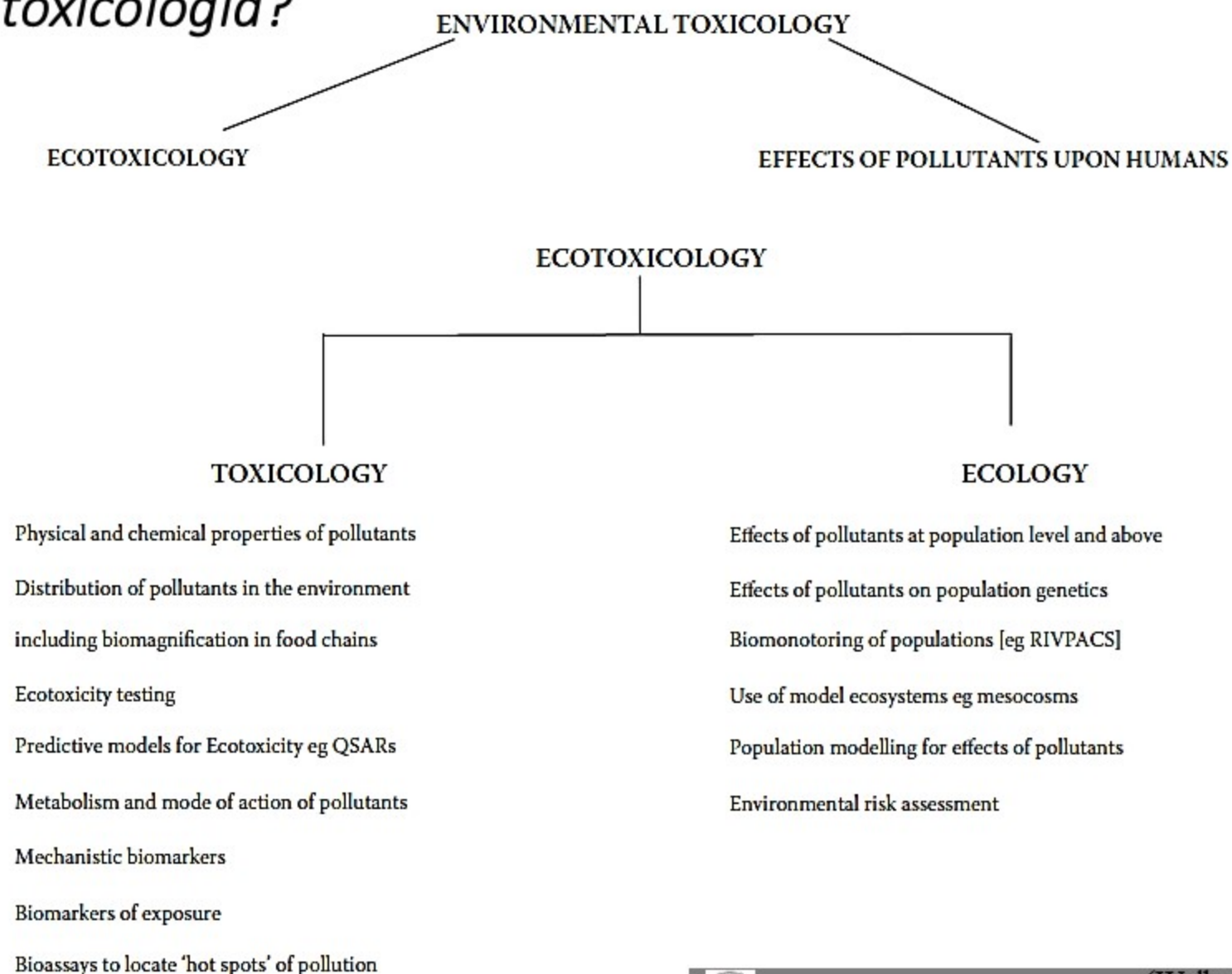
Hoffman et al. (1995)

Connell (1990)

Walker et al. (2001)

Walker et al. (2012)

¿Qué es la ecotoxicología?

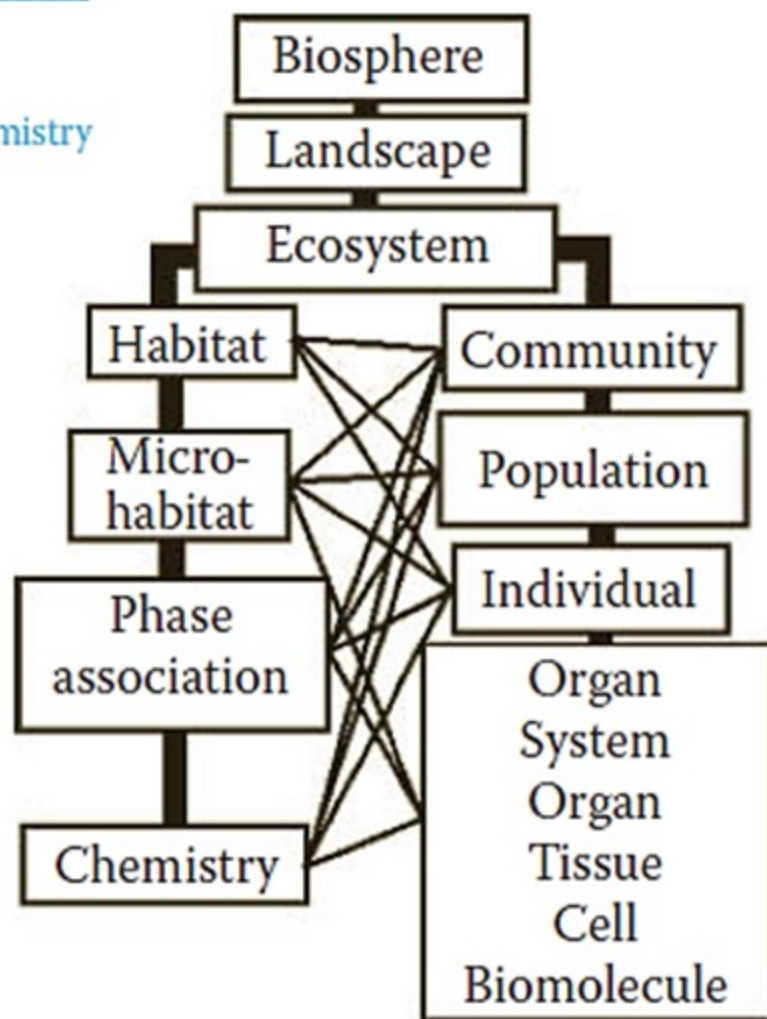


(Walker, 2012)

Sintetiza diferentes disciplinas

Physical sciences

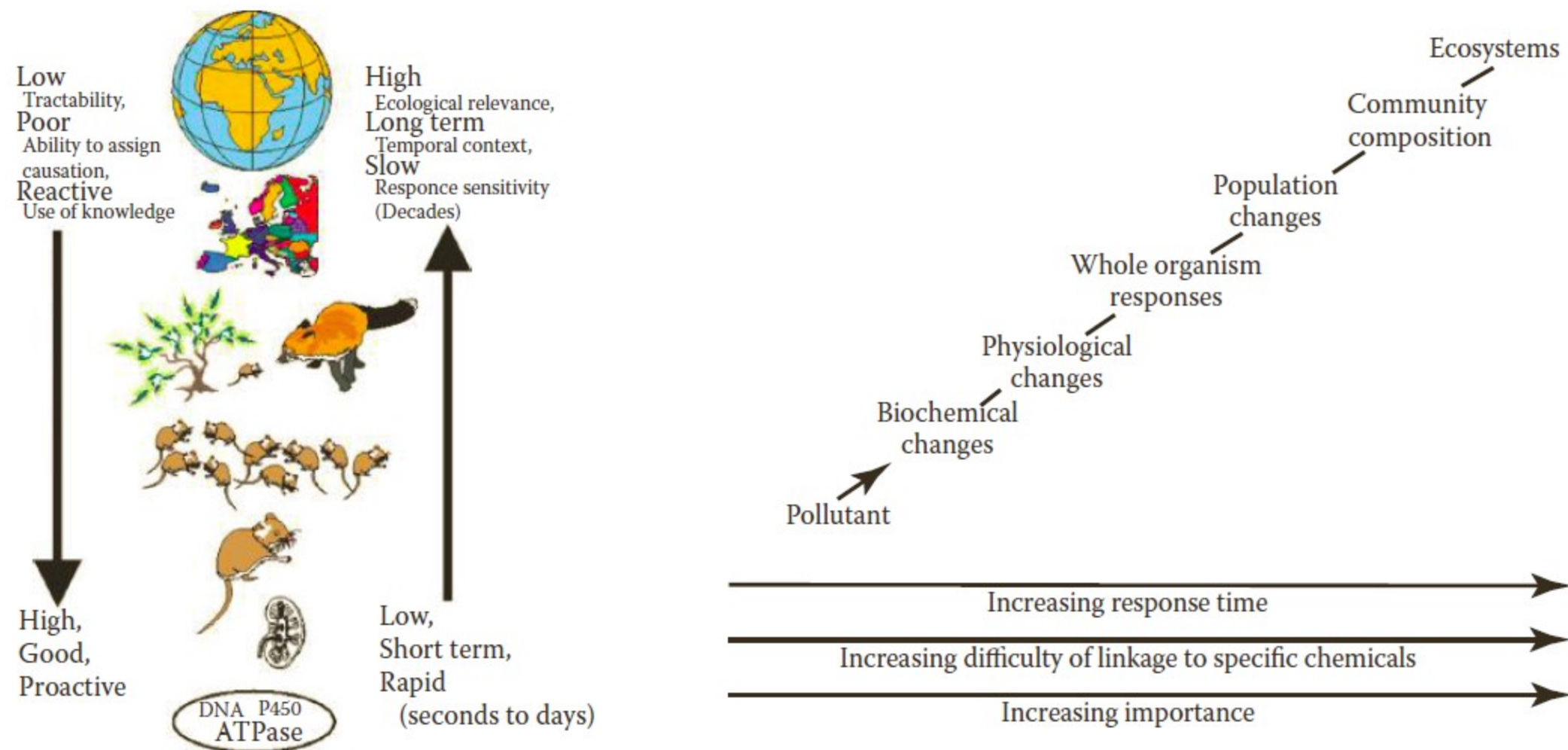
Geology
Oceanography
Atmospheric chemistry
Climatology
Geography
Biogeochemistry
Hydrology
Soil science
Sedimentology
Colloid chemistry
Physical chemistry
Analytical chemistry
Organic chemistry
Inorganic chemistry



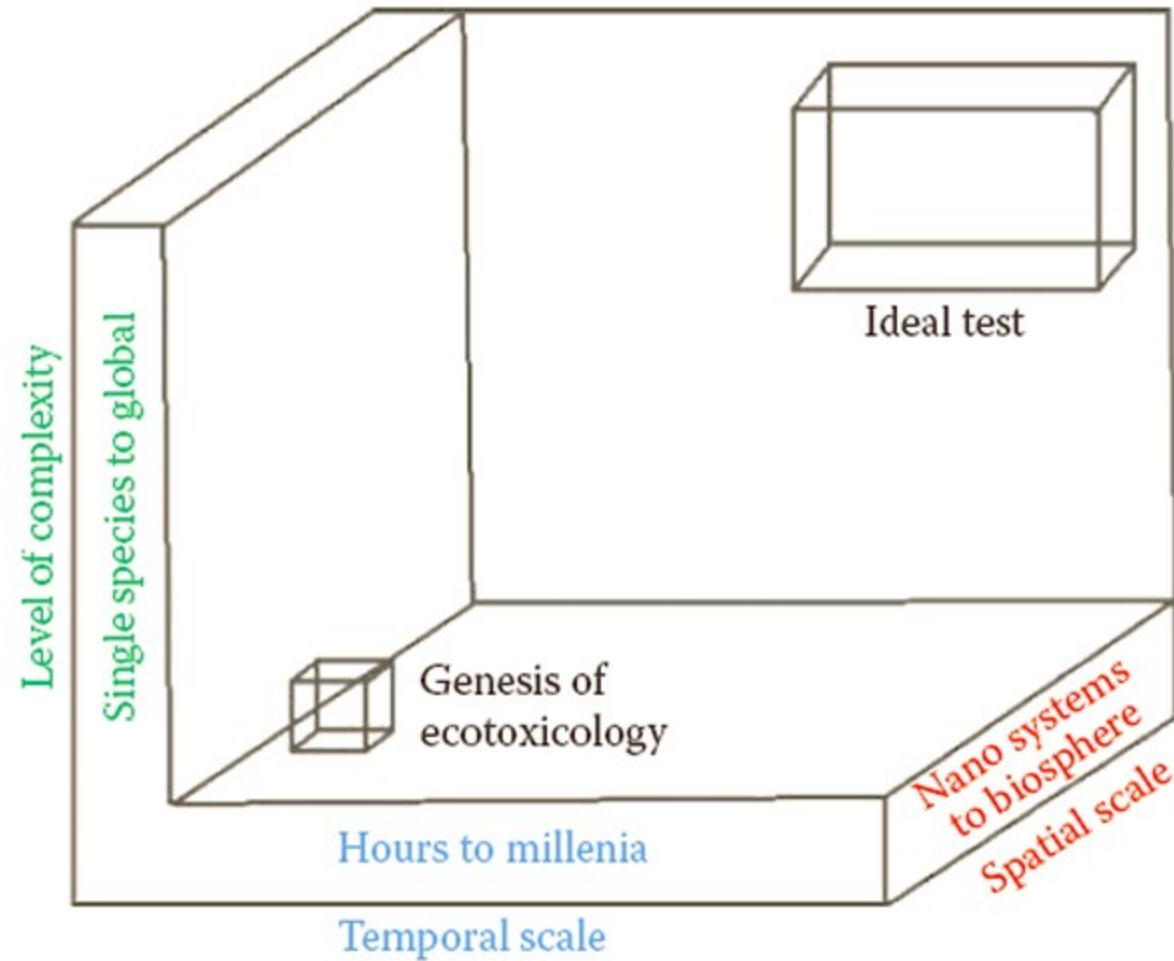
Life sciences

Global ecology
Landscape ecology
Systems ecology
Env. microbiology
Community ecology
Metapopulation biology
Population biology and genetics
Epidemiology
Physiol./anatomy
Behavior
Devel. biology
Teratology
Neurology
Pharmacology
Endocrinology
Immunology
Oncology
Biochem./biophys.
Molecular genetics

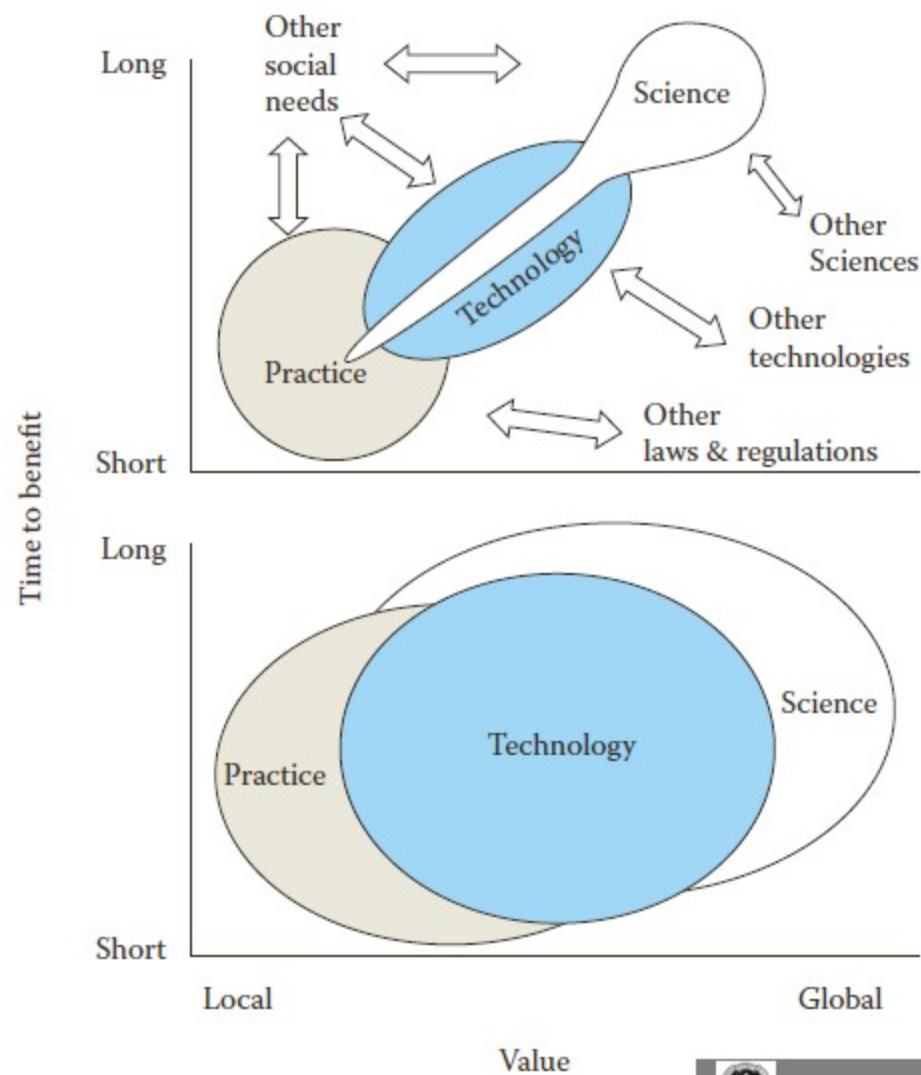
Integra de distintos niveles de organización



Trata con diferentes niveles de complejidad



Plantea distintas metas

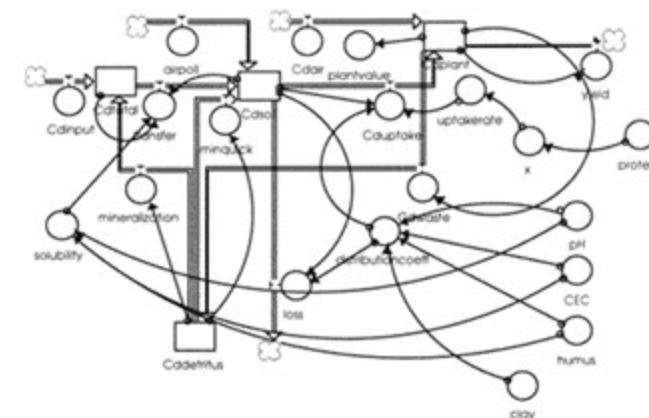
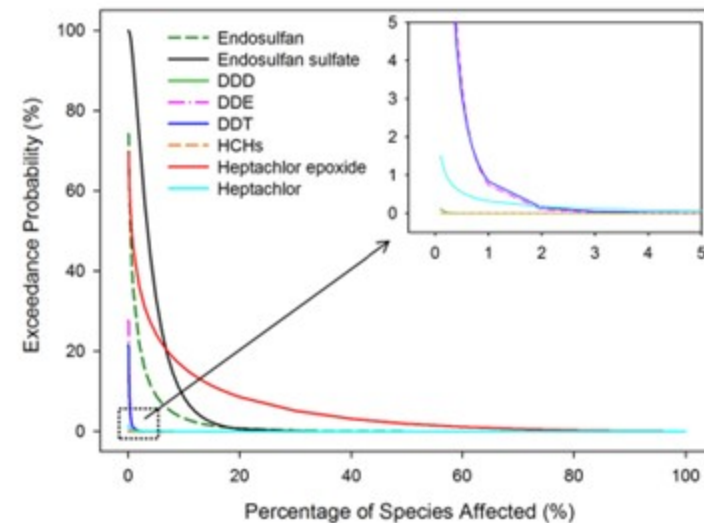


Buenas prácticas en ecotoxicología

1. La planificación adecuada y el buen **diseño experimental** son esenciales: Si la planificación no se analiza adecuadamente, podría desperdiciarse un estudio completo.
2. Definir la **línea base**: Cuando se evalúa cualquier punto final, se debe establecer primero el nivel "normal" de ese punto final en un organismo no expuesto.
3. Incluir **controles** apropiados: Deben usarse controles de reactivos y controles positivos cuando sea posible/apropiado.
4. Use **rutas y concentraciones de exposición apropiadas**: Debe asegurarse que la ruta de exposición sea adecuada respecto al escenario que se desea evaluar (por ejemplo, a través del agua o de los alimentos) y que las concentraciones aplicadas se discutan dentro del contexto de las concentraciones halladas en el medio ambiente.
5. **Definir la exposición**: Es importante medir las concentraciones reales de la sustancia utilizada, de modo que se pueda describir el escenario de exposición real, en lugar de uno hipotético. Además, en los medios de exposición debería evaluarse la presencia de otros posibles contaminantes no deseados en el experimento.
6. **Comprende tus herramientas**: El conocimiento del organismo y la sustancia de prueba utilizada son vitales para generar resultados reproducibles.
7. Piense en el **análisis estadístico** de los resultados al diseñar un experimento: Es necesario considerar "a priori" cuidadosamente en el diseño experimental que modelo estadístico se utilizará posteriormente para su análisis, como así el número de concentraciones de exposición y el de organismos, de modo que los resultados tengan suficiente poder estadístico para dar una respuesta a la hipótesis que se está probando.
8. Considere la **dosis-respuesta**: Tratar siempre de describir la función tóxica mediante la curva dosis-respuesta o tiempo-respuesta construida con no menos de 5 niveles de tratamiento (concentraciones o tiempos de exposición). Cualquier patrón de respuesta "inusual" necesita más análisis y justificación.
9. **Repita el experimento**: Esto puede no ser necesario cuando los resultados son consistentes y el poder estadístico es fuerte. Sin embargo, en general, y particularmente cuando los resultados son inesperados y/o ambiguos, se debe demostrar que los resultados obtenidos no han sido aleatorios y que por el contrario son reproducibles.
10. Considerar **factores de confusión**: Deben tenerse en cuenta factores como la temperatura, enfermedades y la exposición a otras múltiples sustancias; Estos pueden ser especialmente relevantes en el trabajo de campo.
11. Considere el **peso de la evidencia**: Los resultados deben compararse con estudios anteriores. Por ejemplo, ¿Se apoyan mutuamente el trabajo de campo y los estudios de laboratorio? ¿Los efectos se ajustan al mecanismo de acción conocido de las sustancias ensayadas? Considere la plausibilidad de los resultados.
12. **Informe de manera imparcial** los hallazgos : No extrapolar en exceso (por ejemplo, de in vitro a in vivo); ser consciente de las limitaciones del estudio; no exagere un resultado con muy poca importancia; informar hallazgos negativos (es decir, sin efecto) y positivos.

Los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas son su objeto de estudio





Tóxico, contaminante y poluente



Basic Guide to Pesticides: Their Characteristics and Hazards by S. Briggs (1992).

Toxicity Rating	Dose Range
Very high	<50 mg/kg
High	50–500 mg/kg
Medium	500–5000 mg/kg
Low	>5000 mg/kg

Table 6. Revised classification for acute aquatic toxicity from GESAMP (2002).

Classification	Description	LC ₅₀ (ppm)
0	No toxic	>1000
1	Practically non toxic	> 100- ≤1000
2	Slightly toxic	> 10- ≤100
3	Moderately toxic	> 1- ≤10
4	Highly Toxic	> 0.1- ≤1
5	Very highly toxic	> 0.01- ≤0.1
6	Extremely toxic	≤ 0.01



Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Es un sistema que clasifica a las sustancias en base a su peligro físico, para la salud humana y para el ambiente.

Peligros Físicos: Explosivos, Gases inflamables, Aerosoles, Gases comburentes, Gases a presión, Líquidos inflamables, Sólidos inflamables, Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, Líquidos pirofóricos, Sólidos pirofóricos, Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo, Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables, Líquidos comburentes, Sólidos comburentes, Peróxidos orgánicos, Sustancias y mezclas corrosivas para los metales

Peligros para la salud: Toxicidad aguda, Corrosión/irritación cutáneas, Lesiones oculares graves/irritación ocular, Sensibilización respiratoria o cutánea, Mutagenicidad en células germinales, Carcinogenicidad, Toxicidad para la reproducción, Toxicidad específica en órganos diana (exp. única), Toxicidad específica en órganos diana (exp. múltiple), Peligro por aspiración

Peligros para el ambiente: Peligros para el medio ambiente acuático, Peligros para la capa de ozono

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Peligro para la
Salud Humana
Toxicidad aguda

Vía de exposición	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Oral (mg/kg de peso corporal) véanse notas a) y b)	$ETA \leq 5$	$5 < ETA \leq 50$	$50 < ETA \leq 300$	$300 < ETA \leq 2000$	$2000 < ETA \leq 5000$ Véanse criterios detallados en nota g)
Cutánea (mg/kg de peso corporal) véanse notas a) y b)	$ETA \leq 50$	$50 < ETA \leq 200$	$200 < ETA \leq 1000$	$1000 < ETA \leq 2000$	
Gases (ppmV) véanse notas a) b) y c)	$ETA \leq 100$	$100 < ETA \leq 500$	$500 < ETA \leq 2500$	$2500 < ETA \leq 20000$	Véanse criterios detallados en nota g)
Vapores (mg/l) véanse notas a), b), c), d) y e)	$ETA \leq 0,5$	$0,5 < ETA \leq 2,0$	$2,0 < ETA \leq 10,0$	$10,0 < ETA \leq 20,0$	
Polvos y nieblas (mg/l) véanse notas a), b), c) y f)	$ETA \leq 0,05$	$0,05 < ETA \leq 0,5$	$0,5 < ETA \leq 1,0$	$1,0 < ETA \leq 5,0$	

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Peligro para la
Salud Humana
Corrosión/irritación
cutáneas

	Criterios
Categoría 1	Destrucción de los tejidos de la piel, esto es, una necrosis visible a través de la epidermis hasta la dermis, en al menos uno de los animales sometidos a ensayo tras una exposición ≤ 4 h.
Subcategoría 1A	Respuestas corrosivas en al menos un animal tras una exposición ≤ 3 min durante un período de observación ≤ 1 h.
Subcategoría 1B	Respuestas corrosivas en al menos un animal tras una exposición > 3 min y ≤ 1 h durante un período de observación ≤ 14 días.
Subcategoría 1C	Respuestas corrosivas en al menos un animal tras una exposición > 1 y ≤ 4 h durante un período de observación ≤ 14 días.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

*Peligro para la
Salud Humana*

**Lesiones oculares
graves/irritación
ocular**

	Criterios
Categoría 1: Lesiones oculares graves/efectos irreversibles en los ojos	Una sustancia que produce: a) en al menos un animal, efectos sobre la córnea, el iris o la conjuntiva que no se espera que reviertan o que no hayan revertido por completo en un período de observación normal de 21 días; y/o b) en al menos dos de tres animales sometidos a ensayo, una respuesta positiva de: i) opacidad de la córnea ≥ 3 y/o ii) iritis $> 1,5$ con datos calculados como la media de los resultados obtenidos 24, 48 y 72 horas después de la instilación de la sustancia de ensayo.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Peligro para la Salud Humana
Sensibilización respiratoria o cutánea

CATEGORÍA 1:	Sensibilizante respiratorio
	Una sustancia se clasificará como sensibilizante respiratorio: a) Si hay pruebas en seres humanos de que puede provocar hipersensibilidad respiratoria específica y/o b) Si un ensayo adecuado en animales arroja resultados positivos.¹
Subcategoría 1A:	Sustancias asociadas con una frecuencia elevada de casos de sensibilización en seres humanos; o que, a juzgar por los resultados de ensayos en animales o de otra índole, tienen probabilidades de producir una alta tasa de sensibilización en seres humanos ¹ . También puede tomarse en consideración la gravedad de la reacción.
Subcategoría 1B:	Sustancias asociadas con una frecuencia de baja a moderada de casos de sensibilización en seres humanos; o que, a juzgar por los resultados de ensayos en animales o de otra índole, tienen probabilidades de producir una tasa de sensibilización de baja a moderada en seres humanos ¹ . También puede tomarse en consideración la gravedad de la reacción.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Peligro para la
Salud Humana

Mutagenicidad en
células germinales

<u>CATEGORÍA 1:</u>	Sustancias de las que se sabe que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales de seres humanos o que se consideran como si las indujeran
Categoría 1A:	Sustancias de las que se sabe que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales de seres humanos Datos positivos procedentes de estudios epidemiológicos en humanos
Categoría 1B:	Sustancias que se consideran como si indujeran mutaciones hereditarias en las células germinales de los seres humanos a) Resultado(s) positivo(s) de ensayos <i>in vivo</i> de mutaciones hereditarias en células germinales de mamíferos; o b) Resultado(s) positivo(s) de ensayos <i>in vivo</i> de mutaciones en células somáticas en mamíferos, junto con algún indicio que haga suponer que la sustancia puede provocar mutaciones en células germinales. Esta información complementaria puede, por ejemplo, proceder de ensayos <i>in vivo</i> que demuestran bien la capacidad mutágena/genotóxica de la sustancia para las células germinales, o bien que la sustancia o su(s) metabolito(s) son capaces de interactuar con el material genético de células germinales; o c) Resultados positivos de ensayos que muestran efectos mutagénicos en células germinales de seres humanos, sin que esté demostrada la transmisión a los descendientes; por ejemplo, un incremento de la frecuencia de aneuploidía en los espermatozoides de los varones expuestos.
<u>CATEGORÍA 2:</u>	Sustancias que son motivo de preocupación por la posibilidad de que puedan inducir mutaciones hereditarias en las células germinales de los seres humanos Resultados positivos de experimentos llevados a cabo con mamíferos y/o en algunos casos de experimentos <i>in vitro</i> , obtenidos a partir de: a) Ensayos <i>in vivo</i> de mutaciones en células somáticas de mamíferos; o b) Otros ensayos <i>in vivo</i> para efectos genotóxicos en células somáticas de mamíferos siempre que estén corroborados por resultados positivos de ensayos de mutagenicidad <i>in vitro</i> .



Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

*Peligro para la
Salud Humana*
Carcinogenicidad

<u>CATEGORÍA 1:</u>	Carcinógenos o supuestos carcinógenos para el hombre La inclusión de una sustancia en la categoría 1 se hace sobre la base de datos epidemiológicos y/o de estudios en animales. La categoría 1 se divide en las dos subcategorías siguientes:
Categoría 1A:	Sustancias de las que se sabe que son carcinógenas para el hombre, en base a la existencia de datos en humanos
Categoría 1B:	Sustancias de las que se supone que son carcinógenas para el hombre, en base a la existencia de datos en estudios con animales La clasificación se hace en función de la fuerza convincente de los datos y de otras consideraciones. La clasificación puede basarse en datos procedentes de estudios en humanos, que permiten establecer una relación causal entre la exposición a una sustancia y la aparición de un cáncer (carcinógenos para el hombre). Alternativamente, la clasificación puede basarse en datos procedentes de estudios en animales, suficientemente convincentes como para considerar que la sustancia es carcinógena para los animales (supuestamente carcinógenos para el hombre). Además, los científicos podrán decidir, caso por caso, si está justificada la clasificación de una sustancia como supuestamente carcinógena para el hombre, en base a la existencia de datos limitados para el hombre y los animales. Clasificación: Carcinógeno categoría 1 (A y B)
<u>CATEGORÍA 2:</u>	Sustancias sospechosas de ser carcinógenas para el hombre La inclusión de una sustancia en la categoría 2 se basa en los datos procedentes de estudios en humanos y/o animales, que no son considerados suficientemente convincentes como para clasificar la sustancia en la categoría 1. La clasificación se hace en función de la fuerza convincente de los datos y de otras consideraciones. En este caso, la clasificación se basa en la existencia de datos limitados para el hombre o para los animales. Clasificación: Carcinógeno categoría 2

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

*Peligro para la
Salud Humana*
**Toxicidad para la
reproducción**

<u>Categoría 1:</u>	Sustancias de las que se sabe o se supone que son tóxicas para la reproducción humana Esta categoría incluye sustancias que, se sabe, han producido efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad o el desarrollo de los seres humanos o para las que existen datos de estudios en animales que, apoyados quizás por otra información suplementaria, hacen suponer de manera firme que la sustancia es capaz de interferir en la reproducción humana. A efectos de regulación, se establecen dos subcategorías según que los datos utilizados para la clasificación procedan de estudios en humanos (<u>categoría 1A</u>) o en animales (<u>categoría 1B</u>).
<u>Categoría 1A:</u>	Sustancias de las que se sabe que son tóxicas para la reproducción humana La inclusión de una sustancia en esta categoría se basa fundamentalmente en la existencia de pruebas convincentes procedentes de estudios en humanos.
<u>Categoría 1B:</u>	Sustancias de las que se presume que son tóxicas para la reproducción humana La inclusión de una sustancia en esta categoría se basa fundamentalmente en los datos procedentes de estudios en animales, que deberían demostrar claramente un efecto adverso en la función sexual y la fecundidad o en el desarrollo, en ausencia de otros efectos tóxicos, o, si no lo fuera, demostrar que el efecto adverso sobre la reproducción no es una consecuencia secundaria e inespecífica de los otros efectos tóxicos. En cualquier caso, si existe información sobre el mecanismo de los efectos que ponga en duda su relevancia para el hombre, resultará más apropiado clasificar la sustancia en la categoría 2.
<u>Categoría 2:</u>	Sustancias de las que se sospecha que son tóxicas para la reproducción humana La inclusión de una sustancia en esta categoría se basa en los datos procedentes de estudios en humanos o en animales, apoyados quizás por otra información suplementaria, que no son suficientemente convincentes para clasificar la sustancia en la categoría 1 pero que ponen de manifiesto la existencia de un efecto adverso en la función sexual y la fertilidad, en ausencia de otros efectos tóxicos, o, si la toxicidad no fuera específica de la reproducción, permiten demostrar que el efecto adverso sobre la reproducción no es una consecuencia secundaria e inespecífica de los otros efectos. Por ejemplo, las deficiencias en un estudio pueden contribuir a considerar menos convincentes los datos, en vista de lo cual, la categoría 2 podría ser la clasificación más apropiada.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

*Peligro para la
Salud Humana*

**Toxicidad sistémica en
órganos diana (exp. única)**

<u>CATEGORÍA 1:</u>	Sustancias que producen toxicidad significativa en seres humanos o de las que, en base a estudios en animales de experimentación, se puede esperar que produzcan una toxicidad significativa en humanos tras una exposición única La clasificación de una sustancia en la categoría 1 se basará en: a) Datos fiables y de buena calidad obtenidos mediante el estudio de casos en humanos o a partir de estudios epidemiológicos; o b) Estudios apropiados con animales de experimentación donde los efectos tóxicos significativos y/o graves que pueden considerarse relevantes para los humanos, se observaron a concentraciones de exposición generalmente bajas. Más adelante se dan valores indicativos de dosis/concentración que ayudan a sopesar los datos (véase 3.8.2.1.9).
<u>CATEGORÍA 2:</u>	Sustancias de las que, en base a estudios en animales de experimentación, se puede esperar que sean nocivas para la salud humana tras una exposición única La clasificación de una sustancia en la categoría 2 se basará en estudios apropiados con animales de experimentación donde los efectos tóxicos significativos y/o graves que pueden considerarse relevantes para los humanos, se observaron a concentraciones de exposición generalmente moderadas. Más adelante se dan valores indicativos de dosis/concentración que facilitan la clasificación (véase 3.8.2.9). En casos excepcionales, también podrá clasificarse una sustancia en la categoría 2 sobre la base de datos en humanos (véase 3.8.2.1.9).
<u>CATEGORÍA 3:</u>	Efectos transitorios en los órganos diana Hay ciertos efectos en los órganos diana para los cuales la sustancia/mezcla que los produce no cumple los criterios para ser clasificada en las categorías 1 o 2 indicadas anteriormente. Son efectos que provocan alteraciones funcionales en humanos durante un corto periodo de tiempo tras la exposición, y revierten en un plazo razonable sin dejar secuelas estructurales o funcionales apreciables. Esta categoría sólo comprende los efectos narcóticos y la irritación de las vías respiratorias. Las sustancias/mezclas podrán clasificarse específicamente por esos efectos tal como se indica en 3.8.2.2.



Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

*Peligro para la
Salud Humana*

**Toxicidad específica en
órganos diana (exp. múltiple)**

CATEGORÍA 1:

Sustancias que **producen toxicidad significativa** en humanos o de las que basándose en estudios en animales de experimentación, se puede esperar que produzcan una toxicidad significativa en humanos tras exposiciones repetidas

La clasificación de una sustancia en la categoría 1 se basará en:

- a) Datos fiables y de buena calidad obtenidos mediante el estudio de casos en humanos o a partir de estudios epidemiológicos; u
- b) Estudios apropiados con animales de experimentación en los que los efectos tóxicos significativos y/o graves que pueden considerarse relevantes para los humanos se observaron a concentraciones de exposición generalmente bajas. Más adelante se dan valores indicativos de dosis/concentración que ayudan a sopesar los datos (véase 3.9.2.9).

CATEGORÍA 2:

Sustancias de las que, basándose en estudios en animales de experimentación, se puede esperar que sean **nocivas para la salud humana** tras exposiciones repetidas

La clasificación de una sustancia en la categoría 2 se basará en estudios apropiados con animales de experimentación en los que los efectos tóxicos significativos y/o graves que pueden considerarse relevantes para los humanos se observaron a concentraciones de exposición generalmente moderadas. Más adelante se dan valores indicativos de dosis/concentración que facilitan la clasificación (véase 3.9.2.9).

En casos excepcionales, también podrá clasificarse una sustancia en la categoría 2 sobre la base de datos en humanos (véase 3.9.2.6).



Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Peligro para la
Salud Humana

Peligro por aspiración

Categorías	Criterios
Categoría 1: Productos químicos de los que se sabe que presentan peligro de toxicidad por aspiración en el ser humano o que deben considerarse como si indujeran peligro de toxicidad por aspiración en el ser humano.	Una sustancia se clasificará en la categoría 1: a) Cuando existan datos viables y de calidad sobre el ser humano (véase nota 1); o b) si se trata de un hidrocarburo, cuando su viscosidad cinemática, medida a 40° C, sea $\leq 20,5 \text{ mm}^2/\text{s}$.
Categoría 2: Productos químicos que son motivo de preocupación por la posibilidad de que puedan ser tóxicos por aspiración para el ser humano.	Se clasificarán en la categoría 2, guiándose por los resultados de los estudios efectuados con animales y las opiniones de expertos y habida cuenta de la tensión superficial, la solubilidad en el agua, el punto de ebullición y la volatilidad, aquellas sustancias no incluidas en la categoría 1, cuya viscosidad cinemática, medida a 40° C, sea $\leq 14 \text{ mm}^2/\text{s}$ (véase nota 2)

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

Peligro para el Medio Ambiente Acuático

Peligro a corto plazo (agudo) (Nota 1)	Categorías de clasificación		
	Peligro a largo plazo (crónico) (Nota 2)		
	Se dispone de datos adecuados sobre la toxicidad crónica		No se dispone de datos adecuados sobre la toxicidad crónica (Nota 1)
	Sustancias que no se degradan rápidamente (Nota 3)	Sustancias que se degradan rápidamente (Nota 3)	
Categoría Aguda 1 $C(E)L_{50} \leq 1,00$	Categoría Crónica 1 $CSEO \text{ o } CE_x \leq 0,1$	Categoría Crónica 1 $CSEO \text{ o } CE_x \leq 0,01$	Categoría Crónica 1 $C(E)L_{50} \leq 1,00$ y ausencia de degradabilidad rápida y/o $FBC \geq 500$ o, en su defecto, $\log K_{ow} \geq 4$
Categoría Aguda 2 $1,00 < C(E)L_{50} \leq 10,0$	Categoría Crónica 2 $0,1 < CSEO \text{ o } CE_x \leq 1$	Categoría Crónica 2 $0,01 < CSEO \text{ o } CE_x \leq 0,1$	Categoría Crónica 2 $1,00 < C(E)L_{50} \leq 10,0$ y ausencia de degradabilidad rápida y/o $FBC \geq 500$ o, en su defecto, $\log K_{ow} \geq 4$
Categoría Aguda 3 $10,0 < C(E)L_{50} \leq 100$		Categoría Crónica 3 $0,1 < CSEO \text{ o } CE_x \leq 1$	Categoría Crónica 3 $10,0 < C(E)L_{50} \leq 100$ y ausencia de degradabilidad rápida y/o $FBC \geq 500$ o, en su defecto, $\log K_{ow} \geq 4$
	Categoría Crónica 4 (Nota 4) Ejemplo: (Nota 5) Ausencia de toxicidad aguda y de degradabilidad rápida, y $FBC \geq 500$ o, en su defecto, $\log K_{ow} \geq 4$, a menos que las $CSEO > 1 \text{ mg/l}$		



Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SAG-ONU)

*Peligro para la
capa de ozono*

Categoría	Criterios
1	Cualquiera de las sustancias controladas que se enumeran en los anexos del Protocolo de Montreal; o cualquier mezcla que contenga por lo menos uno de los componentes enumerados en los anexos del Protocolo de Montreal, en una concentración $\geq 0,1\%$

Criterios de evaluación de sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas (PBT) y contaminantes orgánicos persistentes (COP)

Year	L RTP	Persistence (half-lives in d)			Bioaccumulation		Toxicity		References
	Air (half-life in d)	Water ^a	Soil	Sediment ^a	BCF/BAF	Log K _{ow}	Ecotoxicity	Human Toxicity	
1978		>56			No numerical criteria		No numerical criteria		IJC ²⁰
1990/ 93	Persistence in the worst-case matrix. >50				BCF or BAF ≤20 score 0 >20 to 500 score 4 >500 to 15,000 score 7 >15,000 score 10	≤2 score 0 >2 to 4 score 4 >4 to 6 score 7 >6 score 10	Various criteria for acute lethality in mammals and aquatic organisms, sublethal effects in mammals, non-mammals, plants, teratogenicity, mutagenicity, and carcinogenicity		MOE & MOEE ^{21, 22}
1993 ^b		>56	>56	>56	≥1000 (hazard) ≥5000 (high concern)		No numerical criteria		IJC ²³
1993/ 94		>50 sw, >100 gw		>180	BCF or BAF >500 (fw fish)	>3-7	No numerical criteria		EC/HC & Environment Canada ^{24, 25}
1995	≥2	≥182	≥182	≥365	≥5000 / ≥5000	≥5	CEPA 'toxic' or CEPA 'toxic' equivalent		Environment Canada ⁷
1997	≥2	>180	≥182	≥365	≥5000 / ≥5000	≥5	No numerical criteria		NAAEC-CEC ²⁷
1998	>2	> 60	> 182	>182	>5000 / >5000	>5	Potential to adversely affect human health or environment		UNECE ⁴⁶



Criterios de evaluación de sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas (PBT) y contaminantes orgánicos persistentes (COP)

Year	L RTP	Persistence (half-lives in d)			Bioaccumulation		Toxicity		References
	Air (half-life in d)	Water ^a	Soil	Sediment ^a	BCF/BAF	Log K _{ow}	Ecotoxicity	Human Toxicity	
1999	≥2	≥182	≥182	≥365	≥5000 / ≥5000	≥5	No numerical criteria		Environment Canada ¹² & CEPA ¹³
1999	>2	moderate action >60; high action >180	>60 >180	>60 >180	≥1000 ≥5000		Develop toxicity data where necessary		USEPA ^{14, 28}
2001		≥50			≥500	≥5	LC50 ≤1 mg/L, NOEC ≤0.1 mg/L	CMR	OSPAR ³¹
2001	>2	>60	>182	>182	>5000 Aquatic species only	>5	Evidence of adverse effects on human health or environment		UNEP ⁸
2002		rapid degradability			> 500	>4	Classification schemes proposed for ecotoxicity and human toxicity		OECD ³²

Criterios de evaluación de sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas (PBT) y contaminantes orgánicos persistentes (COP)

Year	L RTP	Persistence (half-lives in d)			Bioaccumulation		Toxicity		References
	Air (half-life in d)	Water ^a	Soil	Sediment ^a	BCF/BAF	Log K _{ow}	Ecotoxicity	Human Toxicity	
2003	≥2	≥182	≥182	≥365	≥5000 / ≥5000	≥5	Acute: LC50 (EC50) = 1 mg/L, Chronic: NOEC ≤0.1 mg/L	Expert judgement, from Health Canada	Environment Canada ³³
2003		P >40 fw P >60 mw vP >60		P >120 fw P >180 mw vP >180	B >2000 vB >5000		NOEC (aquatic) <0.01 mg/L NOEC (birds) <30 mg/kg food	CMR or endocrine disrupting effects	European Commission ⁴⁷
2006/ 09/11/ 12/14		P >40 fw P >60 mw vP >60	P >120 vP >180	P >120 fw P >180 mw vP >180	B >2000 vB >5000		NOEC <0.01 mg/L	CMR or chronic toxicity	EP&C ¹⁰

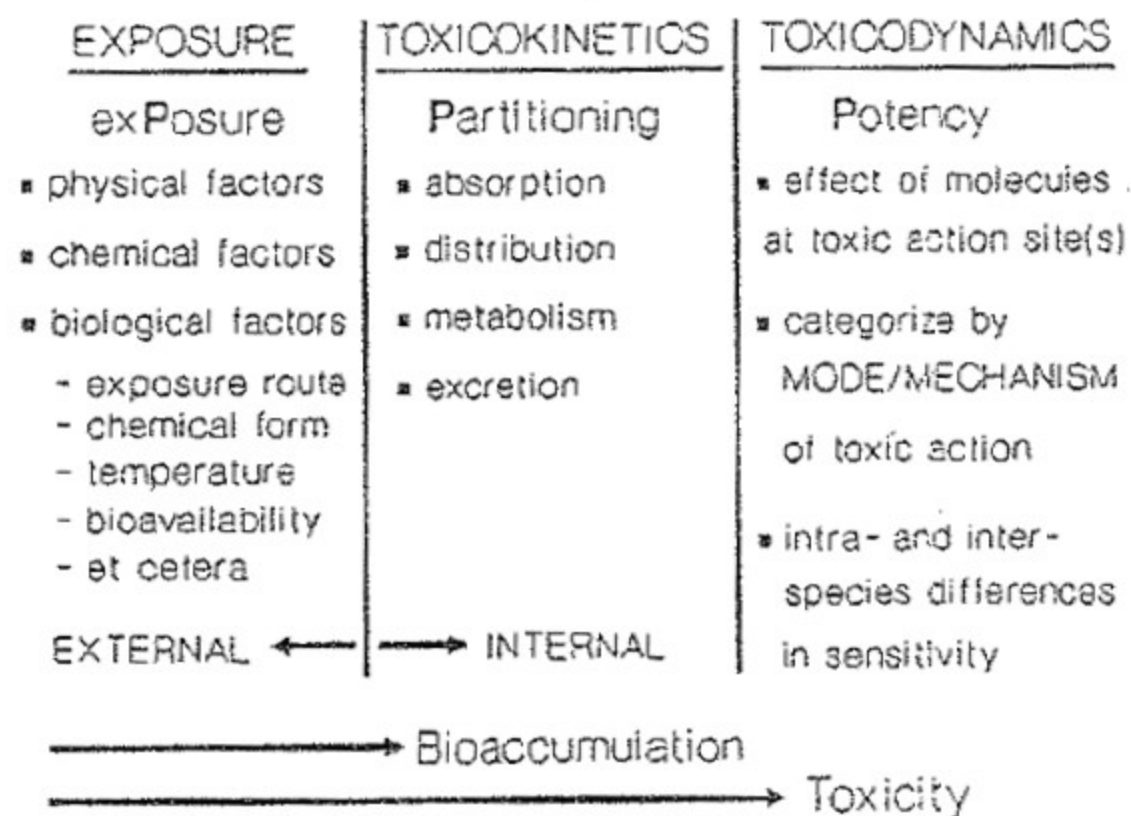
Las tres fases de la acción tóxica

Figure 4. The Three Phases of Toxic Action. (Modified from McCarty, 1990, used with permission.)

Relación entre concentración y tiempo de exposición y los efectos

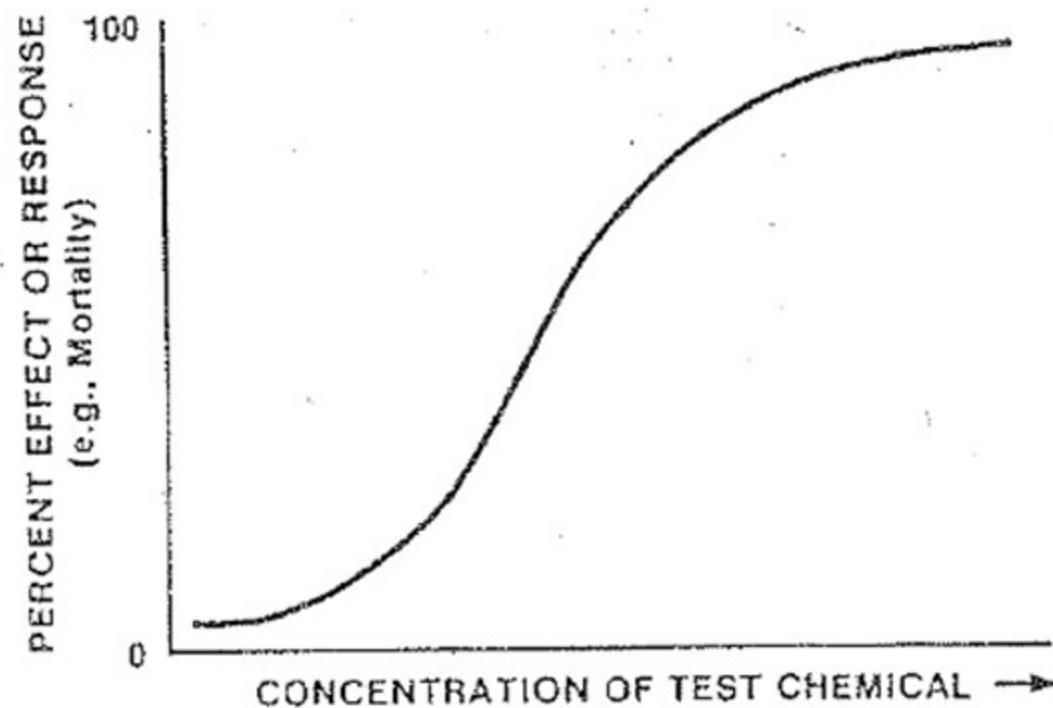
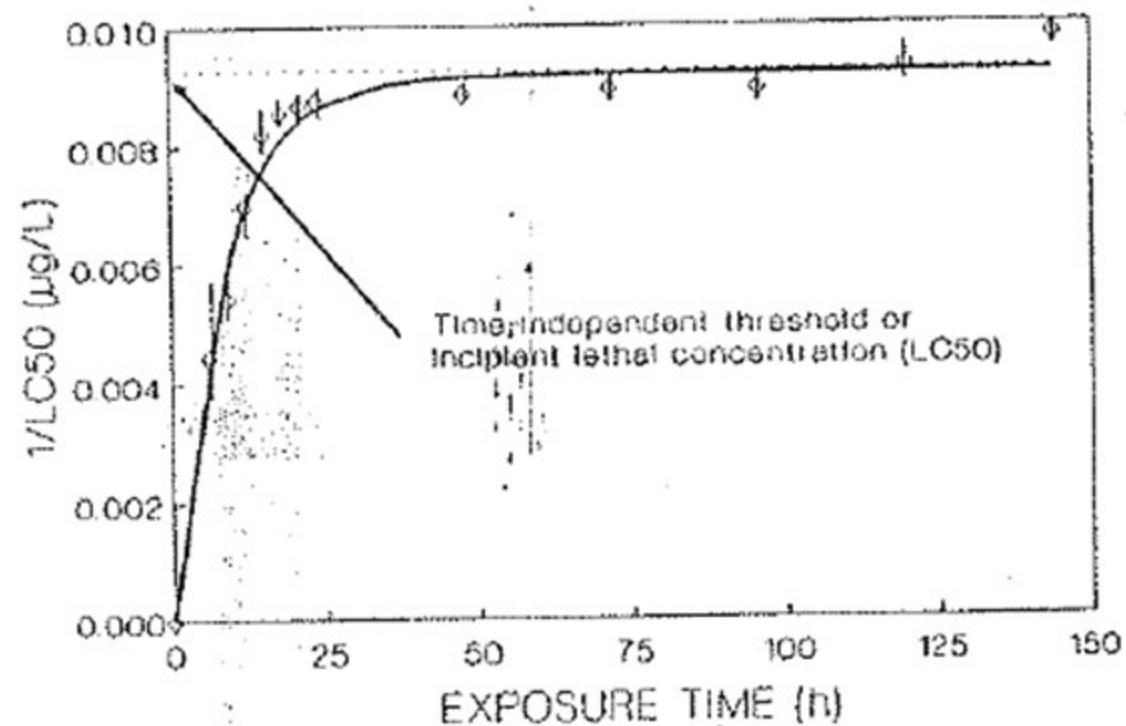
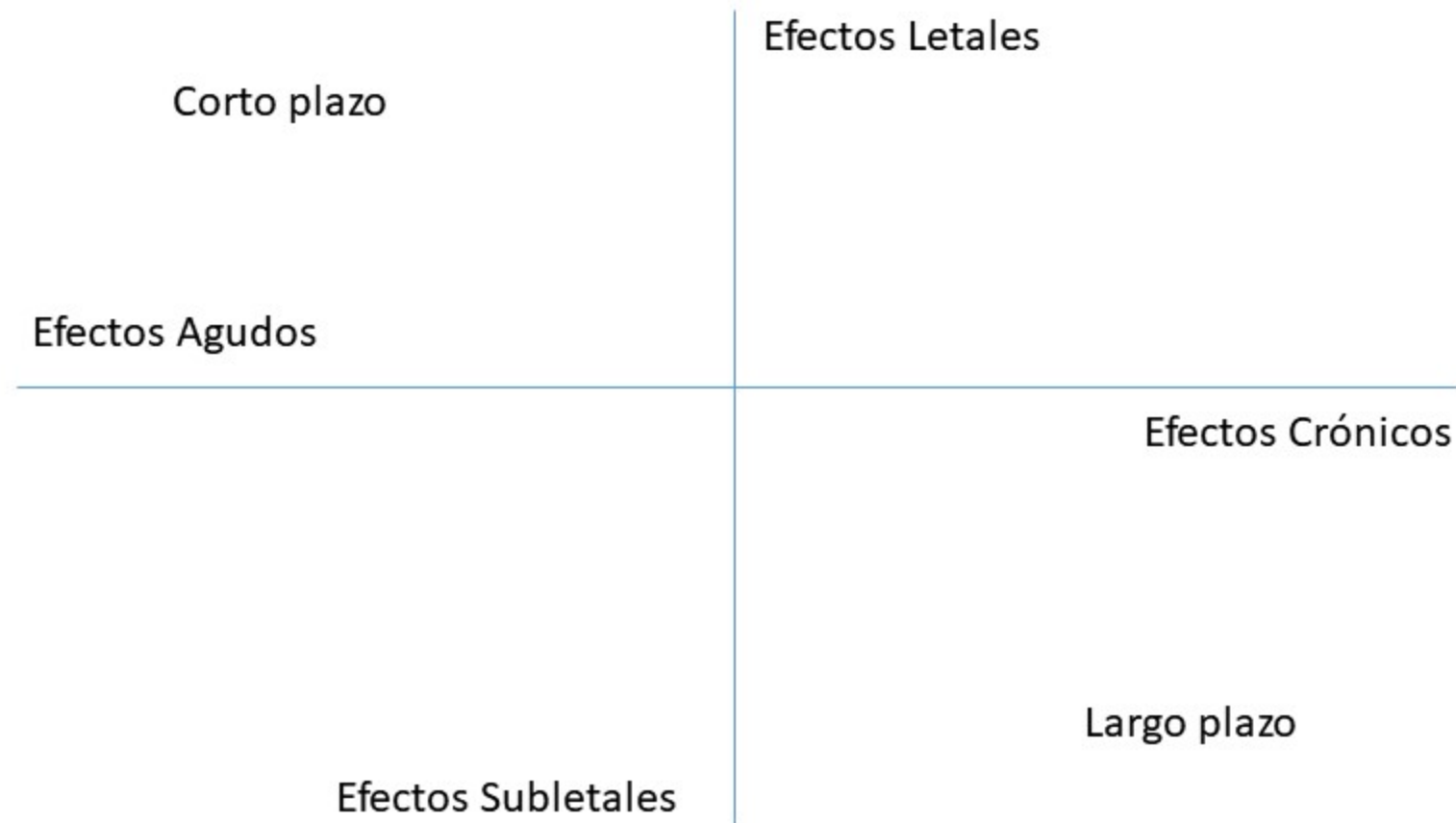


Figure 5. Typical form of the concentration-response curve.



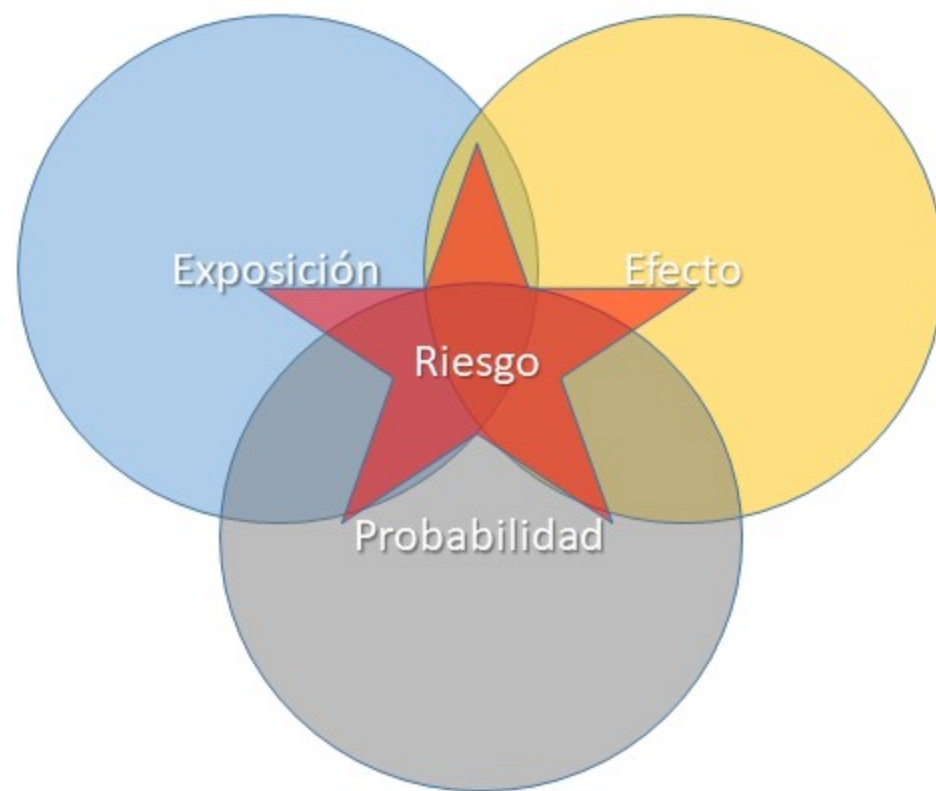
Tipos de efectos según nivel y tiempo de respuesta



Evaluación de Riesgo Ecológico y para la Salud Humana

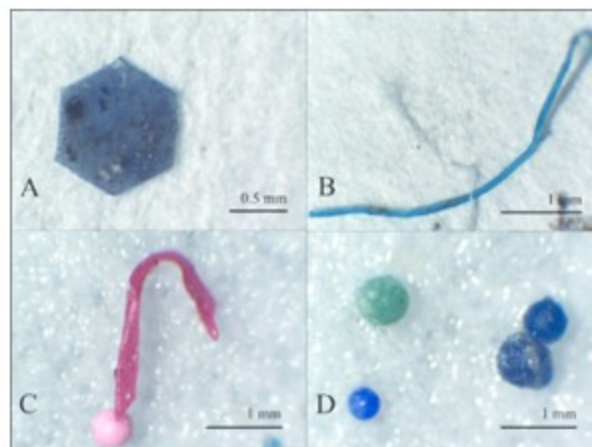
Definición

Evaluación de Riesgo: procedimiento sistemático dirigido a estimar la probabilidad que un factor de estrés ambiental cause efectos adversos sobre la salud humana o el ambiente

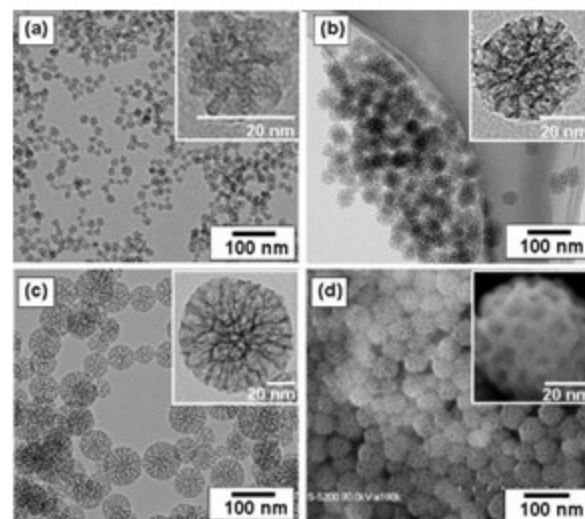


Tópicos actuales en ecotoxicología

Microplásticos



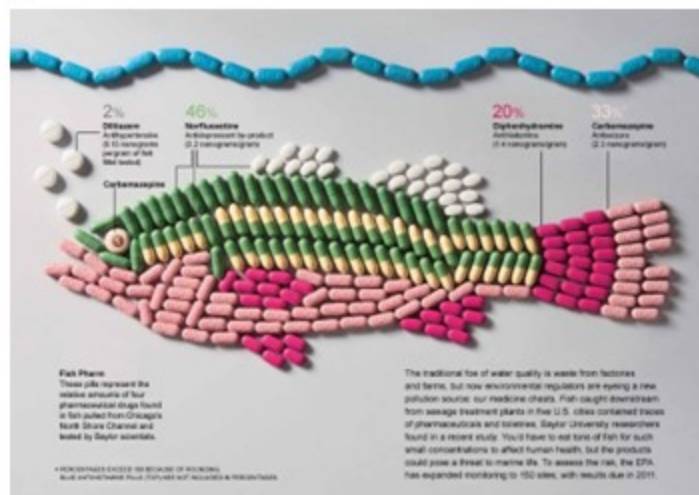
Nanopartículas



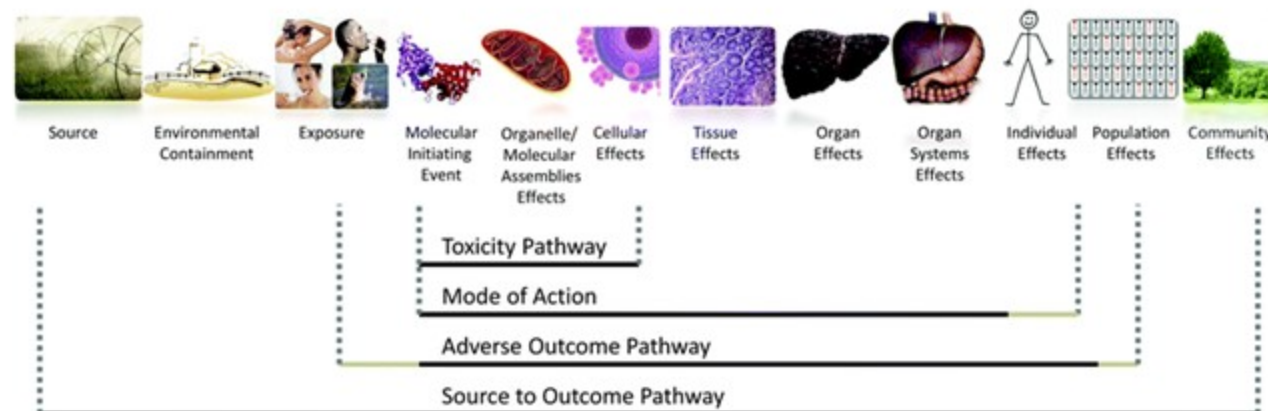
Ecotoxicogenómica



Fármacos y productos de cuidado personal



AOP (Adverse Outcome Pathway)



Todo por hoy!!

