

TEMA 1. CONCEPTO DE MEDIO AMBIENTE Y DINÁMICA DE SISTEMAS

Guión del tema

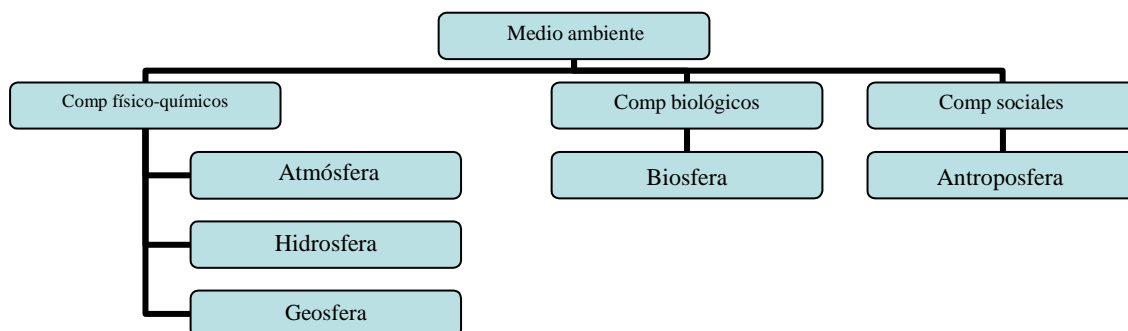
1. Medio ambiente: definición y alcance
2. Uso de un enfoque científico: reduccionismo y holismo
3. Sistemas y dinámica de sistemas
4. Uso de modelos
5. Modelos de sistemas caja negra
6. Modelos de sistemas caja blanca
7. Modelos de regulación del clima terrestre

Desarrollo del tema

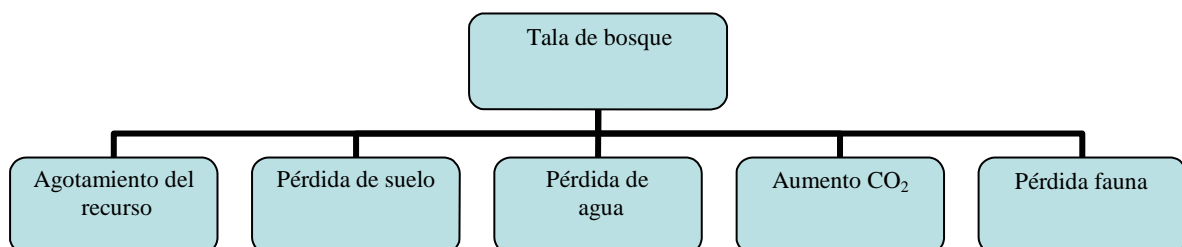
1. Medio ambiente: definición y alcance

Definición de medio ambiente de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Humano, Estocolmo 1972

El medio ambiente (MA en adelante) es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos en un plazo corto o largo sobre los seres vivos y las actividades humanas.



- **Efecto dominó**



- **Necesidad de un estudio multidisciplinar**

2. Uso de un enfoque científico: reduccionismo y holismo

Enfoque reduccionista (método analítico)

Divide y fragmenta el objeto de estudio en sus componentes más simples y los observa por separado. Es el más usado en el método científico pero pierde validez cuando los componentes interactúan.

Enfoque holístico (método sintético)

Estudia el todo o la globalidad y las relaciones entre sus partes sin detenerse en los detalles. Pone de manifiesto las **propiedades emergentes** resultantes del comportamiento global y de las relaciones entre componentes.

Aprovecha los conocimientos obtenidos por el método analítico que enriquecen la visión de conjunto.

3. Sistemas y dinámica de sistemas

Sistema es un conjunto de partes operativamente interrelacionadas, es decir, en el que unas partes actúan sobre otras y del que interesa considerar fundamentalmente el comportamiento global.

Es algo más que la suma de las partes pues de las interacciones y del comportamiento global surgen las propiedades emergentes que están ausentes en el estudio de las partes por separado.

La **Teoría de sistemas dinámicos o dinámica de sistemas (Jay Forrester)** observa y analiza las relaciones e interacciones entre las partes de nuestro objeto de estudio recurriendo al uso de modelos.

4. Uso de modelos

Modelo es una versión simplificada de la realidad (mapas, ecuaciones físicas, etc. son modelos).

Modelos mentales

Imágenes de la realidad que formamos en nuestra mente y que nos sirven para guiarnos por el mundo. Inconscientemente los perfeccionamos y completamos gracias al estudio y a la experiencia.

- Existen tantos modelos mentales como personas
- Condicionan todas nuestras acciones
- Sólo son válidos y aplicables en el entorno en que fueron formulados
- Un modelo no es la realidad, sino una simplificación de la misma

Modelos formales

Modelos matemáticos que suponen una aproximación a la realidad y que suponen una herramienta útil para representarla de forma más concreta y precisa.

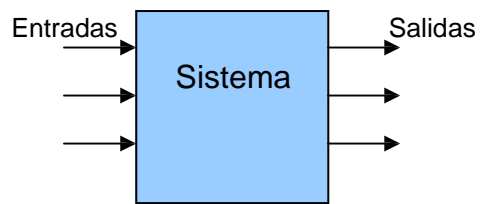
- Emplean ecuaciones matemáticas que asocian las variables del modelo
- Pueden establecer predicciones con la exactitud necesaria

Modelos informales

Utilizan un lenguaje simbólico no formal y son los que nosotros utilizamos:

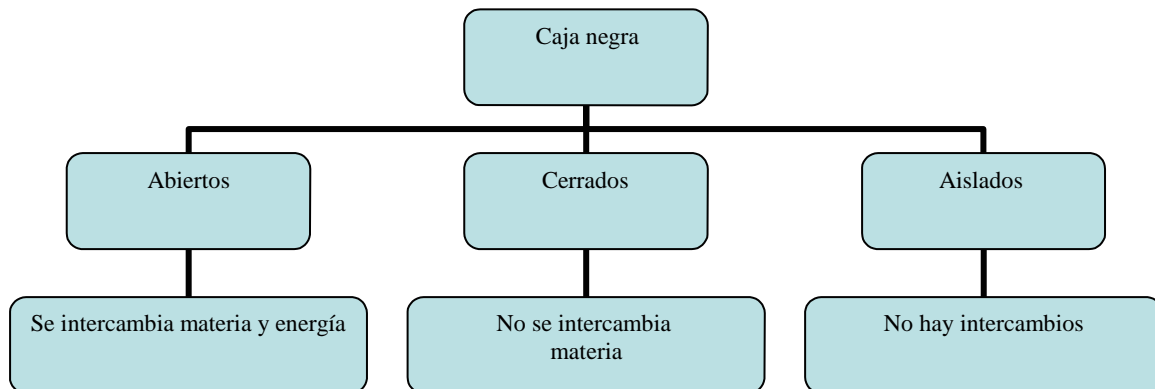
- Modelos materiales, como maquetas u otros objetos (empleados en prácticas)
- Diagramas de relaciones causales que representan variables y sus interacciones

5. Modelos de sistemas caja negra



- No interesan los componentes ni las relaciones en el interior del sistema
- Estudiamos entradas y salidas de materia y energía o intercambios con el entorno
- Se marcan sus límites aunque sean ficticios para aislarlo, a efectos de nuestro estudio, del resto

5.1 Tipos de sistemas caja negra



5.2 La energía en los sistemas

Cualquier modelo caja negra tiene que cumplir los principios termodinámicos:

Primer principio de la Termodinámica: Conservación de la energía.

La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. Es decir que la energía entrante en un sistema será igual a energía almacenada dentro del sistema más la energía saliente.

Segundo principio de la Termodinámica: La entropía.

La entropía mide la parte no utilizable de la energía contenida en un sistema.

En cada transferencia la energía se transforma y suele pasar de una forma más concentrada y organizada a otra más dispersa y desorganizada y, en consecuencia aumenta la entropía.

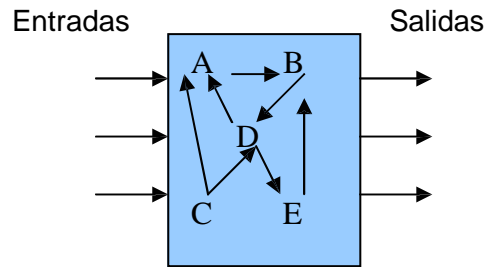
Se asocia al orden existente en un sistema:

- A mayor orden, mayor concentración de la energía, menor entropía.
- A menor orden, mayor dispersión de la energía, mayor entropía.

El mantenimiento del orden requiere un aporte de energía.

La tendencia natural del Universo es hacia una mayor entropía, sin embargo en los seres vivos es inversa: la vida mantiene una baja entropía (un orden elevado) a expensas de aumentar la entropía del entorno.

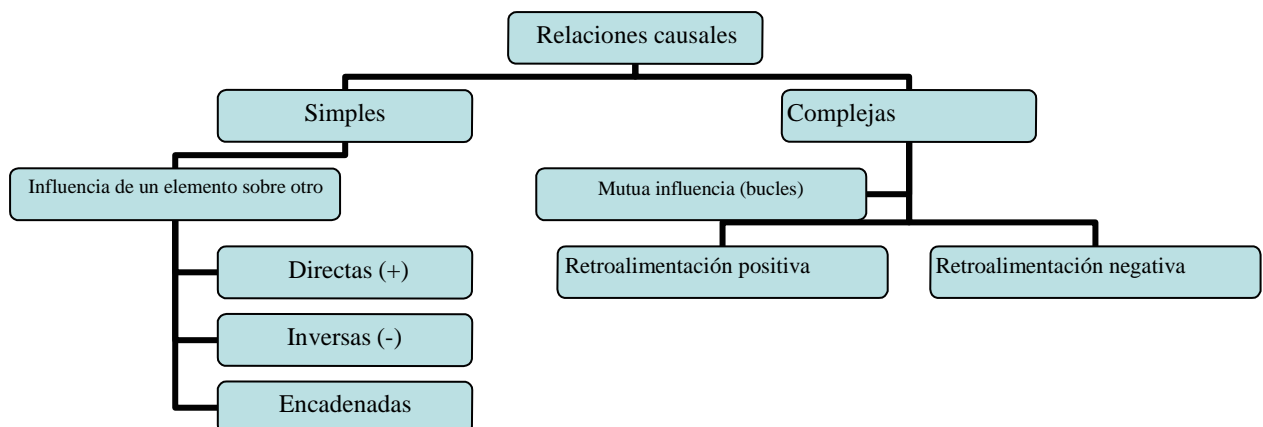
6. Modelos de sistemas caja blanca



- Observamos el interior del sistema
- Marcamos las variables que lo componen y representamos las relaciones entre ellas con flechas que las unen formando un **diagrama causal**
- Cada variable es un subsistema que puede ser representado como caja negra o caja blanca
- Debemos introducir solo las variables estrictamente necesarias para no complicar demasiado el modelo y hacerlo poco válido

6.a Relaciones causales

Transparencias Oxford, pág. 12 y Santillana, pág. 34



6.b Pasos a seguir para modelar un sistema

1. Formación de un modelo mental
 - Formulación de un objetivo concreto tras la observación minuciosa de un fenómeno
 - Emisión de una hipótesis
 - Elección de variables
2. Diseño del diagrama causal
 - Variables e interrelaciones señaladas con flechas
 - Comparación de su funcionamiento con la realidad (validación)
3. Elaboración de un modelo formal o matemático
 - Realización de un diagrama de Forrester: símbolos, ecuaciones diferenciales que explican todos los posibles comportamientos y trayectorias para comparar con la realidad
4. Simulación de diferentes escenarios
 - Predetermina diferentes condiciones iniciales para estudiar comportamientos del sistema diversos, a modo de representación teatral.
5. Elección de aquel que más se acerca al objetivo y realización de las propuestas adecuadas para cambiar la realidad mejorando el aspecto estudiado.

7. Modelos de regulación del clima terrestre

7.a La Tierra como sistema caja negra

Se considera como un modelo de sistema cerrado en el que entra y sale energía pero no materia (se desprecia la cantidad que puede llegar con los meteoritos).

- La energía entrante es radiación electromagnética (luz solar visible mayoritariamente)
- La energía que sale es radiación reflejada y radiación infrarroja (calor)
- La Tierra es un sistema en equilibrio dinámico desde el punto de vista térmico (temperatura en torno a 15°C).

7.b. La Tierra como sistema caja blanca

La máquina climática es el sistema que regula el clima planetario y está formada por un conjunto de subsistemas terrestres que interactúan entre sí:

Atmósfera (A) Hidrosfera (H) Geosfera (G) Biosfera (B) y Criosfera (C) ([Libro, pág. ...?](#))

$$S(\text{clima}) = A U H U B U G U C$$

Dependiendo de cuál sea el objetivo se incluyen más o menos subsistemas:

- Para hacer predicciones meteorológicas a muy corto plazo (horas o días) se considera **S = A**
- Para predicciones de cambios de clima más lentos (1-10 años), **S = A U H U G**
- Para predicciones a largo plazo (10 a 100 años), **S = A U H U G U B U C**
- Las predicciones a mayor plazo (miles o millones de años) son complicadas porque incluyen desigual distribución de tierras y mares y variaciones de la órbita terrestre.

Efecto invernadero y su incremento

- ✚ Se origina en los primeros 12 km de altura aproximadamente
- ✚ Gases causantes: vapor de agua, dióxido de carbono, metano y óxido nitroso principalmente que devuelven a la Tierra parte de las radiaciones infrarrojas emitidas por ella
- ✚ Mantiene la temperatura del planeta en torno a 15°C permitiendo la existencia del agua líquida y con ello la vida
- ✚ Se encuentra asociado a ciclos naturales (ciclo del agua, ciclo del carbono)
- ✚ Si aumenta, aumenta la temperatura

Albedo

- ✚ Porcentaje de radiación solar reflejada por la Tierra del total de luz incidente
- ✚ Varía en función del color de las superficies (máxima en hielos, desiertos)
- ✚ Si aumenta, disminuye la temperatura

Nubes

- ✚ Doble acción:
 1. Incrementan el albedo, con lo que disminuyen la temperatura cuando se sitúan en capas bajas
 2. Aumentan el efecto invernadero, con lo que aumentan la temperatura cuando se sitúan en capas altas

Polvo atmosférico

- ✚ Procede de erupciones volcánicas, meteoritos, incendios, contaminación o explosiones nucleares y permanece durante años en la atmósfera
- ✚ Refleja la luz del Sol, produciendo un oscurecimiento global y un enfriamiento progresivo, con parón de la fotosíntesis y colapso de las cadenas alimentarias (efecto invernadero invertido)

Volcanes

✚ Doble efecto:

1. Por la emisión de partículas, polvo y SO_2 , producen una pantalla que impide la entrada de luz y por tanto un enfriamiento a corto plazo
2. Al posarse sobre la superficie ese polvo, el CO_2 y el vapor de agua, sobre todo contribuyen a aumentar el efecto invernadero con un calentamiento a largo plazo más duradero

Variaciones de luz solar incidente

✚ Existen variaciones periódicas o cíclicas (ciclos astronómicos de Milankovitch) que afectan a la cantidad de radiación y a la zona de la Tierra que la recibe y que dependen de:

1. Excentricidad de la órbita terrestre (la excentricidad de la órbita varía cada 100.000 años) determinará la duración de la época cálida
2. La inclinación del eje terrestre (varía también cada 41.000 años respecto a la perpendicular al plano de traslación) determina la duración de los ciclos día/noche y la existencia de las estaciones
3. La posición del perihelio (punto de la órbita más cercano al Sol, que varía cada 23.000 años) que marca la dureza del clima durante el invierno y el verano

✚ También existen variaciones graduales, de modo que el Sol emite más energía a medida que gasta su combustible, es decir que la radiación ha ido aumentando siendo cuando apareció la vida un 30 % menor que la actual.

Influencia de la biosfera

Lovelock, Hipótesis Gaia: *La Tierra es un sistema homeostático cuya temperatura se autorregula debido a una serie de interacciones entre los diferentes subsistemas, de los cuales la biosfera desempeña un papel fundamental, porque rebaja los niveles de CO_2 atmosféricos y, por tanto, reduce la temperatura.*

(Libro, pág. 25?)

Los seres vivos han modificado la atmósfera terrestre en varios sentidos:

- ✚ Reduciendo los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera a través de la fotosíntesis, para acumularlo en forma de biomasa (recordar que el carbono es el elemento clave de las biomoléculas). Además el dióxido se almacena en los combustibles fósiles, los minerales y rocas carbonatadas. Así disminuye del casi 90 % al 0,03 % actual.
- ✚ Produciendo el oxígeno, en el mismo proceso fotosintético. Al principio el oxígeno quedó atrapado formando parte de óxidos de hierro y azufre fundamentalmente, dentro del agua. Cuando este sistema se saturó el oxígeno comenzó a pasar a la atmósfera y fue aumentando progresivamente hasta el 21 % actual.
- ✚ El oxígeno se combinó para formar la capa de ozono que protege de los rayos UVA del Sol y con ello favorece la evolución de la vida.
- ✚ Aumento del nitrógeno atmosférico debido a las reacciones metabólicas de los seres vivos hasta el 78 % actual.

Actividades:

- Interpretación de las gráficas de población leyendo paso a paso el libro.



Figura 6. Sistema de laguna modelado según un modelo de caja negra.

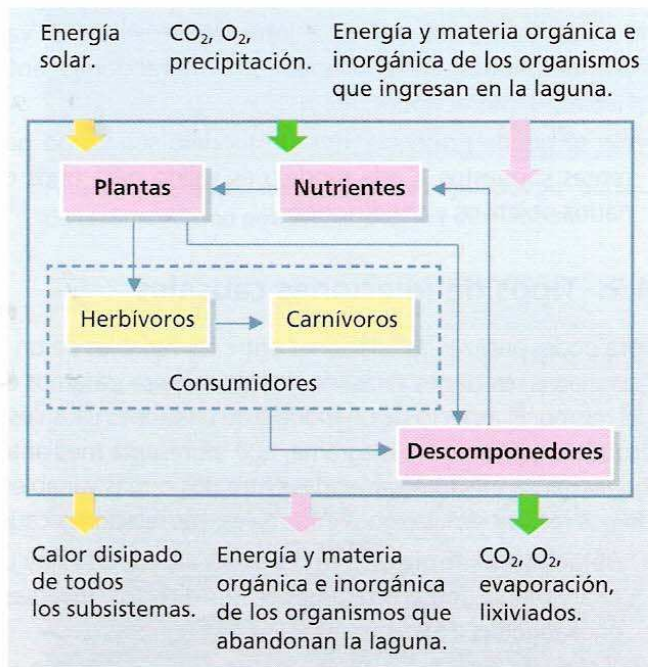


Figura 7. Sistema de laguna modelado según un modelo de caja blanca.

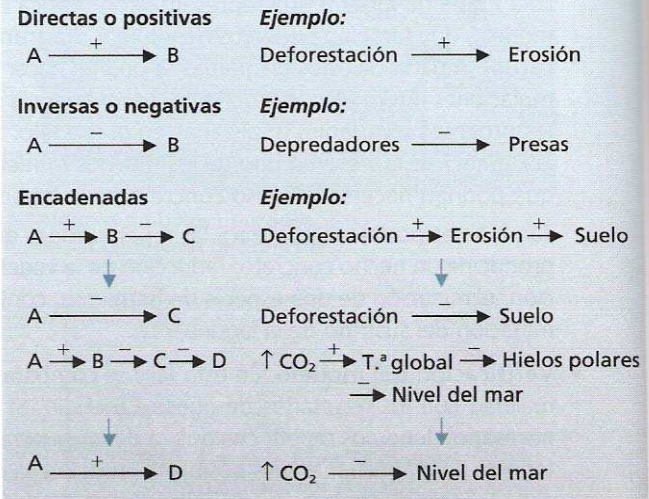


Figura 9. Relaciones causales simples.

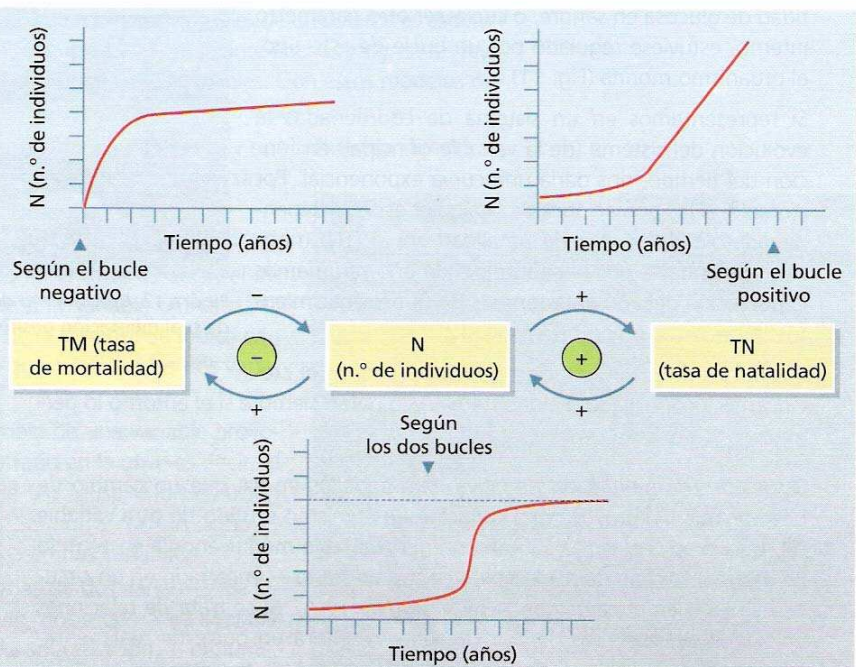


Figura 16. Regulación de una población.

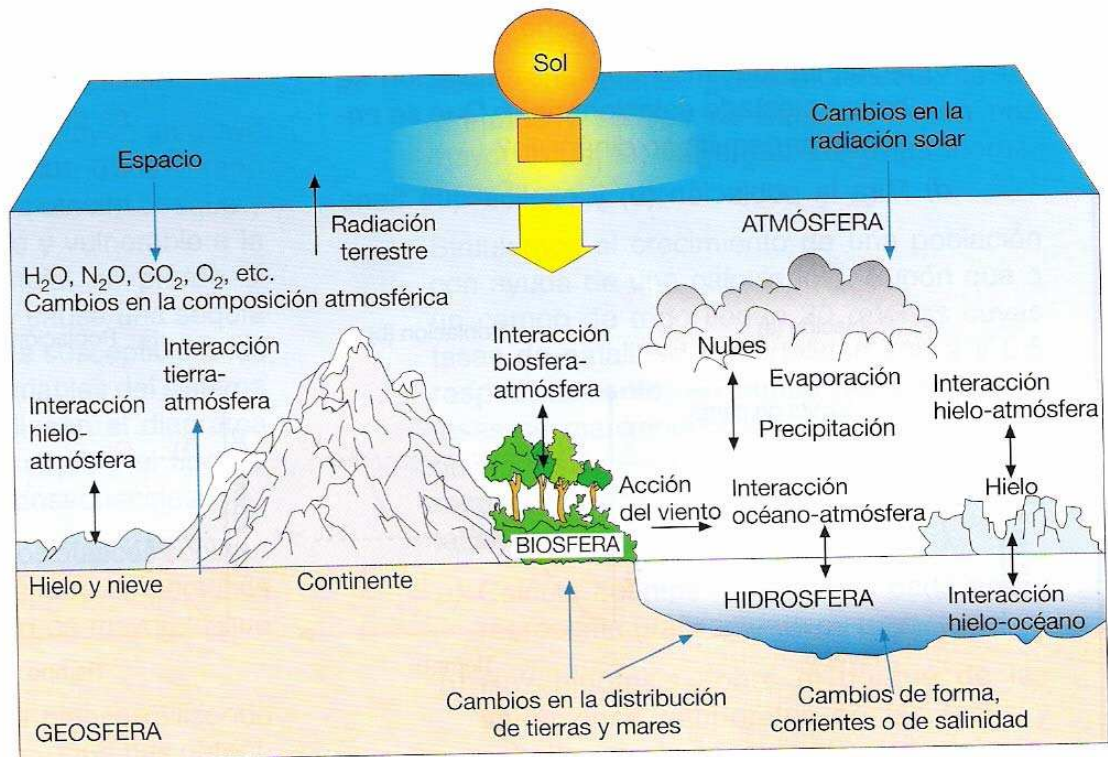


Fig. 1.32. Modelo del clima según el Programa Global de Investigación Atmosférica. Es un sistema en equilibrio dinámico: cualquier cambio en uno de sus componentes requerirá un cambio de los demás para restablecer dicho equilibrio.

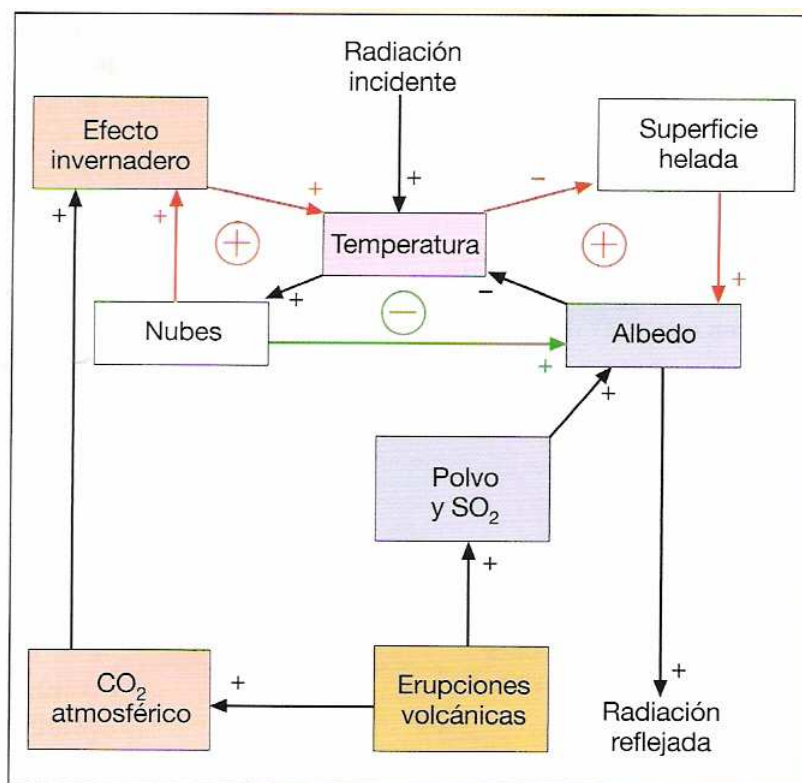


Fig. 1.39. J. Salvachúa.