

# **EL SUELOS Y LOS PROBLEMAS AMBIENTALES**

**Ing. Agr. (MSc) Alicia Crosara**

# **CONTAMINACIÓN DE SUELOS**

**Contaminación natural:** es debida a la propia alteración del mineral que da origen al suelo.

**Ej:** rocas metamórficas que presentan serpentinas con alta concentración en cromo y níquel.

**Contaminación antrópica:** es la debida al efecto humano.

**Ej. la industria:** genera residuos sólidos que se depositan sobre los suelos y cuyo efecto suele ser reducido en el espacio pero persistente en el tiempo.

**En los estudios de contaminación se debe considerar:**

**# La presencia de contaminantes.**

**# Definir los máximos niveles admisibles.**

**# Vulnerabilidad del suelo.**

**# Poder amortiguador.**

**# Movilidad.**

**# Biodisponibilidad.**

**# Persistencia.**

**# Carga crítica.**

**Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos.**

**Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.**

**El suelo es un sistema abierto en el espacio y en el tiempo. Evoluciona transformándose hasta alcanzar el equilibrio con las condiciones ambientales y a partir de ese momento tiende a permanecer estable.**

**El suelo puede considerarse como un sistema depurador porque es capaz de degradar o inmovilizar los contaminantes.**

**El poder de amortiguación de un suelo representa la capacidad que tiene un suelo de inactivar los efectos negativos de los contaminantes.**

- . Residuos líquidos: tienen un efecto más extendido en el espacio y de más difícil control, pues además de los suelos afectados directamente por ellos, se incorporan a las aguas superficiales, subsuperficiales y profundas.**
- . Las emisiones de polvo o gases: se distribuyen por el viento.**
- . Las actividades mineras, provocan en el suelo, además de su desaparición en el área afectada, una contaminación en las zonas cercanas en las que se depositan gran cantidad de residuos sin valor para la explotación.**

**Cuando la actividad extractiva está relacionada con metales pesados o materiales radiactivos, nocivas para los seres vivos, la contaminación afecta a una gran superficie por el efecto de la dispersión del polvo generado por el aire. Su efecto contaminante puede ser muy grande dependiendo de las condiciones climáticas y la permeabilidad de los suelos afectados.**

**La agricultura es una de las actividades contaminante para el suelo, ya que afecta a grandes superficies del mismo y es la actividad principal que se desarrolla sobre él. La contaminación del suelo se efectúa tanto en el manejo como en los aditivos utilizados, fertilizantes y pesticidas.**



**Existen otras actividades donde el efecto contaminante no es tan evidente:**

**# La caza: deja grandes cantidades de plomo y otros metales utilizados en los cartuchos.**

**# Áreas urbanas: por la producción de residuos; por los gases provocados en el transporte.**

**De un suelo se debe considerar:**

**# Susceptibilidad: Es el grado de sensibilidad de un suelo concreto para un determinado agente contaminante.**

**# Carga crítica: Es la máxima cantidad de una sustancia que el suelo puede recibir sin que aparezcan efectos nocivos, para él o para la vida que soporta.**

**La *Vulnerabilidad* representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes.**

**A mayor capacidad de amortiguación, menor vulnerabilidad.**

**El grado de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación depende de:**

**# La intensidad de afectación.**

**# Del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables se manifiesten en las propiedades físicas y químicas de un suelo**

**# De la velocidad con que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos en respuesta al impacto de los contaminantes.**

**La vulnerabilidad permite diferenciar los riesgos potenciales de diferentes actividades o predecir las consecuencias de la continuación en las condiciones actuales.**

**Se deben de manejar los siguientes términos:**

**# Biodisponibilidad.** Es la capacidad del agente contaminante para ser absorbido por los seres vivos.

**Su disponibilidad puede variar considerando:**

- La solubilidad.
- El grado de retención.
- El complejamiento.
- La degradación.
- La eliminación.

**Cada ser vivo receptor de la acción nociva presenta una susceptibilidad diferente, por lo que, la biodisponibilidad hay que enfocarla para cada receptor concreto.**

**# Movilidad.** Es la capacidad del contaminante de extenderse en el suelo y hacia otros sistemas con él relacionados.

**# Persistencia.** Es la capacidad para permanecer en el suelo sin ser neutralizado o degradado. Pequeñas acciones duraderas pueden conseguir mayores efectos que grandes daños esporádicos.

**# La carga crítica.** Representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos.

**# Capacidad de depuración:** tiene un límite diferente para cada situación y para cada suelo. Cuando se alcanza ese límite el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como una fuente de sustancias peligrosas para los organismos que viven en él o de otros medios relacionados.

# Capacidad de autodepuración

**Se puede ejercer por varios mecanismos:**

**# *Neutralización.***

**# *Degradación biótica o abiótica.***

**# *Adsorción.***

**# *Complejización.***

**# *Insolubilización.***



**La capacidad depuradora depende fundamentalmente de:**

- **La actividad microbiológica,** que facilita la descomposición e inmovilización de los contaminantes.

- **La arcilla y la materia orgánica** que mediante reacciones físicoquímicas adsorben a los contaminantes y permiten su inmovilización o liberación.

- **La capacidad filtrante,** que va a regular la facilidad de penetración de los contaminantes.

## **Por ello se debe de considerar:**

- **Textura.** Los suelos de textura arcillosa tienen una alta capacidad de autodepuración.
- **Estructura.** Los agentes contaminantes pueden provocar la destrucción de la estructura, por dispersión, si contienen altos contenidos en sodio.
- **Porosidad y permeabilidad.** Facilitan la circulación de los contaminantes en el suelo y pueden eliminar rápidamente los contaminantes y traspasarlos a los niveles freáticos.

•**Capacidad de intercambio iónico.** Aumenta la capacidad de autodepuración al fijar los contaminantes sobre la superficie de las partículas.

•**Salinidad.** Los contaminantes pueden aumentar la salinidad y como consecuencia disminuir la estabilidad del suelo.

•**pH.** Los contaminantes pueden acidificar el suelo, por vertidos o por oxidación de sulfuros y óxidos nitrosos, con lo que aumenta la vulnerabilidad del suelo.

•***Eh***. El ambiente oxidante aumenta el poder autodepurador al facilitar la actividad microbiana de descomposición.

•**Los *gases del suelo*** ejercen también un importante papel, proporcionando el suficiente oxígeno para la actividad microbiana.

## **Poluentes mas comunes:**

- **Pesticidas**
- **Elementos inorgánicos: metales pesados**
- **Desechos orgánicos**
- **Sales**
- **Radionucleidos**
- **Lluvia ácida**

# PESTICIDAS

**Dentro de este grupo se consideran:**

- **Insecticidas**
- **Funguicidas**
- **Herbicidas**
- **Nematicidas**

**Muchos de los pesticidas que llegan al suelo no pueden ser biodegradados y persisten en los mismos o en el agua por muchos años.**

**Pueden ser:**

**# Perjudiciales para insectos benéficos y organismos del suelo.**

**# Vaporizarse hacia la atmósfera.**

**# Adsorbidos por el humus o por las partículas de arcilla.**

**# Lavados.**

**# Tomados por los microorganismos del suelo.**

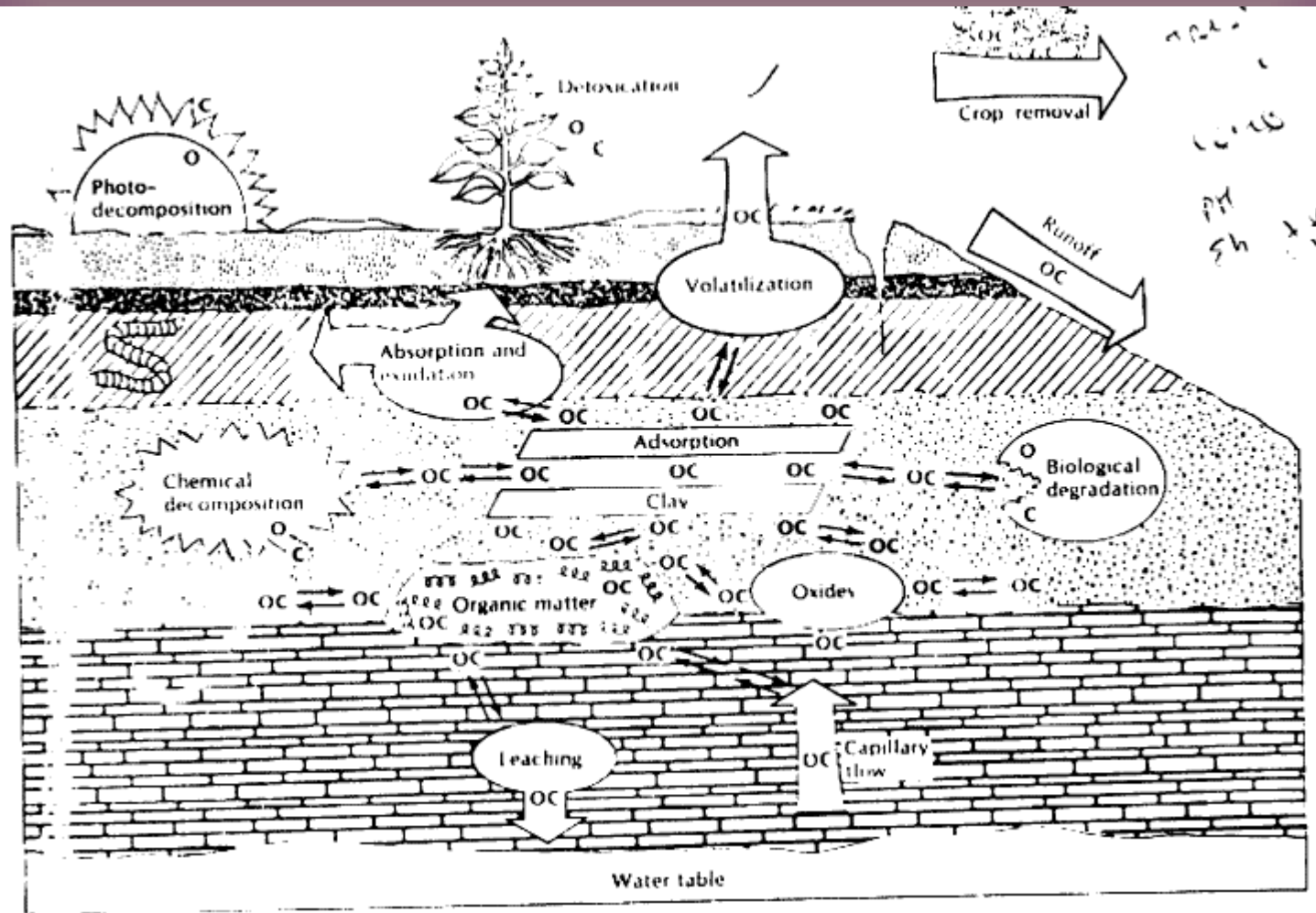
**# Absorbidos por las plantas.**

**Es importante considerar su vida letal media y la Capacidad de carga del suelo**

# Pesticidas y Persistencia

Pesticida	Persistencia
Arsénico	Indefinido
DDT, clordano, dieldrin	2 y hasta más de 15 años
Acido benzoico	2-12 meses
2,4,D; 2,4,5,T	1-5 meses
Organofosforados	1-12 semanas
Carbamatos	1-8 semanas
Atrazina	1-2 meses





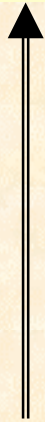
- **Volatidad** : bromuro de metilo
- **Adsorción**: la presencia de grupos funcionales como OH y NH<sub>2</sub> permiten la adsorción en especial por el humus y las arcillas (en este caso pH dependiente, ocurriendo el máximo de adsorción a pH bajos).
- **Lavado**: depende de la solubilidad del pesticida y del potencial de adsorción. Está favorecido por el movimiento del agua en el suelo.

- **Reacciones químicas:** fotodescomposición (activada por radiación solar) e hidrólisis.
- **Metabolismo microbiano:** degradación química por organismos del suelo.

- **Absorción por plantas:** pueden quedar intactos dentro de la planta o pueden ser degradados. Los productos de la degradación pueden ser inofensivos o más tóxico que el producto original para los seres vivos.
- **Persistencia en el suelo:** depende de la vida útil del pesticida.
- **Eh:** la degradación depende también del grado de aireación del suelo.

# ELEMENTOS INORGANICOS:

- Cadmio, Arsénico, Cromo, Mercurio
- Níquel, Molibdeno, Fluor
- Boro, Cobre, Manganeso, Zinc



Grado de toxicidad

# CICLO

Prod. Indust

Fertiliz

Pesticidas

Quema comb

AIRE

SUELO

AGUA



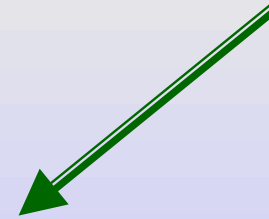
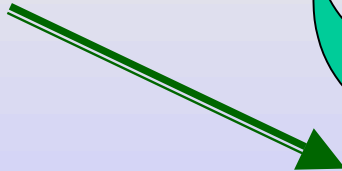
Aves

Plantas

Animales



Peces



HOMBRE

- Se encuentran adsorbidos o en forma intercambiable y están disponibles para las plantas; también están junto a la MO, asociados a carbonatos, óxidos y como compuestos insolubles asociados a los sulfatos.
- Debe considerarse además Fe, Mn y Al que a pH bajo se solubilizan y son tóxicos.

# **Desechos urbanos y rurales**

- **Piletas de decantación.**
- **Reciclado.**
- **Piletas de residuos sólidos.**



## Basurales



Emanaciones  
gaseosas

Lixiviados

# SALINIDAD

- **Es un contaminante de origen agrícola dado principalmente por la calidad de agua de riego.**
- **Importa considerar: la presencia de un hz impermeable, el agua de riego y el manejo del riego.**
- **Las sales ascienden de los hzs inferiores por capilaridad.**

# LLUVIA ACIDA

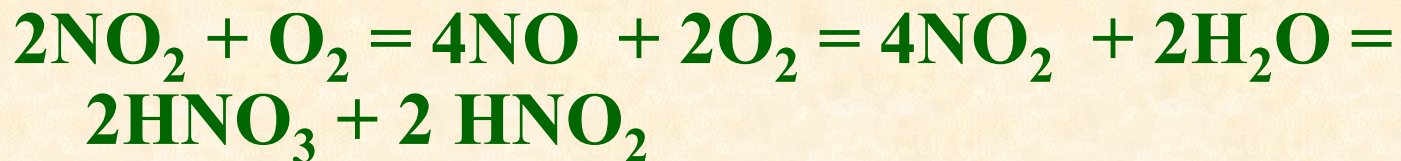
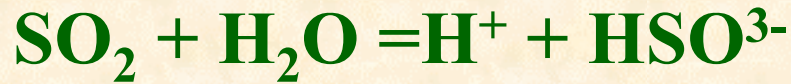
Se debe a la oxidación del N y S principalmente y cuando estos gases se disuelven en el agua de la atmósfera se forma ácido nítrico y ácido sulfúrico.

- Autos  $\text{NO}_x$



- Fábricas  $\text{SO}_2$   
 $\text{NO}_x$

## LLUVIA ACIDA



- **Efecto: disminución del pH del agua y del suelo.**

Ej. Candiota

¿cómo solucionar? **Políticas adecuadas.**

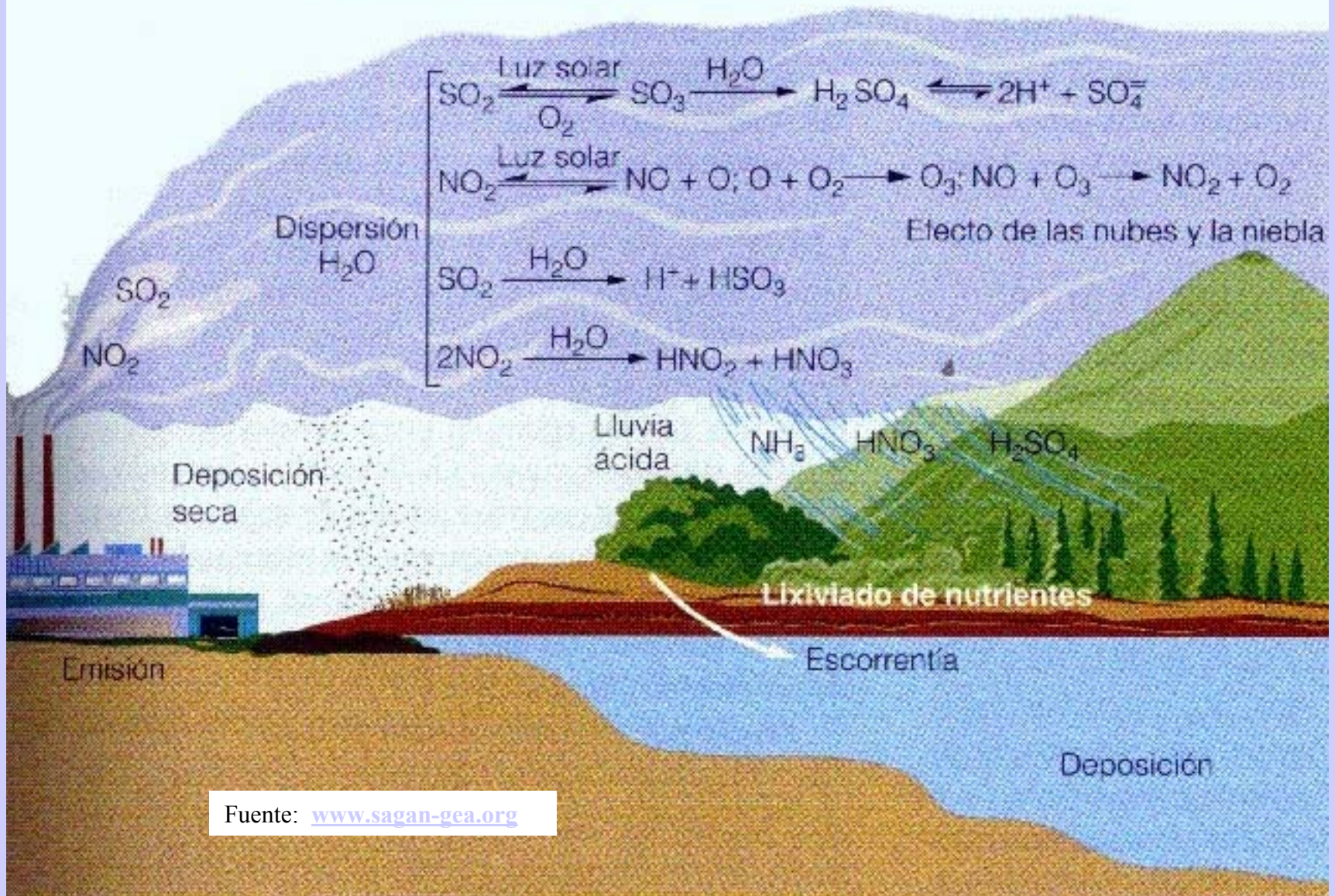
**Encalado de suelo.**



## Efectos de LLuvia ácida

Fuente: [water.usgs.gov](http://water.usgs.gov)

# TRANSFORMACIONES QUÍMICAS



Fuente: [www.sagan-gea.org](http://www.sagan-gea.org)

# RADIONUCLEIDOS

- $^{40}\text{K}$
- $^{87}\text{Rb}$
- $^{14}\text{C}$

# SUELOS Y EFECTO INVERNADERO

## Gases de efecto invernadero:

- $\text{CO}_2$ ;  $\text{N}_2\text{O}$ ;  $\text{CH}_4$

⇒ Quema de monte / pastos ( $\text{CO}_2$ ).

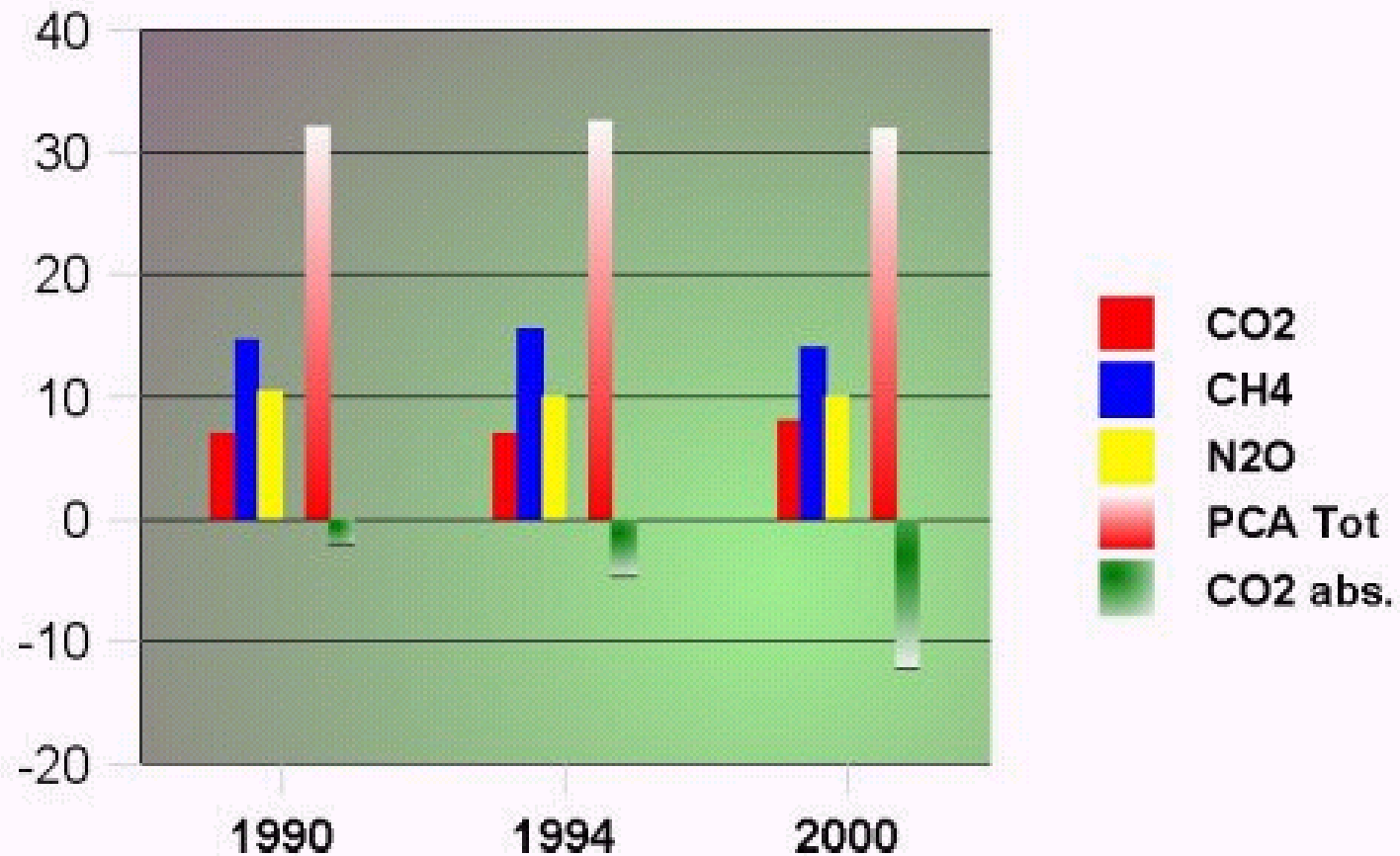
⇒ Cultivos bajo inundación ( $\text{CH}_4$ ).

⇒ Destrucción de materia orgánica ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

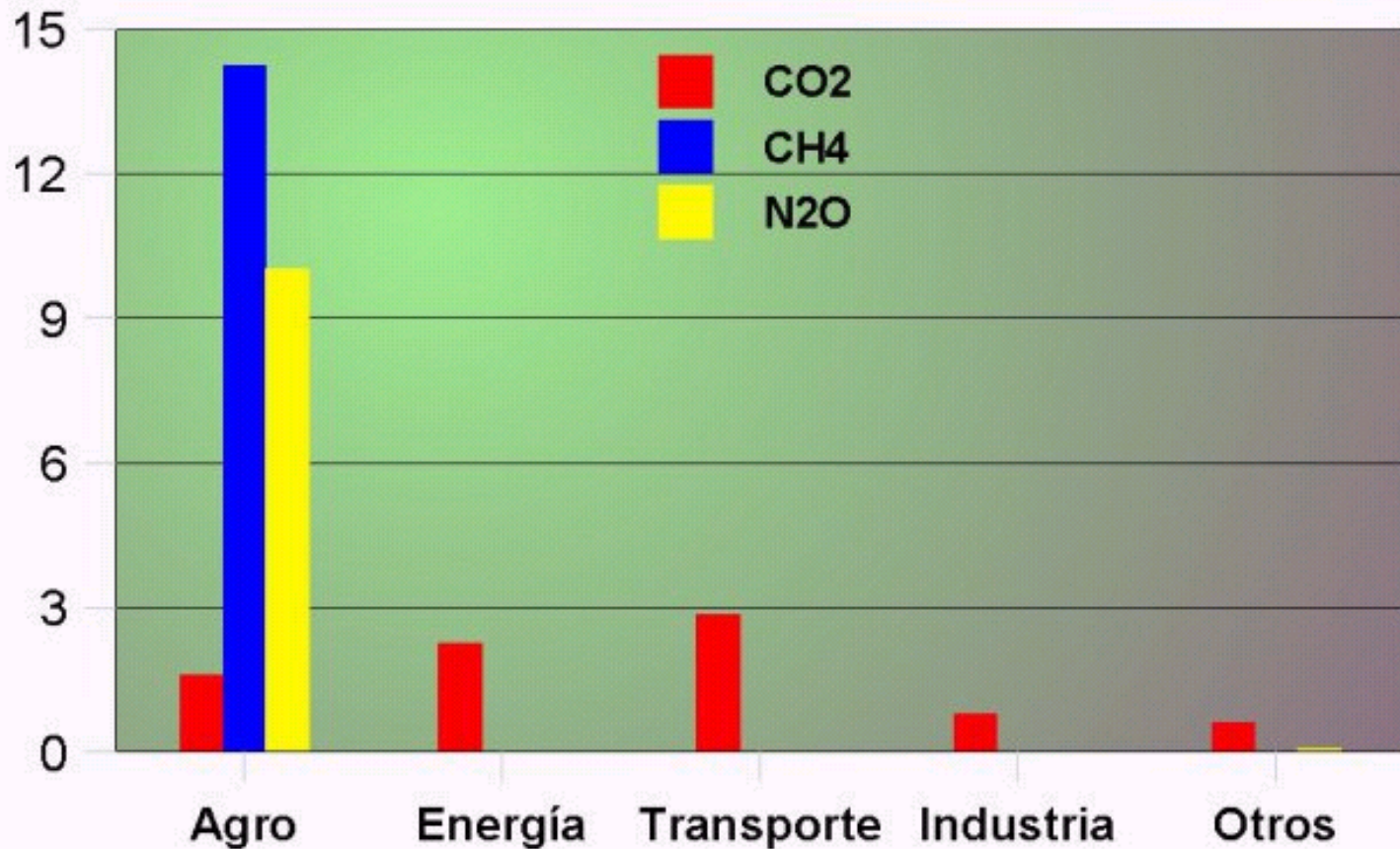
⇒ Fertilización nitrogenada ( $\text{N}_2\text{O}$ ).



# Emisiones GEI Uruguay (Tg CO<sub>2</sub>)

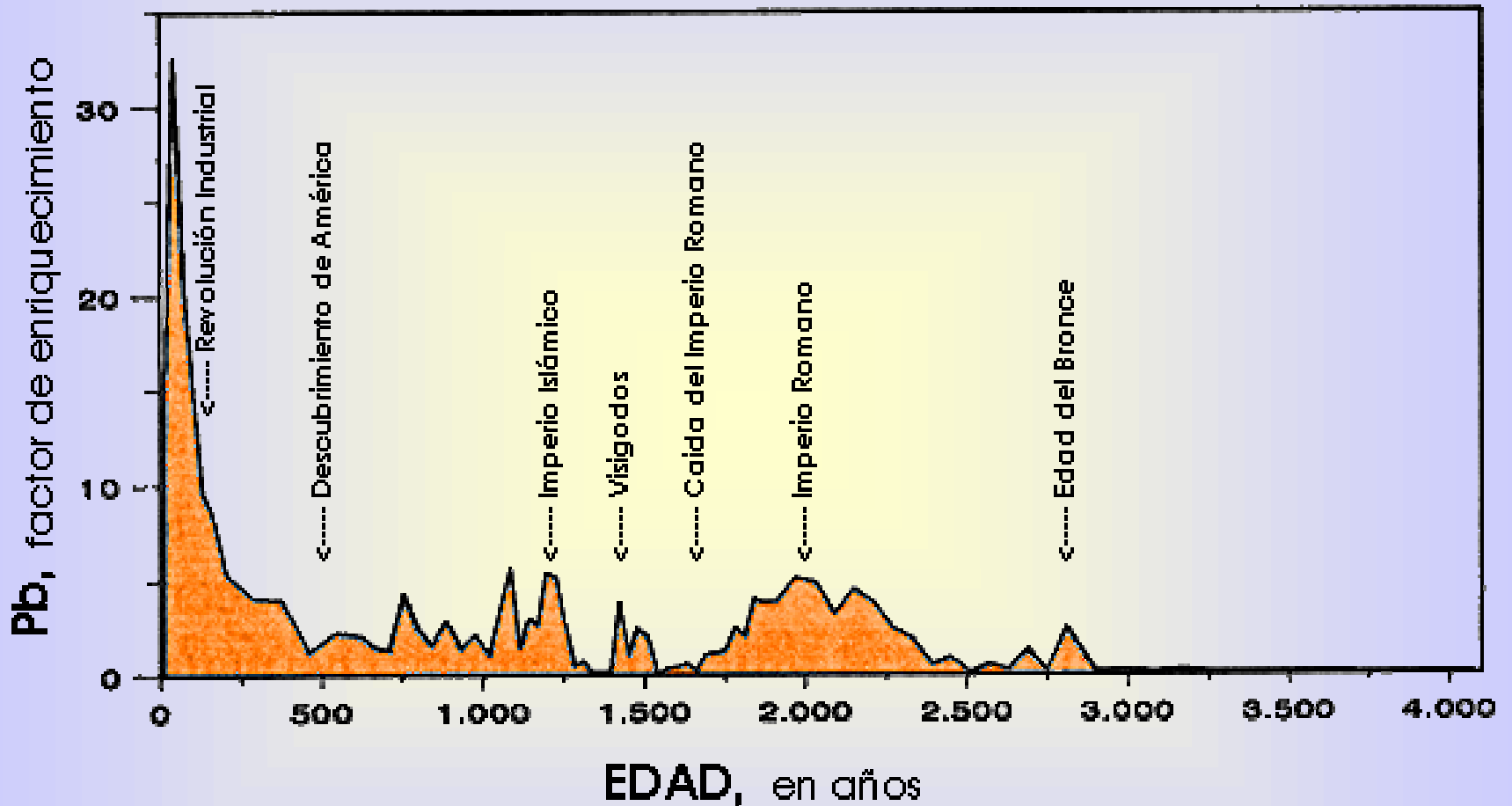


# Emisiones GEI Uruguay (Tg CO<sub>2</sub>)



# CONTAMINANTES DE AGUAS

- $\text{NO}_3^-$
- $\text{PO}_4^{4-}$
- **Efecto: contaminación / eutrofización**



Concentración de Plomo en el correr de los tiempos

Fuente: [edafologia.ugr.es/](http://edafologia.ugr.es/)

# Fumigación aérea en agricultura

Fuente: [www.viarural.com.ar/](http://www.viarural.com.ar/)



Fuente: [www.aeroserviciosmiami.com](http://www.aeroserviciosmiami.com)

# Eutrofización



Fuente: [www.ecologistasenaccion.org](http://www.ecologistasenaccion.org)

# **SUSTENTABILIDAD**

**En los últimos tiempos se ha hecho énfasis en el cuidado de los recursos naturales, no sólo para el presente sino también para el futuro, ya que las generaciones venideras tienen los mismos derechos que nosotros del uso y manejo de los recursos.**



**El rápido crecimiento demográfico a nivel mundial demanda un aumento en las necesidades de alimentación, salud, educación y recreación, lo cual obliga a realizar un adecuado uso y manejo de los recursos naturales para mantenerlos en el tiempo, ya que de otra forma los mismos se agotarán y en muchos casos el proceso podría ser en forma irreversible. Para ello, el término Desarrollo Sustentable debe de considerar todos los aspectos integralmente: el económico, el ambiental y el social, tanto sea en el corto, mediano y largo plazo.**

## **PROGRAMA 21 y COMISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE NACIONES UNIDAS.**

**La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) celebrada en Río de Janeiro en 1992 finaliza con la Declaración de Río, la cual fue adoptada por unanimidad por 102 Jefes de Estado y de gobierno asistentes, incluido Uruguay, proclamando 27 principios generales para orientar a los estados y a sus pueblos sobre una “nueva asociación mundial justa” en materia de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y en las políticas y programas correspondientes.**

**Entre sus recomendaciones podemos destacar:**

**1-Formulación de Políticas para el Desarrollo Sustentable.**

**2- Participación social para el Desarrollo Sustentable.**

**3- Fomentar la conciencia ambiental.**

**4- La ciencia para el Desarrollo Sustentable.**

**5- Superación de las desigualdades en la disponibilidad de información.**

**6-Utilización de los recursos de tierras.**

**7- Atención a las necesidades agrícola sin destruir las tierras.**

**8- Uso de tecnologías apropiadas.**

**El Informe Ambiental Nacional (OEA-OPP-BID, 1994) plantea como problemas principales:**

**A - Relacionados con el uso del suelo rural.**

➤ **Erosión y compactación.**

➤ **Degradación y pérdida de productividad de las praderas naturales por sobrepastoreo.**

➤ **Baja demanda laboral y escaso avance técnico de los sistemas de producción pecuaria extensiva, su carácter extractivo y el ausentismo empresarial.**

- **Emigración de la población rural; falta de servicios y escasa interrelación social entre las familias que residen en áreas rurales.**
- **Pérdida y amenaza de especies nativas.**
- **Creciente contaminación de ecosistemas rurales por uso de agroquímicos.**
- **Creciente eutrofización de recursos hídricos en zonas de agricultura intensiva.**

*Ley 15.239 y Reglamentación. Marco Legal para el Uso, Manejo y Conservación de Suelos y Aguas con Fines Agropecuarios.*

**Nuestros suelos han sido muestreados, clasificados y mapeados con un carácter morfogenético por parte de la Dirección de Suelos y Aguas del MGAP. Esto permitió en un inicio regionalizarlo en 13 áreas según su Capacidad de Uso y su Productividad, lo que ha su vez lo convirtió en un receptor de impactos. A esto debe agregarse el hecho de que su uso se diversificó y comenzaron a multiplicarse las alternativas.**

**La Dirección de Suelos ha realizado estudios con el fin de clasificar a los suelos por Aptitud de Uso, determinando de éste modo distintas áreas las cuales se detallan a continuación:**

- Suelos de uso agrícola, con más del 75 % de su superficie arable.**
- Suelos de uso agrícola - pastoril, presentando entre 50 y 75 % de la superficie arable.**
- Suelos de uso pastoril- agrícola, con menos del 25 % de la superficie arable.**

- **Suelos pastoriles, con menos del 25 % de la superficie arable caracterizados por el hecho de que sus cultivos tienen limitaciones de arraigamiento y baja capacidad de retención de agua.**
- **Suelos pastoriles y arrozables, ubicados en las zonas más bajas del paisaje y en suelos donde el drenaje permite el cultivo del arroz.**
- **Suelos forestales y / o de reserva, donde por problemas de baja fertilidad o por características propias, los suelos no son aptos ni para agricultura ni para ganadería.**



**Las evaluaciones cartográficas realizadas por la DSA (Dirección de Suelos y Aguas, MGAP, 1983) indican que 2 % (360.000 há) del país presentan tierras con erosión severa con abundancia de cárcavas y 6.8 % (1.224.000 há) con erosión moderada. En el departamento de Canelones, uno de los más afectados, la erosión severa se extiende en 43.275 há (9.6 %) y la moderada en 185.700 há (41 %) (DSA, 1985).**

# CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD

En 1987, las Naciones Unidas en la World Commission on Environment and Development dio a conocer el informe de "Nuestro Futuro Común", empleando en el mismo los términos de Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable y dándole difusión mundial. Este informe, también denominado Informe Brundtland, define Desarrollo Sustentable como: "aquel que alcanza las necesidades del presente sin comprometer la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras".

**En este sentido surgen del mismo los siguientes cuestionamientos:**

- ¿Cómo se debe proteger el ambiente?**
  - ¿Cómo se deben satisfacer las necesidades básicas?**
  - ¿Cómo se debe hacer justicia y bienestar?**
- ¿Cómo se debe desarrollar el comercio y evaluar los intereses no sólo de toda la población actual sino también de aquellas generaciones venideras?**

## INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Los Indicadores de Sustentabilidad son definidos en la CNUMAD (1992) como: *"unidades de información que señalan lo que está ocurriendo en los sistemas a estudio"*. Funcionan como pequeñas ventanas, que permiten caracterizar la situación dinámica de los sistemas. Nos indican cuál es la dirección seguida por los procesos críticos del trinomio: comunidad, economía y medio ambiente.

El concepto de Indicadores de Adriaanse (Altieri, 1994) plantea que *"los Indicadores son una herramienta para agregar información de naturaleza disímil de una manera útil"*.

## **AGRICULTURA SUSTENTABLE.**

**Los recursos naturales vienen degradándose paulatinamente debido al incorrecto uso que de ellos se ha venido haciendo, y es, en respuesta a ello, que comienza a utilizarse el concepto de Agricultura Sustentable, el cual ha promovido la necesidad de realizar ajustes a la agricultura convencional para que la misma se transforme en ambiental, social y económicamente viable y compatible (Edwards et al. , 1990)**

**Según Altieri (1994), se puede definir Agricultura Sustentable como: “*un modo de agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías y prácticas de manejo que mejoren la eficiencia biológica del sistema.*”, los esfuerzos se orientan a la optimización del agroecosistema en su conjunto en lugar de concentrarse en maximizar los rendimientos de corto plazo (visión productivista clásica de la "Revolución Verde").**

**Un agroecosistema Sustentable será aquel que permita simultáneamente:**

- Conseguir un nivel alto de productividad mediante el uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos.**
- Proporcionar una producción confiable, estable (no decreciente) y resiliente a perturbaciones.**

➤ **Brindar flexibilidad (adaptabilidad) para amoldarse a nuevas condiciones del entorno económico y biofísico.**

➤ **Distribuir justa y equitativamente los costos y beneficios.**

➤ **Poseer un nivel aceptable de autodependencia (autogestión) para poder responder y controlar los cambios inducidos desde el exterior, manteniendo su identidad y sus valores.**



**La Agricultura Sustentable se basa en la idea de reducir al mínimo posible los usos de insumos agroquímicos y energéticos que enfatizan las interacciones y sinergismos entre los varios componentes biológicos de los agroecosistemas, mejorando así la eficiencia biológica, económica y la protección del medio ambiente. Requiere de ciertos elementos y requisitos, algunos de los cuales se presentan a continuación:**

➤ **El sistema agrícola debe de ser considerado como un agroecosistema, por lo que la investigación debe ser orientada a la optimización del sistema como un todo; se requiere no sólo la producción económica inmediata sino considerar la estabilidad ecológica y la equidad social (Conway y Barbier, 1990, citado por Astier y Maser, 1997).**

➤ **Conservación de los recursos naturales renovables.**

➤ **Reducción del uso de energía y recursos, empleando métodos de producción que restablezcan los mecanismos homeostáticos conducentes a la estabilidad de la comunidad, optimización de la tasa de reciclaje de materia orgánica y nutrientes.**

➤ **Fomentar la producción local de productos alimenticios adaptados al entorno socioeconómico y natural.**

➤ **Reducir los costos y aumentar la eficiencia y viabilidad económica de los pequeños y medianos agricultores.**

**El proceso de conversión de un sistema tradicional a uno Sustentable consta de cuatro fases:**

- .Eliminación progresiva de insumos químicos.**
- .Manejo integrado de plagas y nutrientes.**
- .Sustitución de insumos agroquímicos.**
- .Rediseño diversificado de los sistemas agrícolas.**

**Según Altieri (1994), un Agroecosistema Sustentable es como un ecosistema natural maduro, donde se observa:**

- Alta diversidad de especies, cadenas e interacciones tróficas complejas.**
- Ciclos minerales relativamente cerrados que capturan nutrientes y evitan su lixiviación.**
- Relación entre productividad y fitomasa decreciente.**
- Descomposición de la materia orgánica.**
- Mantención de poblaciones estables de insectos, patógenos y malezas.**

**Desde el punto de vista ambiental, el grado en que un Agroecosistema aumenta su Sustentabilidad dependerá del manejo que conlleve a la optimización de los siguientes procesos:**

**➤ Disponibilidad y equilibrio de flujo de nutrientes; la productividad de un agroecosistema está directamente relacionada con la magnitud del flujo y la inmovilización y conservación de nutrientes, lo que a su vez depende del suministro continuo de materia orgánica y la promoción de la actividad biológica del suelo.**

➤ **Protección y conservación de la superficie del suelo: lo cual se puede obtener mediante el manejo de la cubierta vegetal utilizando cultivos de cobertura, mulch, prácticas de cero labranza y otros que minimicen la erosión y sean una medida eficaz de conservación de suelo y agua. Además, se reduce el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.**



➤ **Preservación e integración de la biodiversidad:** la eficiencia del reciclaje de nutrientes y la estabilidad frente al ataque de plagas y enfermedades depende de la cantidad y tipo de diversidad presente, así como también de su organización espacial y temporal (diversidad estructural), y en especial de sus interacciones y sinergismos (diversidad funcional). Ambas pueden derivarse del uso de policultivos, sistemas agroforestales, sistemas mixtos cultivos-animales, etc.

➤ **Explotación de la adaptabilidad y complementariedad en el uso de recursos genéticos animales y vegetales: esto implica la utilización de variedades y razas autóctonas y rústicas adaptadas a la heterogeneidad ambiental existente y que responden a un manejo bajo en insumos.**