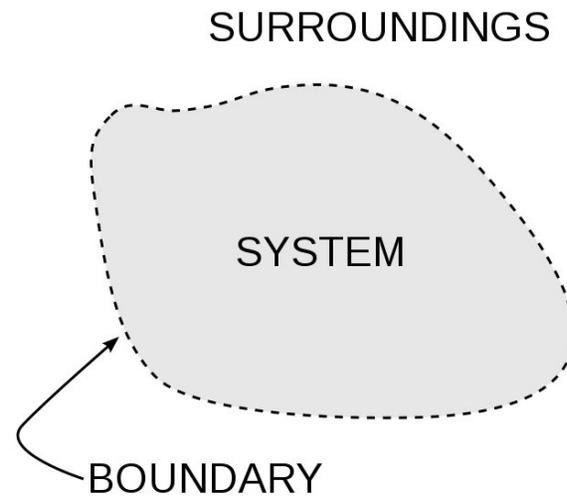


CI5103 ANÁLISIS DE SISTEMAS AMBIENTALES

**Profesor Marcelo Olivares A.
Semestre Primavera 2010**

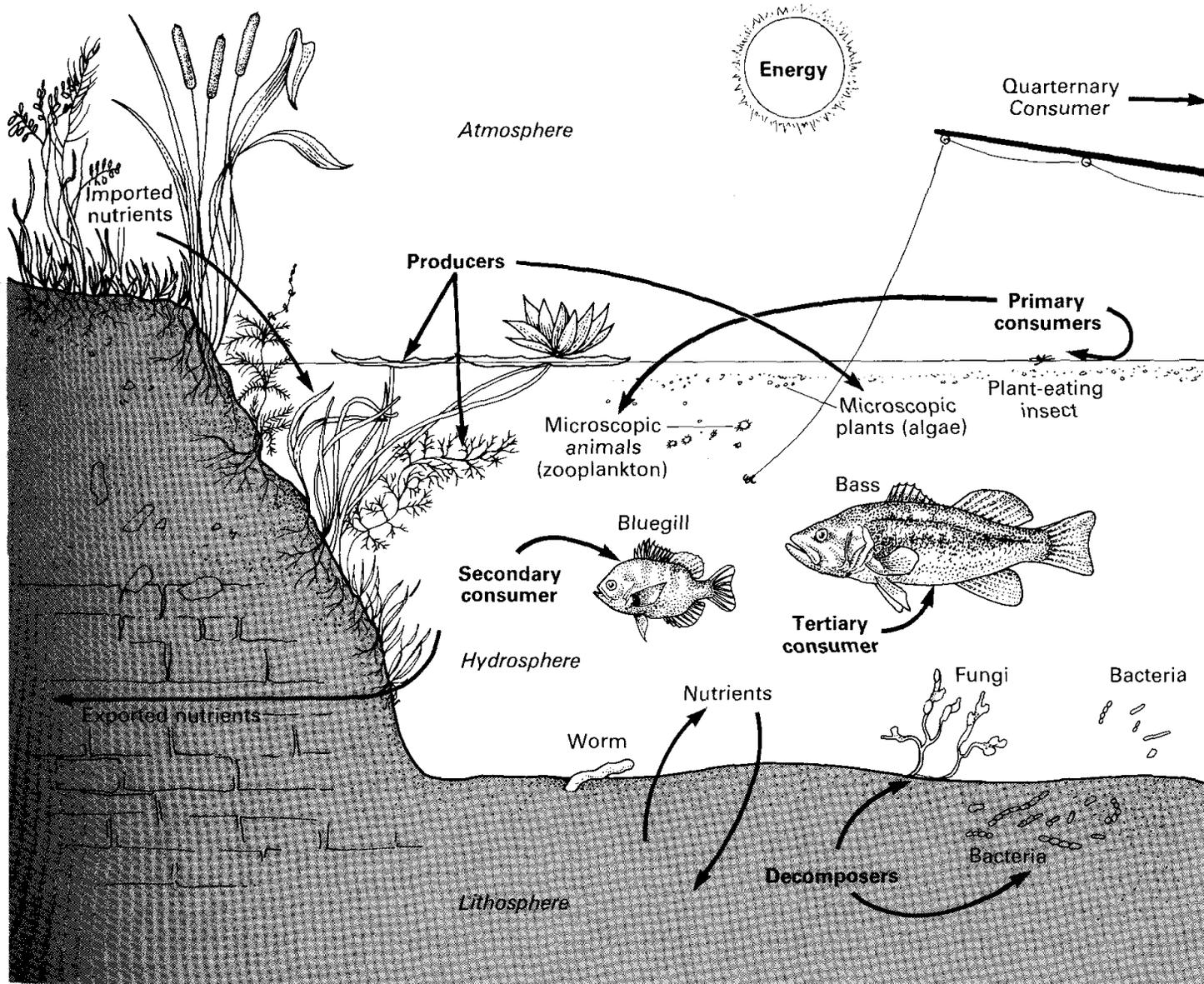
Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados cuya interacción define un comportamiento que no puede ser explicado mirando los componentes individuales



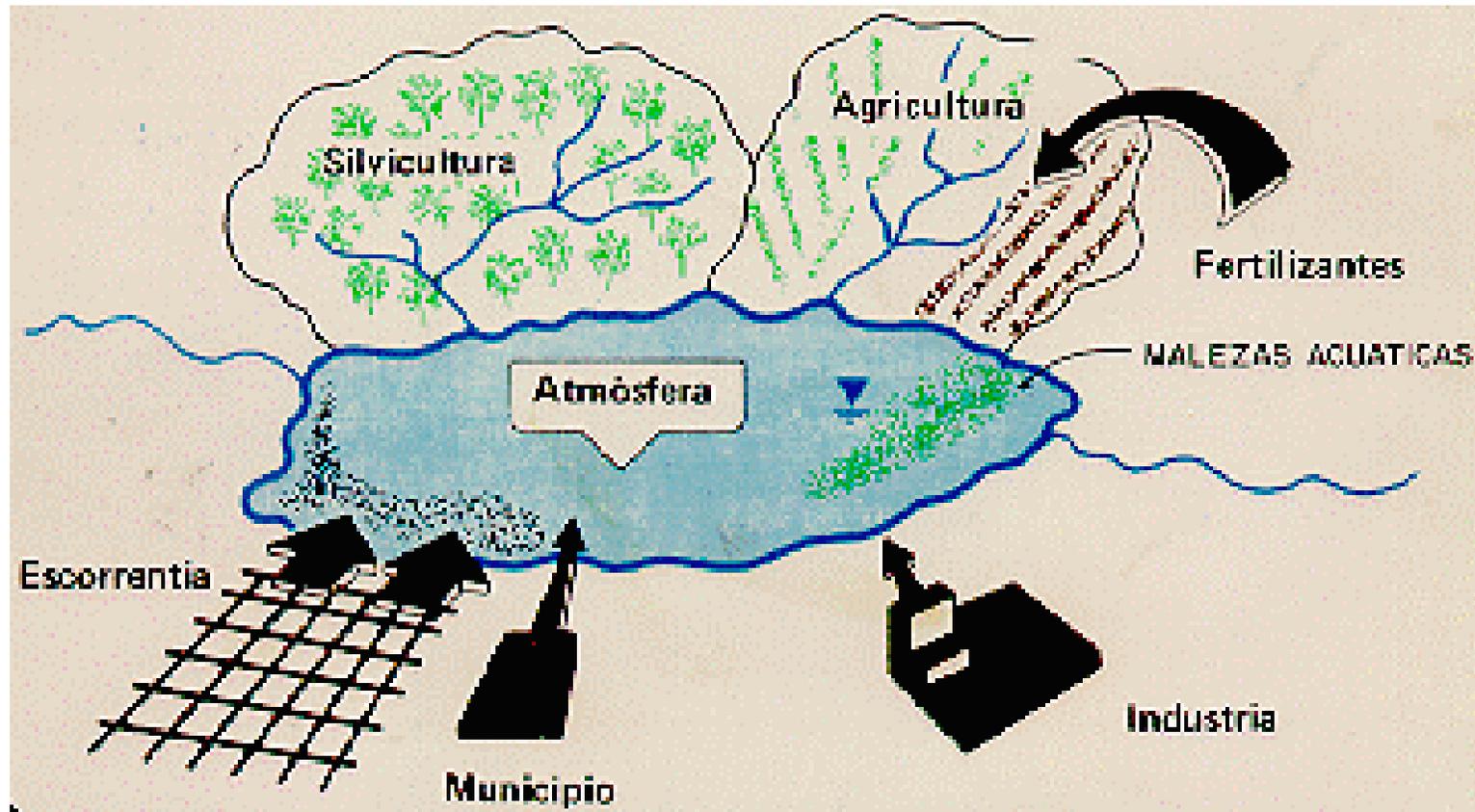
Un sistema se caracteriza por:

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

Ejemplo de sistema ambiental: Un lago



Ejemplo de sistema ambiental: Límites espaciales



¿Cuál es el límite espacial del sistema?

Análisis de sistemas ambientales

"The systems perspective is critical to solving today's complex environmental and water resources engineering problems." (Prof. Barbara Minsker, University of Illinois)

- Análisis de sistemas es una **ciencia interdisciplinaria**, cuyo objeto de estudio son conjuntos de entidades que interactúan entre sí (los sistemas). Apunta a ayudar a los **tomadores de decisiones** a identificar un mejor curso de acción y tomar una mejor decisión.
- Análisis de sistemas ambientales es un campo de investigación **cuantitativo y multidisciplinario**, orientado a **analizar, interpretar, simular y comunicar** problemas ambientales complejos desde distintas perspectivas. (*Environmental Systems Análisis Group. Wageningen University*)

“Essentially, all models are wrong, but some are useful.”
(Box, George E. P.; Norman R. Draper (1987). *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. Wiley. pp. p. 424.)

¿QUE ES UN MODELO?

Una representación simplificada, aproximada y seleccionada de la realidad (un sistema real)

- Modelo **matemático** (basado en ecuaciones Ej. $F=m \cdot a$)
- Modelo **físico** (modelos a escala, maquetas, etc)

Dentro de los modelos matemáticos, tenemos:

- **Modelos descriptivos** (simulación)
 - ¿**Qué pasaría si** tomo este curso de acción ?
(dados inputs y condiciones iniciales)
- **Modelos prescriptivos** (optimización)
 - ¿**Cuál es el mejor** curso de acción de podría tomar?

Clasificación de modelos matemáticos

- Modelos **mecanísticos** (basados en procesos)
 - Deben ser consistentes con la teoría
 - La incertidumbre predictiva del modelo debe ser informada (permite estimar el riesgo asociado a las opciones)
 - Aunque lo usual es utilizar modelos matemáticos para realizar predicciones, en ciertas situaciones la opinión de expertos y modelos más simples es aceptable (limitaciones de datos)
- Modelos **estadísticos** (basados en datos, empíricos)

Otra clasificación de los modelos matemáticos:

- Modelos determinísticos

Inputs (y resultados) toman valores relativamente fijos y predecibles con certeza.

- Modelos estocásticos

Modelos en que los inputs son variables aleatorias

Ejemplo: Dado un volúmen de agua en un embalse a principios de Septiembre, y dada una entrega desde el embalse ¿Cuánto es el volúmen de agua en el embalse a inicios de octubre?

Variables aleatorias: caudal afluente, evaporación, etc (derivadas de la incertidumbre asociada a los procesos hidrológicos)

¿Por qué usar modelos?

- La modelación podría ser **factible** en situaciones donde no se puede monitorear (costo, tiempo, irreversibilidad)
- **Monitoreo integrado con modelación** de sistemas ambientales puede proveer mejor información que un solo enfoque, por el mismo costo.
 - Por ejemplo, una regresión entre la concentración de un contaminante y el caudal puede usarse para extender registros de monitoreo para análisis preliminares. Los modelos también pueden usarse en un marco Bayesiano para determinar distribuciones de probabilidad a priori (de concentraciones) que pueden complementar esfuerzos de monitoreo y reducir la cantidad de monitoreo.

¿Para qué usar modelos?

- Para facilitar el entendimiento (¿por qué sucede tal o cual cosa?) [ej. Artículo JEEM], implicancias de supuestos, etc.
- Para mejorar predictibilidad (¿qué pasa si ...?) Ejemplo: Efecto de la introducción de plantas de tratamiento de aguas residuales
- Como una ayuda para resolver un problema (Mejorar una situación poco satisfactoria o lograr objetivos alterando variables de control/decisión)

Efecto de la construcción de plantas de tratamiento sobre la calidad del agua para riego



D



PLANTAS DE TRATAMIENTO DE SANTIAGO



PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LOCALIDADES

Algunas consideraciones sobre la complejidad de los modelos de sistemas ambientales

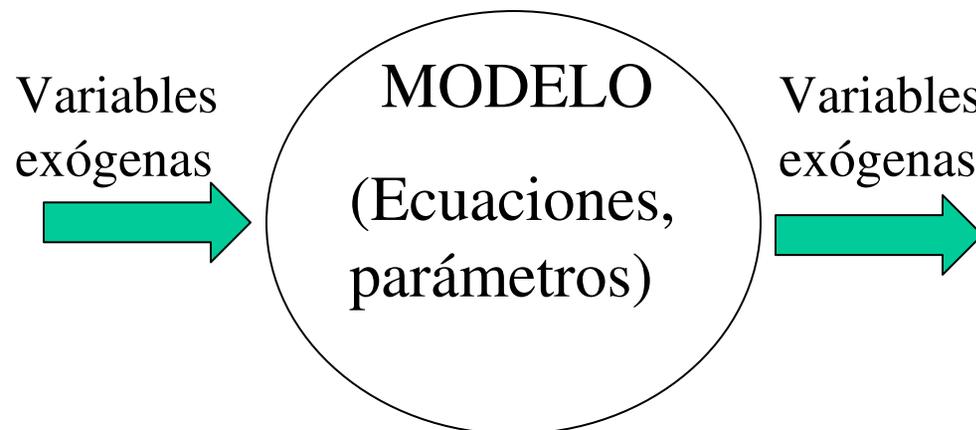
- Al poner la prioridad en la representación de los procesos usualmente se obtiene **complejos modelos mecanísticos**
- En algunos casos esto puede resultar en **análisis innecesariamente costosos**. Además, la complejidad de los procesos físicos, químicos y biológicos no puede ser reflejada en forma realista en ningún modelo
- En análisis de sistemas ambientales, el propósito del modelo debiera ser **apoyo a las decisiones**
- La incapacidad para representar todos los procesos relevantes contribuye a la **incertidumbre del modelo**

- La **disponibilidad y precisión** de datos son fuentes de preocupación en el desarrollo y uso de modelos el análisis de sistemas ambientales
- La complejidad de los modelos debe ser **compatible** con la cantidad y calidad de la información disponible (*garbage in, garbage out*)
- El uso de modelos mecanísticos complejos para predicción de calidad del agua en situaciones con insuficientes datos **NO COMPENSA la falta de información**
- Modelos complejos (sofisticados) no necesariamente son más confiables
- Se puede comenzar con modelos simples y agregar complejidad a medida que se obtienen datos adicionales

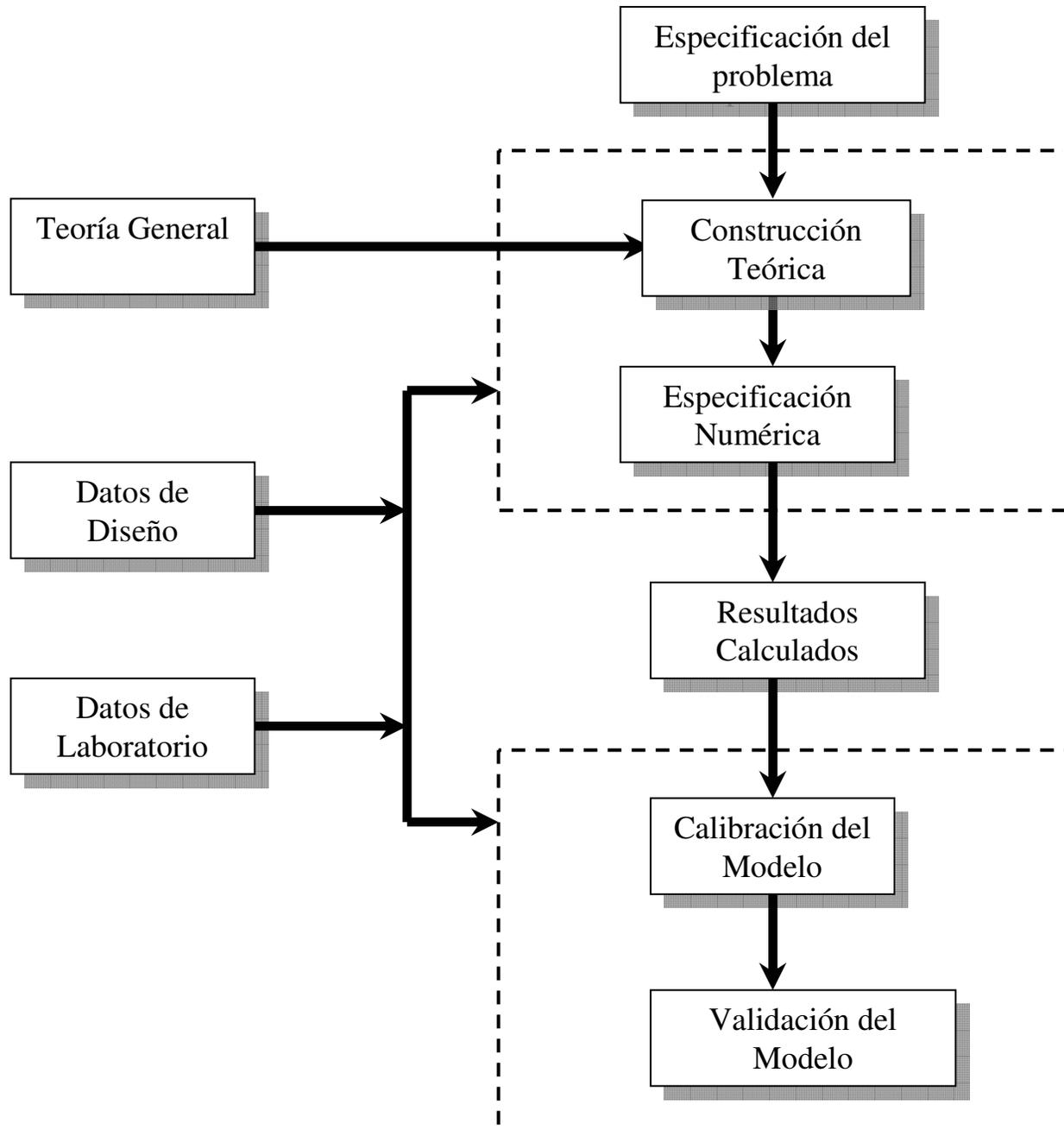
Formulación de un modelo matemático

Las ecuaciones de un modelo contienen:

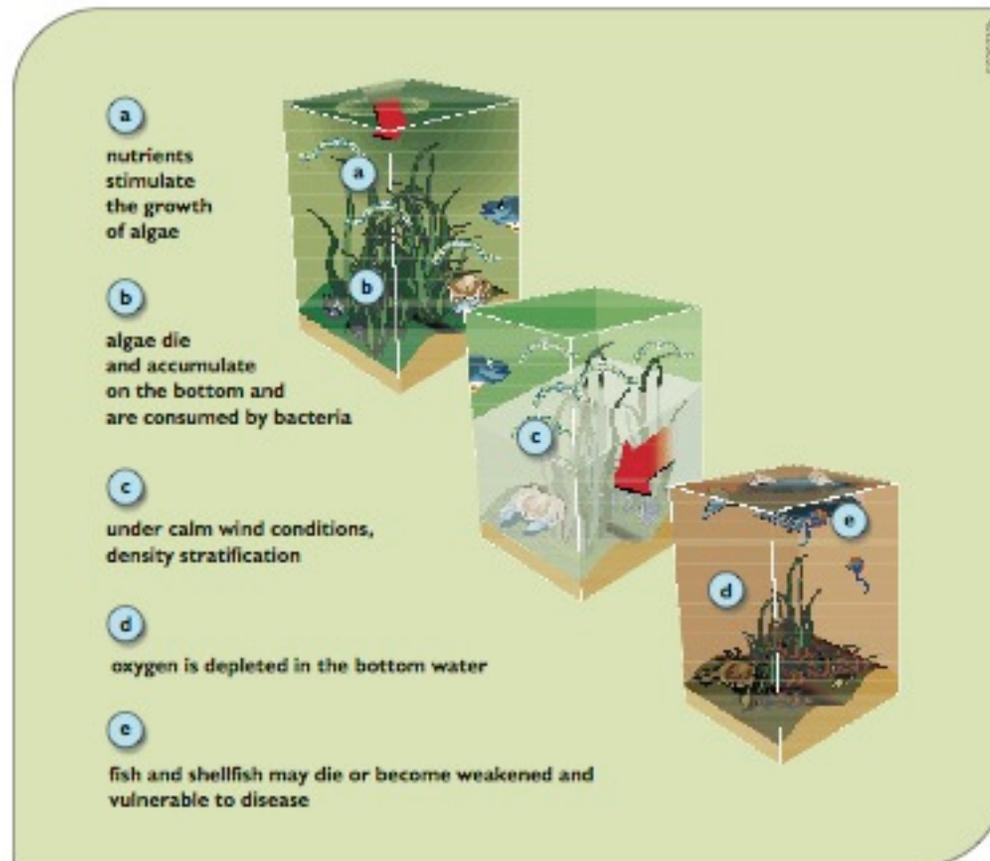
- Variables **endógenas (outputs)**: su valor se obtiene como resultado del modelo
- Variables **exógenas (inputs)**: su valor es un dato de entrada al modelo (forzante de procesos. Ej: caudales)
- **Parámetros**: permiten representar matemáticamente las relaciones entre variables (Ej: tasa de decaimiento de la materia orgánica)



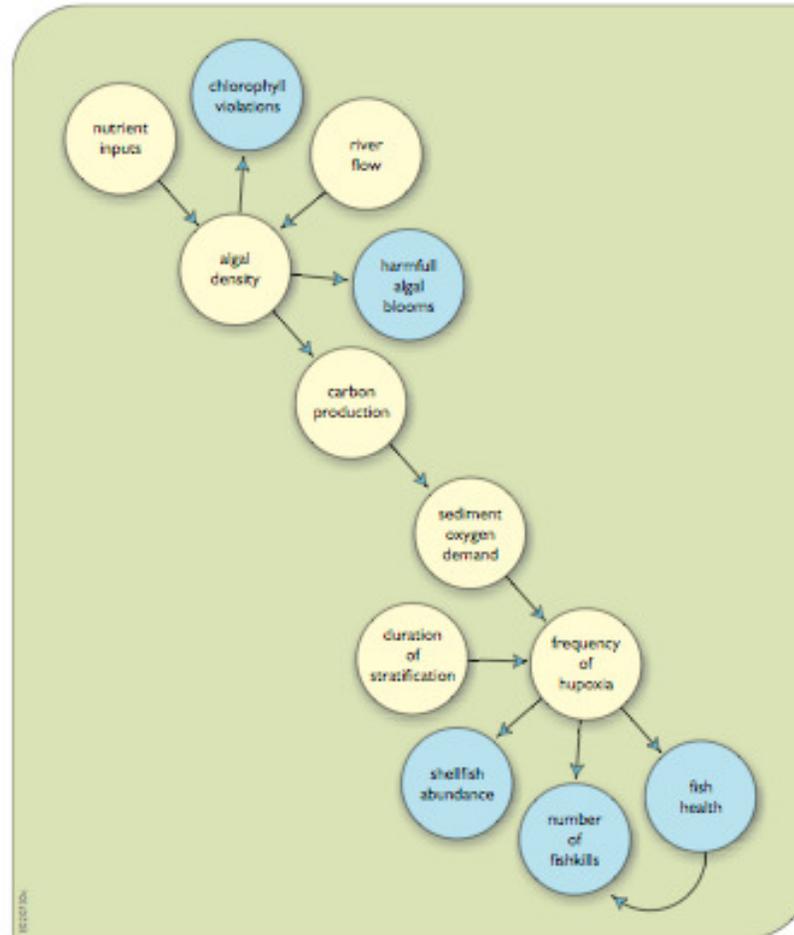
Proceso de modelación (mecánica)



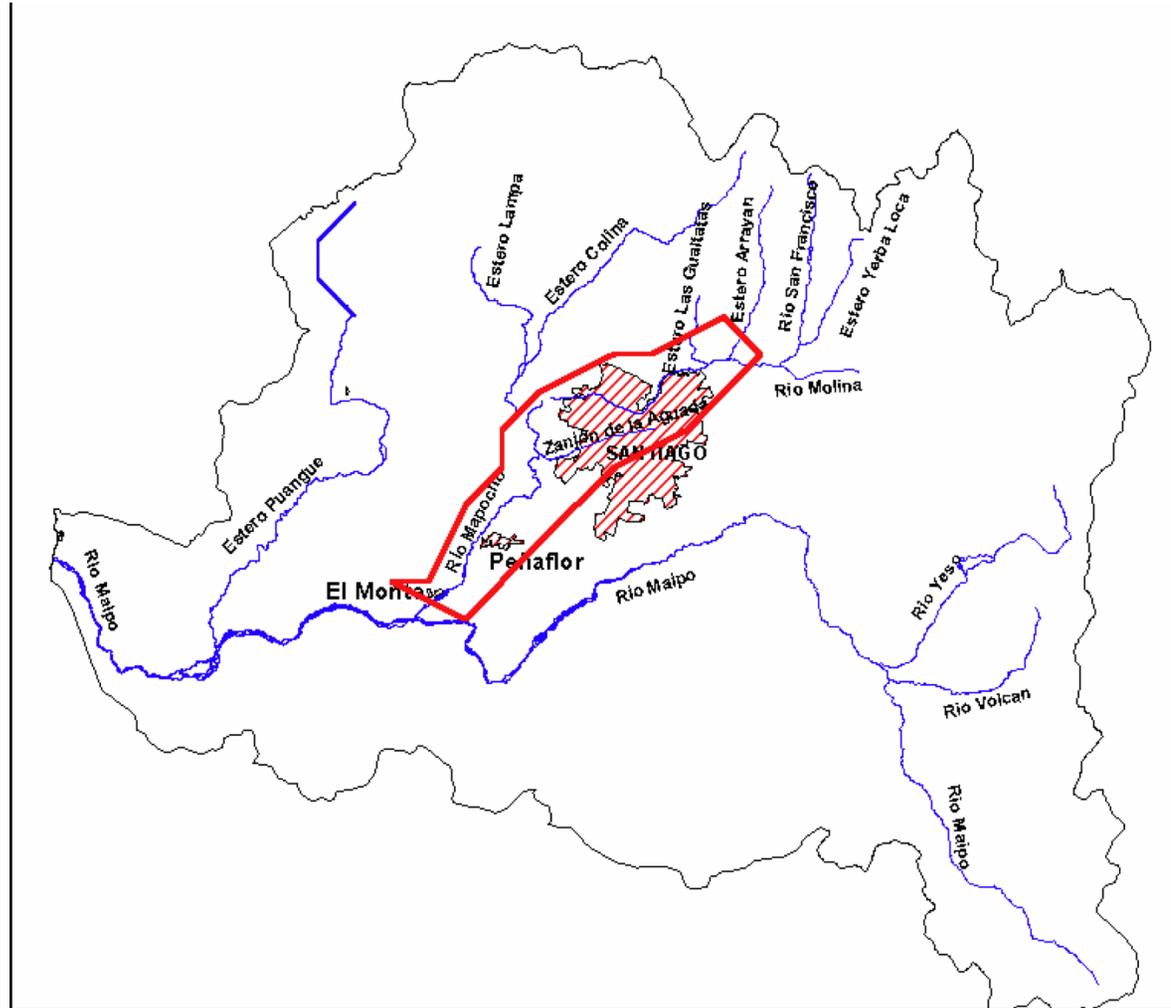
Modelos mecánicos: Efecto de descargas de nutrientes a un lago sobre la vida acuática



Modelos mecánicos: Efecto de descargas de nutrientes a un estuario sobre la vida acuática



Modelos mecánicos: Modelo de DBO y OD en el río Mapocho



Modelos mecánicos: Modelo de DBO y OD en el río Mapocho

Diagrama Unifilar del Sistema

