

# TEMA I : INTRODUCCIÓN A LA SIMULACION

1. INTRODUCCIÓN
2. ESTUDIO DE SISTEMAS
3. INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN
4. VENTAJAS E INCONVENIENTES.
5. DOMINIOS.
6. HERRAMIENTAS EN LA INDUSTRIA.  
INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA.
7. ETAPAS EN LA IMPLEMENTACIÓN.

"La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema".

# INTRODUCCIÓN

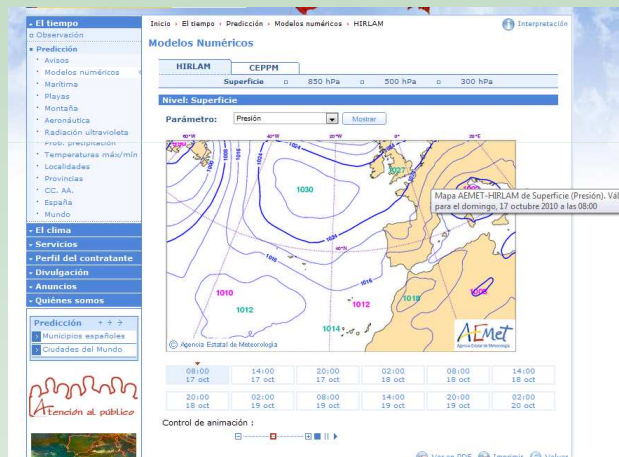
. \* La Simulación es una de las herramientas más importantes y más interdisciplinarias en la investigación , industria y docencia.

\*La simulación actúa cuando el ordenador "finge" ser una tienda, un avión o un mercado.

## Campos de Actuación:

- Industria: Trabajo y ensamblaje de las partes más pequeñas de un mecanismo
- Meteorología: el pronóstico del tiempo (<http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/modelosnumericos/hirlam>),

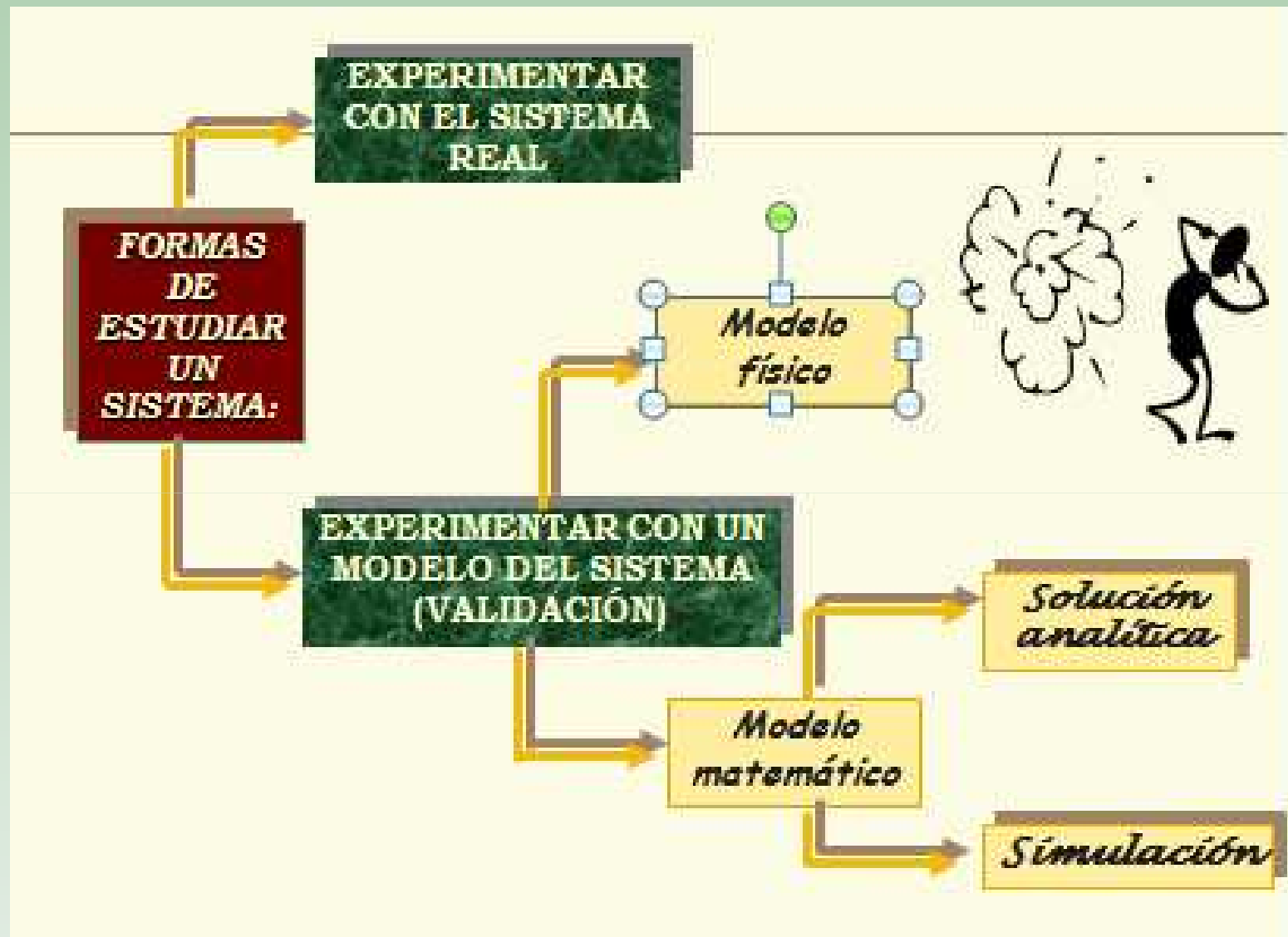
- Medicina: el desarrollo de las epidemias, el sistema inmunológico humano,
- Producción: las plantas productivas, sucursales bancarias, el sistema de repartición de pizzas en grandes ciudades, crecimiento de poblaciones de especies de animales, partidos y torneos de fútbol



- Física , movimiento de los planetas, la evolución del universo, Física Cuántica, Física de la atmosfera
- Biología y Veterinaria: Evolución de poblaciones, etc

# SISTEMA

- Conjunto de objetos- entidades que interactúan entre si como un objetivo común.
  - Entidad : Objeto
  - Atributo: propiedad
  - Actividad: intervalo de tiempo en el que se simula su comportamiento
- Estudiar un Sistema es representar su evolución



# SIMULACIÓN

- “La práctica de generar modelos para representar un sistema del mundo real o hipotéticos mundos futuros, experimentando con él para explicar el comportamiento del sistema, mejorar su funcionamiento o diseñar nuevos sistemas con características deseables”.
- La simulación de sistemas es una técnica que resuelve simultáneamente las ecuaciones de un modelo matemático a valores crecientes de tiempo.

# TECNICA DE SIMULACIÓN

- La técnica de simulación no pretende resolver analíticamente las ecuaciones de un modelo matemático (Simulación Numérica)
- El conjunto de restricciones impuestas en el análisis del modelo mediante simulación será menor que el correspondiente a las técnicas analíticas.
- La construcción de un modelo de simulación es pues mucho más libre.
- Es necesario utilizar procedimientos de tipo iterativo



# SISTEMAS

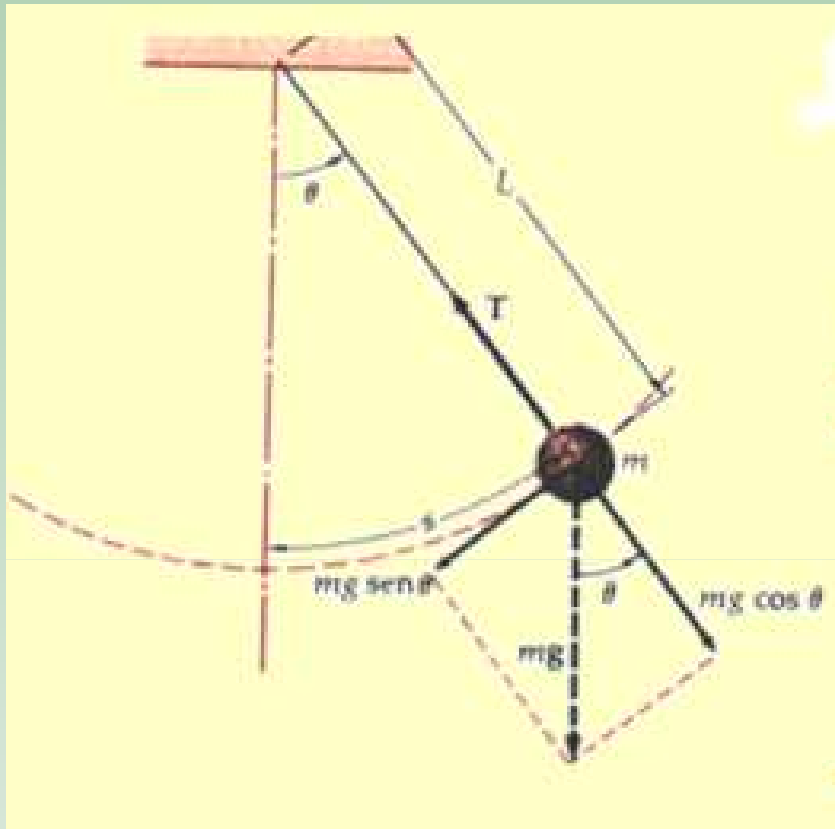
- ESTADO DEL SISTEMA: Colección de variables necesarias para describir un sistema en un instante dado. Se llaman variables de estado.
- TIPOS DE SISTEMAS:
  - \* *Discretos*: las variables de estado cambian en puntos separados del tiempo.
  - \* *Continuos*: las variables de estado cambian de forma continua a lo largo del tiempo.

## HIPÓTESIS SOBRE EL SISTEMA:

- Sencillas: posible obtener soluciones exactas o analíticas
- Complejas: es lo más usual. Deben ser estudiados mediante simulación. Se obtienen soluciones aproximadas.

**SIMULACIÓN:** Técnicas para imitar el funcionamiento de sistemas o procesos reales mediante programas de ordenador.

**MODELO:** Representación simplificada de un sistema que se utiliza para estudiar su comportamiento.



$$T = m g \cos \theta$$

$$F = - m g \sin \theta$$

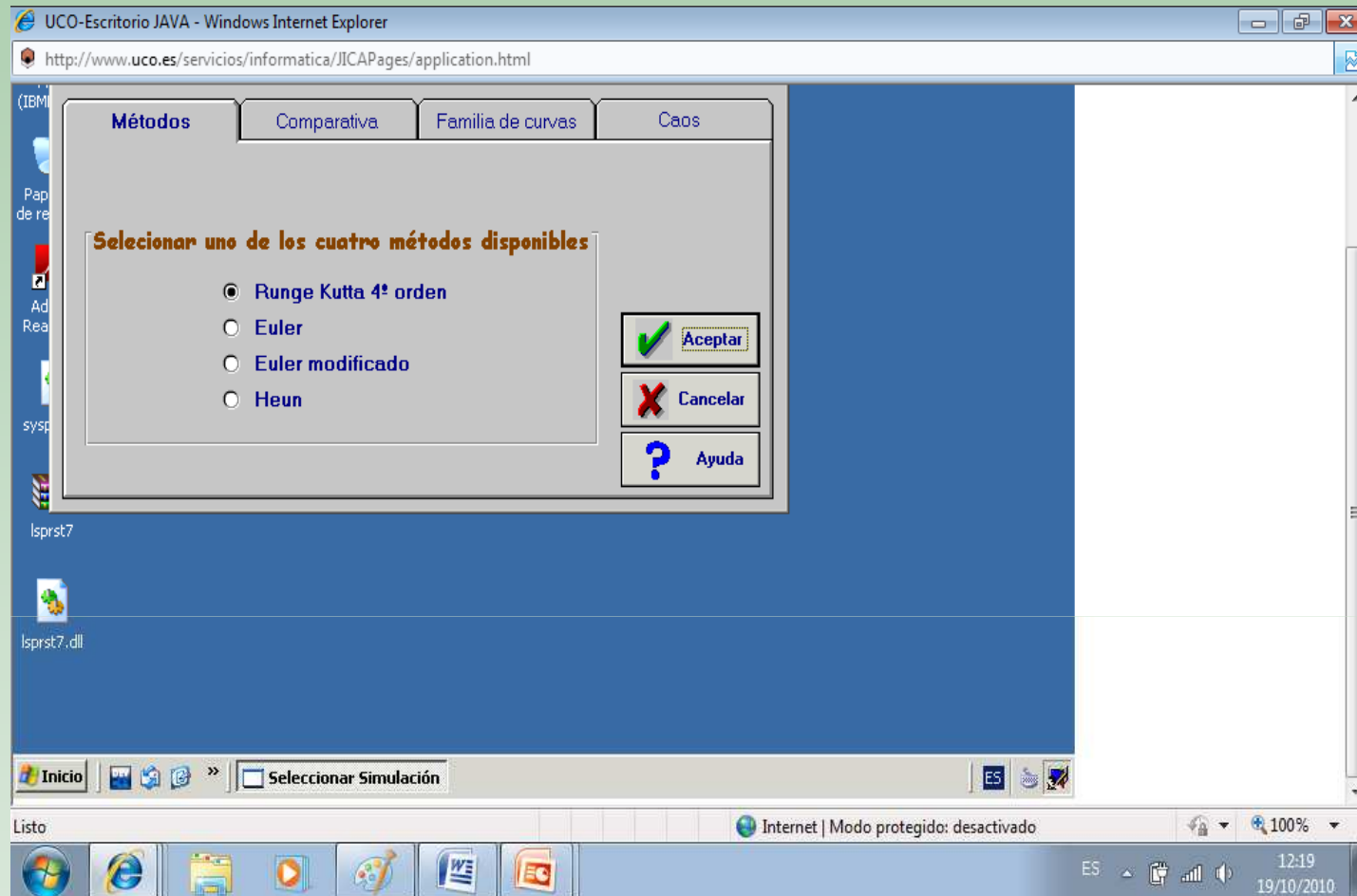
el movimiento oscilante

$$m \omega^2 / L = - m g \sin \theta$$

$$\omega = d \theta / dt$$

$$(d \theta / dt)^2 = - L g \sin \theta$$





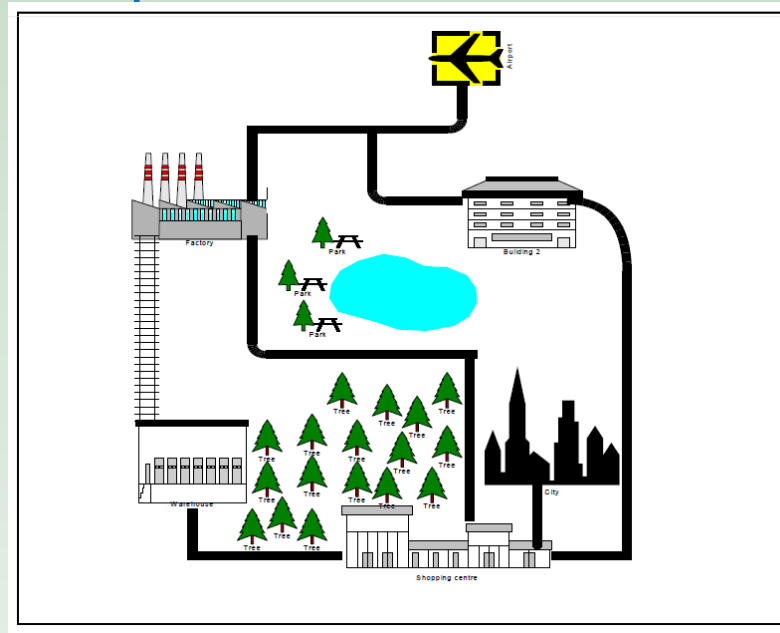
# SIMULADOR GALLILEO



# CLASIFICACIÓN SEGÚN VARIABLE

- Estático: (Monte-Carlo) Representa un sistema en un determinado instante de tiempo.
- Dinámico: Variable con el tiempo.
- Deterministas: No contienen variables aleatorias: poseen un número conocido de entradas, las cuales darán un único conjunto de salidas.
- Estocásticas: Variables de entrada aleatorias, lo que da lugar a salidas aleatorias.
- Discreto o continuo: En instantes de tiempo o en un periodo de tiempo.
- Bucle abierto o cerrado: Cerrado la simulación depende de la interacción con las variables de salida.

- \* Sistemas Continuos : ecuaciones diferenciales
- \* Sistemas discretos: ecuaciones en diferencias.
- \* Sistemas de Eventos Discretos se utilizarán un conjunto de ecuaciones lógicas que expresen las condiciones para que ocurran determinados eventos.





# CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS

- Los sistemas simulados son de Entrada-Salida.
- Estos sistemas nos darán una salida para unos datos iniciales que se deben suministrar.
- Por ello son incapaces de generar una solución por sí mismos. Sólo pueden servir como herramienta para el análisis del comportamiento de un sistema en condiciones especificadas por el experimentador.

- La simulación permite el estudio y la experimentación de interacciones de un sistema complejo.
- Se pueden combinar la información, la organización o el entorno mediante simulación y observar el efecto de estas alteraciones en el comportamiento de un sistema.
- El conocimiento adquirido durante el diseño de un modelo de simulación puede ser de gran valor a la hora de sugerir mejoras en el sistema.
- Mediante el cambio de las variables de entrada se obtiene información sobre las más importantes y cómo interactúan entre ellas.
- Validación de soluciones analíticas como recurso pedagógico para reforzar metodología de solución analítica.
- Experimentar con nuevos diseños y políticas para su implementación o para preparar FUTURO.

- ESTUDIOS DE SISTEMAS

*El modo en que se desarrollan los experimentos de simulación dependen directamente de la naturaleza del estudio*



## Análisis de Sistemas.

El Análisis de Sistemas pretende comprender la manera en la que opera un sistema existente o propuesto (no hay conocimiento del comportamiento). La situación ideal sería que el investigador pudiera experimentar con el propio sistema, pero lo que se hace realmente es construir un modelo y mediante simulación se investiga el comportamiento del modelo.

Los resultados obtenidos se interpretan en términos del comportamiento del modelo.

- Ejemplo (1)

Un granjero posee 100 Has. de terreno en las que sólo puede plantar cereales o caña de azúcar. El problema es determinar cuál debe ser su política de explotación óptima, es decir, qué plantar y cuánto plantar teniendo en cuenta los recursos disponibles.

## ANÁLISIS DEL SISTEMA

- Seleccionar entidades del problema, sus atributos (parámetros y variables), el entorno del sistema y sus limitaciones
- Dos vías de aproximación:
  - Si el sistema no existe físicamente
- Hacer uso de características físicas, químicas o teóricas del sistema
  - Si el sistema existe
- Como en el caso anterior hacer uso de datos históricos
  - En ambos casos
- Tratar de aplicar leyes conocidas (p.e. Leyes de Kirchoff, fórmulas de producción, etc.)
- Si no es posible recurrir a técnicas estadísticas de predicción

## Diseño de Sistemas.

Tiene como propósito el producir un sistema que satisfaga un conjunto de especificaciones. El diseñador puede para ello elegir o planear determinados sistemas de componentes y conceptualmente elige una determinada combinación para construir el sistema. El sistema propuesto se modela y se predice su comportamiento mediante la simulación.

Si el comportamiento se compara favorablemente con el deseado, se acepta el diseño.

en caso contrario, se rediseña el sistema y se repite el proceso.

Ejemplo diseño de un motor , de experimentos, dispositivo electrónico

- Postulación de Sistemas.

- La Postulación de Sistemas parte del conocimiento del comportamiento del sistema pero no de los procesos que producen dicho comportamiento. Se establecen hipótesis de un conjunto de elementos y procesos que tienen lugar en el sistema que puedan explicar el comportamiento.
- La Postulación del Sistema se utiliza en estudios sociales, económicos, políticos y médicos, en los cuales se conoce el comportamiento del sistema, pero no se conocen los procesos que provocan dicho comportamiento.
- 
- El estudio compara la respuesta del modelo con base en esas hipótesis frente al comportamiento del sistema, ya conocido. Si la comparación es favorable se puede postular una estructura del sistema.



## Ejemplo:

Investigar el funcionamiento del hígado en el cuerpo humano. Cuando se inyecta el producto químico tiroxina en el torrente sanguíneo, llega hasta el hígado, el cual lo cambia a yodo que se absorbe en la bilis

- Sin embargo, ni la conversión ni la absorción ocurren instantáneamente. Parte de la tiroxina vuelve a entrar en el torrente sanguíneo para recircular y volver al hígado. Utilizando isótopos radioactivos, es posible medir la rapidez con que se elimina la tiroxina del torrente sanguíneo, aunque no se conoce el mecanismo específico por el cual se transfiere de la sangre al hígado y de ahí a la bilis.

- Postulación de Sistemas.

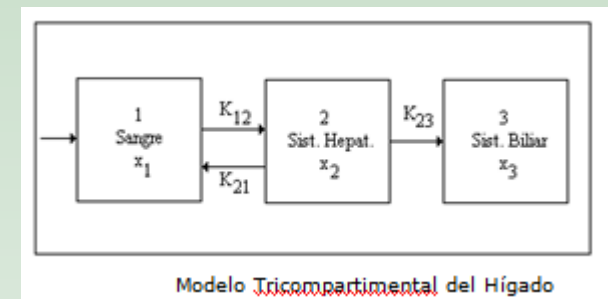
- Se conoce la rapidez de eliminación de tiroxina en la sangre, hígado y bilis mediante isótopos radiactivos (conocimiento del comportamiento).
- No se conoce el mecanismo específico de transferencia de sangre-hígado ni hígado-bilis (no conocimiento de los procesos responsables del comportamiento).

En el estudio se formó un modelo matemático suponiendo que se puede representar al cuerpo como tres compartimientos y que las razones a que se transfiere la tiroxina entre los compartimientos son proporcionales a la concentración de aquélla en éstos.

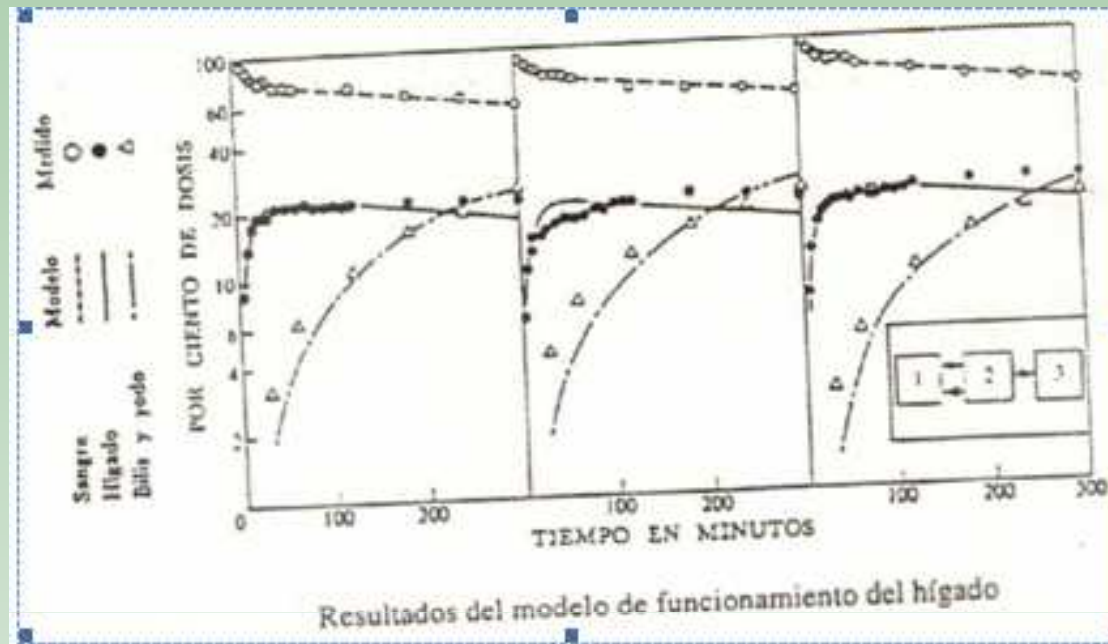
- La figura reproducida ilustra el modelo y muestra los coeficiente de transferencia entre los compartimientos.
- Suponiendo la transferencia de tiroxina proporcional a su concentración, se obtienen las ecuaciones diferenciales del sistema
- Los compartimientos 1, 2 y 3 representan los vasos sanguíneos, el hígado y la bilis respectivamente. El modelo conduce a tres ecuaciones diferenciales simples que se muestran, junto con sus soluciones generales

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= -k_{12}x_1 + k_{21}x_2 & x_1 &= C_{11}e^{-b_1t} + C_{12}e^{-b_2t} \\ \frac{dx_2}{dt} &= k_{12}x_1 - (k_{21} + k_{23})x_2 & x_2 &= C_{21}e^{-b_1t} + C_{22}e^{-b_2t} \\ \frac{dx_3}{dt} &= k_{23}x_2 & x_3 &= C_{31} + C_{32}e^{-b_1t} + C_{33}e^{-b_2t}\end{aligned}$$

**FIGURA 2-1.** Modelo matemático del hígado.



- El conjunto de ecuaciones diferenciales con condiciones iniciales dadas se resuelve analíticamente o por simulación



Se comparan las mediciones reales con las predicciones del modelo para valores supuestos de  $k_{ij}$ .

Se puede observar que la correspondencia de resultados es buena y se pueden aceptar las hipótesis de las tasas de transferencia  $k_{ij}$  y tres compartimentos.

## VENTAJAS

- Será útil siempre que nos sea más barato o más fácil que la realización del experimento sobre el sistema real, bien sea porque el experimento exige parar el sistema, no existen herramientas analíticas para desarrollar una solución o porque alguna de la condición a reproducir es difícil de conseguir.

## VENTAJAS

- Permite, de una forma económica representar y estudiar prácticamente cualquier sistema, dentro de categorías científicas muy diferentes.
- El experimento se puede repetir tantas veces como sea necesario sin un gran coste adicional. Permite jugar con el tiempo de forma totalmente imposible para un experimento tradicional.
- Posibilita realizar experimentos que físicamente serían irrealizables.
- Permite explorar infinidad de alternativas para un problema sin modificar el funcionamiento del mismo, caso de una fábrica. Podríamos rediseñar la parada técnica sin necesidad de pararla y, de este modo, perder ingresos

# VENTAJAS

- ES COMPLETAMENTE REPETIBLE Y NO DESTRUCTIVA.
- La propia naturaleza repetitiva de los experimentos de simulación nos permite obtener muchos datos y traducirlos en resúmenes estadísticos, determinando así propiedades que tal vez no sean visibles en un único experimento.
- Permiten analizar el efecto de un evento incluso aunque las variables iniciales estén incompletas.
- Los resultados mediante simulación son más fáciles de obtener que en el sistema real.
- Los métodos de simulación son más fáciles de aplicar que los analíticos  $\Rightarrow$  Potencialmente más aplicación y utilidad.

## VENTAJAS

- Los métodos de simulación no requieren las simplificaciones que los analíticos  $\Rightarrow$  Los datos generados se pueden utilizar para estimar cualquier resultado posible.
- Es la única forma de llegar a la solución de un problema:
- Ejemplo: Oscilaciones no lineales / Caos.
- Futuro de especies.
- EN SU CONTEXTO MÁS AMPLIO: la Simulación nos permite la animación y visualización de los parámetros más relevantes que definen al sistema físico.



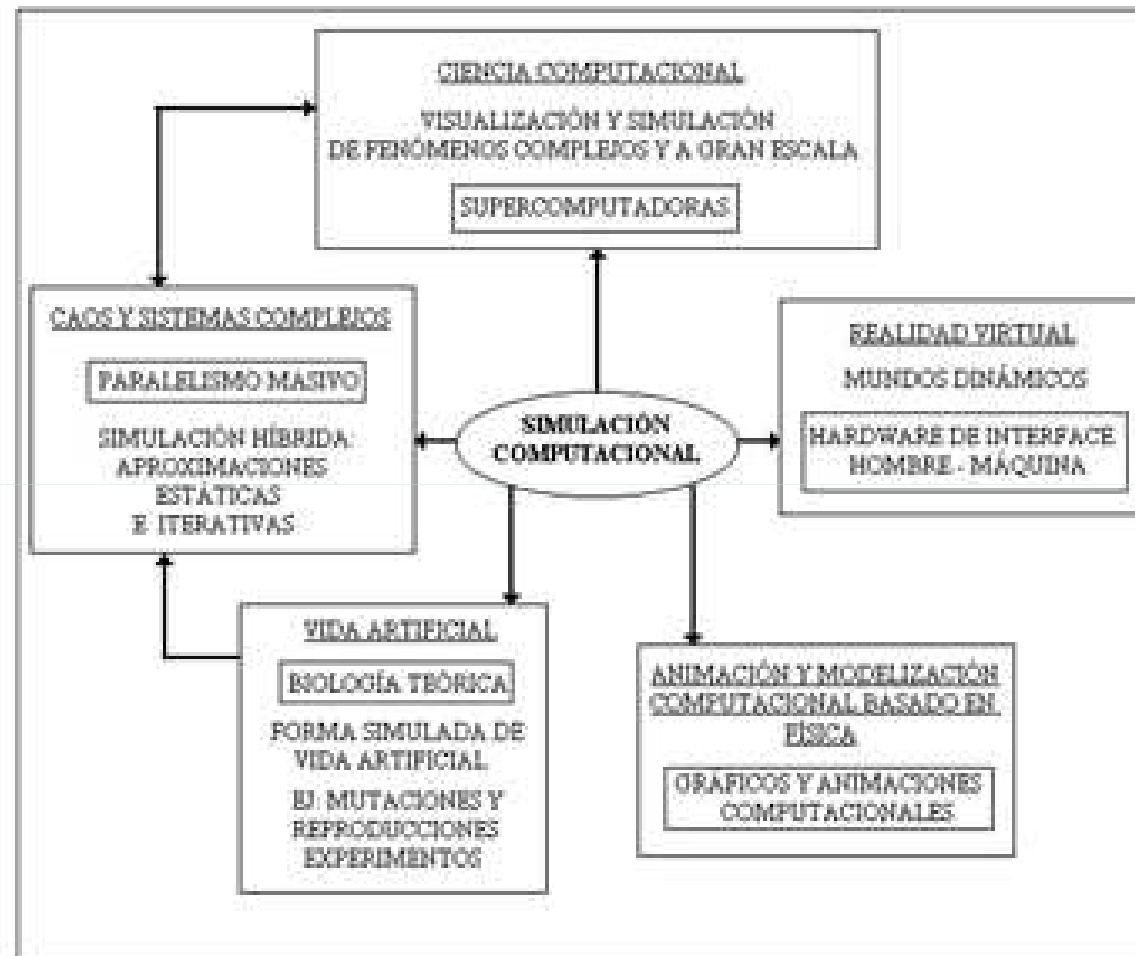
## VENTAJAS

- De aquí que el Campo de la Simulación se haya ampliado y diversificado en los últimos años hacia nuevas áreas, considerándose también el estudio de sistemas que pueden ser representados mediante modelos matemáticos que se explican o responden a soluciones exactas.
- Mediante la simulación nos centramos en el problema físico, dejando menos tiempo a la resolución matemática.

## INCONVENIENTES

- El desarrollo de un buen modelo de simulación es costoso y requiere de mucho tiempo.
- Puede parecer que una simulación refleja con precisión una situación del mundo real cuando, en verdad, no lo hace. Ciertos problemas intrínsecos a la simulación pueden producir resultados erróneos si no se resuelven correctamente. Ejemplo: Efecto mariposa
- La simulación es imprecisa y no podemos medir con exactitud el grado de imprecisión.

## CAMPOS DE INFLUENCIA



Dominios de la SIMULACIÓN

# Pasos en la Simulación

