

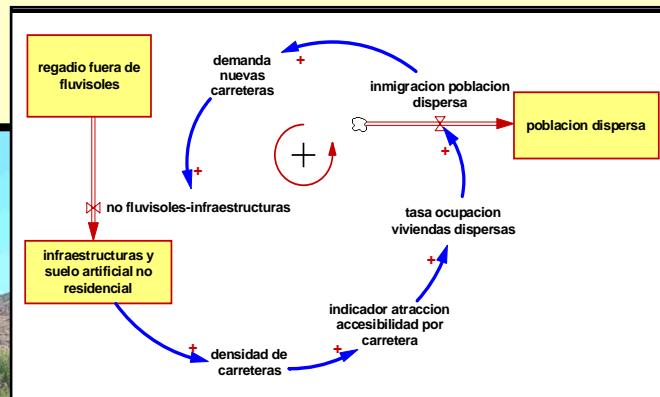
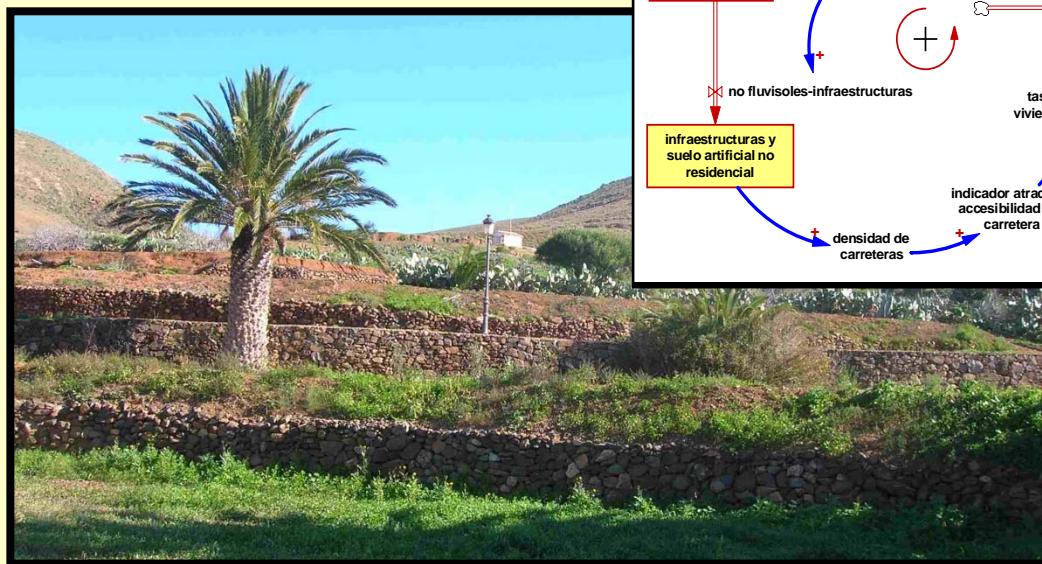


Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 2012)  
Madrid del 26 al 30 de noviembre de 2012

# Reunión de la Red de Observatorios de Sostenibilidad CONAMA 2012 - 29 de noviembre

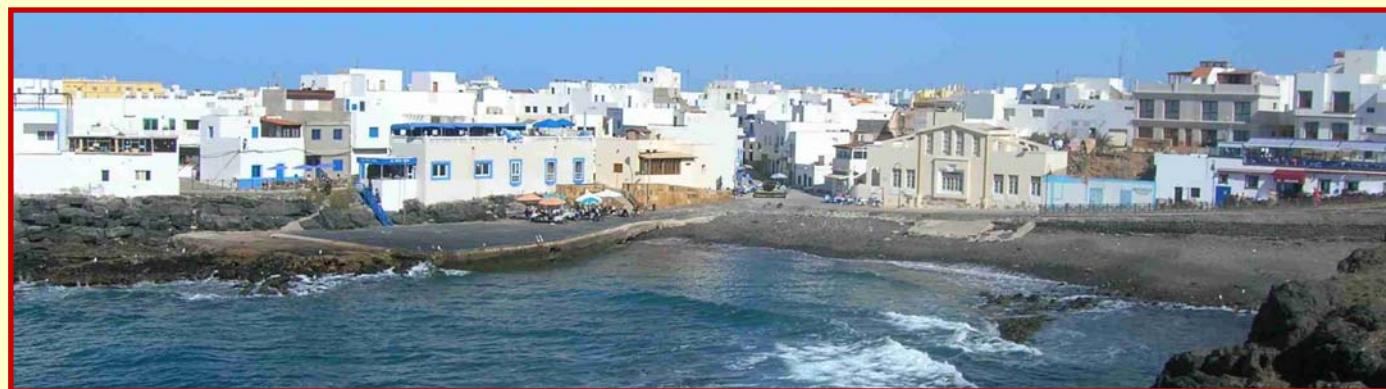
## Integración de indicadores de sostenibilidad a través de los modelos de simulación dinámica

Julia Martínez Fernández.  
OSERM-Universidad de Murcia



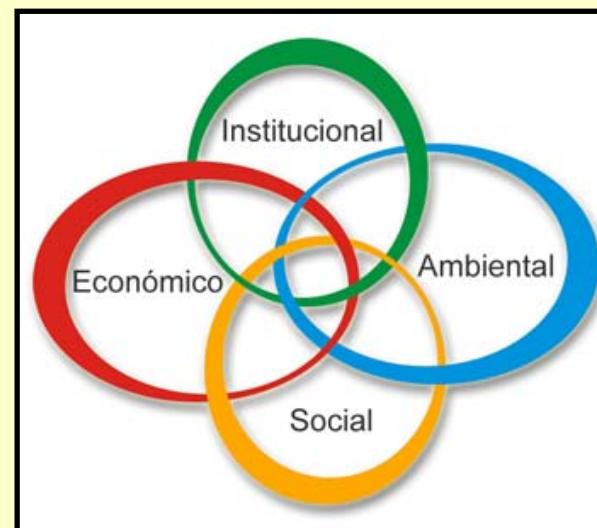
## **1. INDICADORES E INFORMACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD**

- **Dificultades:**
- Información profusa y poco jerarquizada;
- Da lugar a percepciones distorsionadas de los procesos clave y cómo afectan a la sostenibilidad
- ¿Indicadores ←-----→ Procesos clave?
- ¿Cómo distintas políticas, medidas de gestión y escenarios pueden afectar a tales procesos e indicadores?



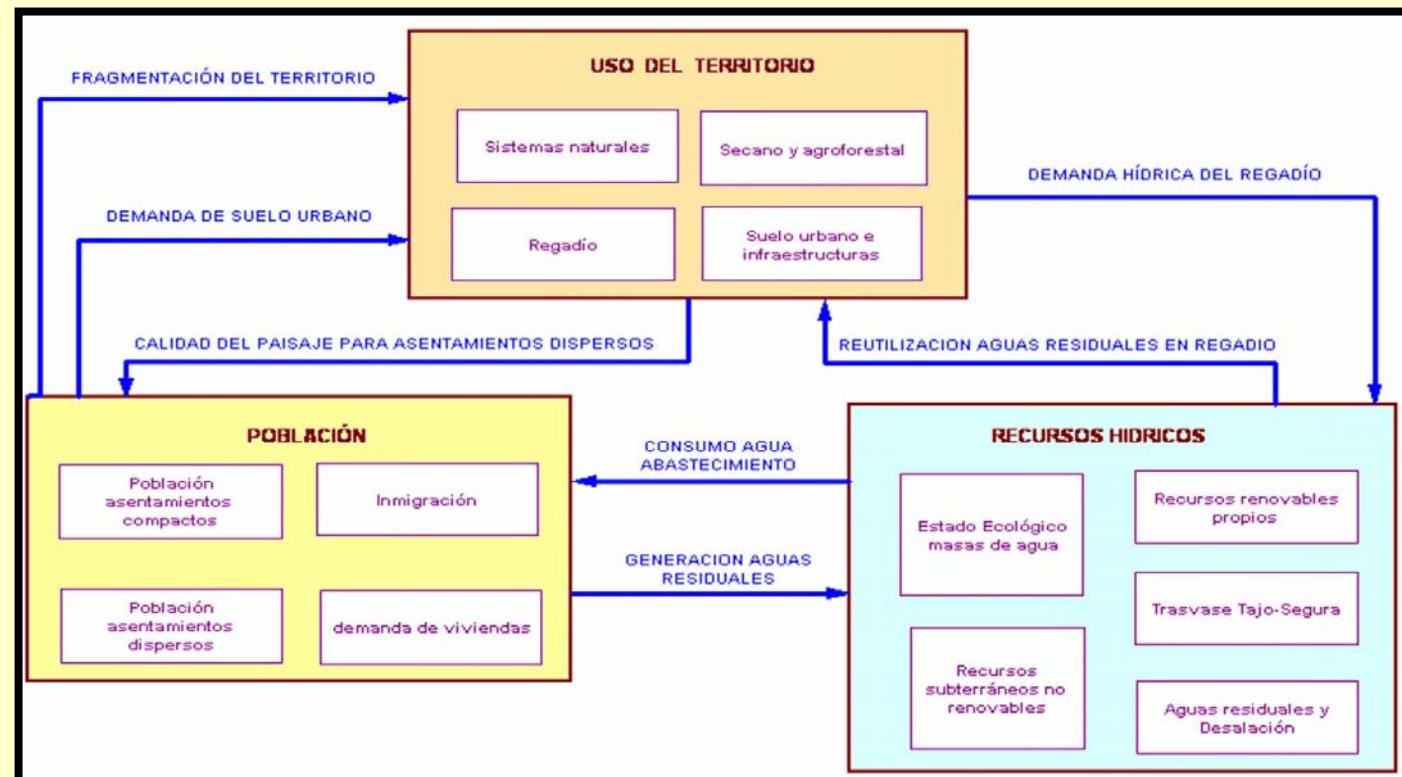
## **1. INDICADORES E INFORMACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD**

- Catálogos de indicadores: útiles, pero con limitaciones:
- Visión estática.
- Dificultades para abordar la complejidad de los sistemas reales y la propia sostenibilidad
- No consideran interacciones



## 1. INDICADORES E INFORMACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD

- ¿Cómo evaluar estas interacciones y sus efectos sobre la sostenibilidad?



## **1. INDICADORES E INFORMACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD**

Nuevos enfoques metodológicos para:

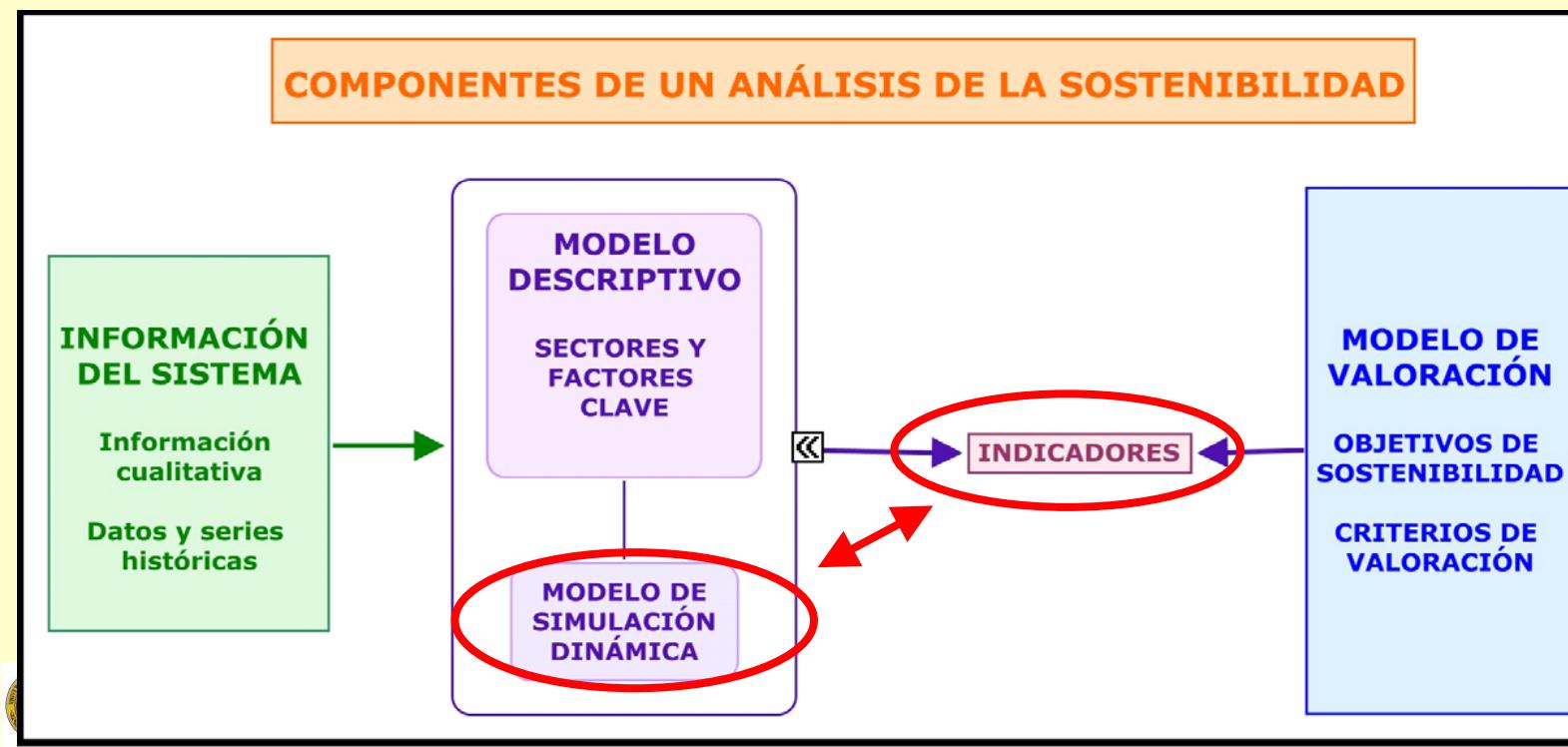
- Definir de forma explícita la relación entre los objetivos de sostenibilidad y los indicadores utilizados
- Considerar las interacciones entre indicadores y su carácter dinámico
- Evaluar los efectos de tales interacciones sobre la sostenibilidad



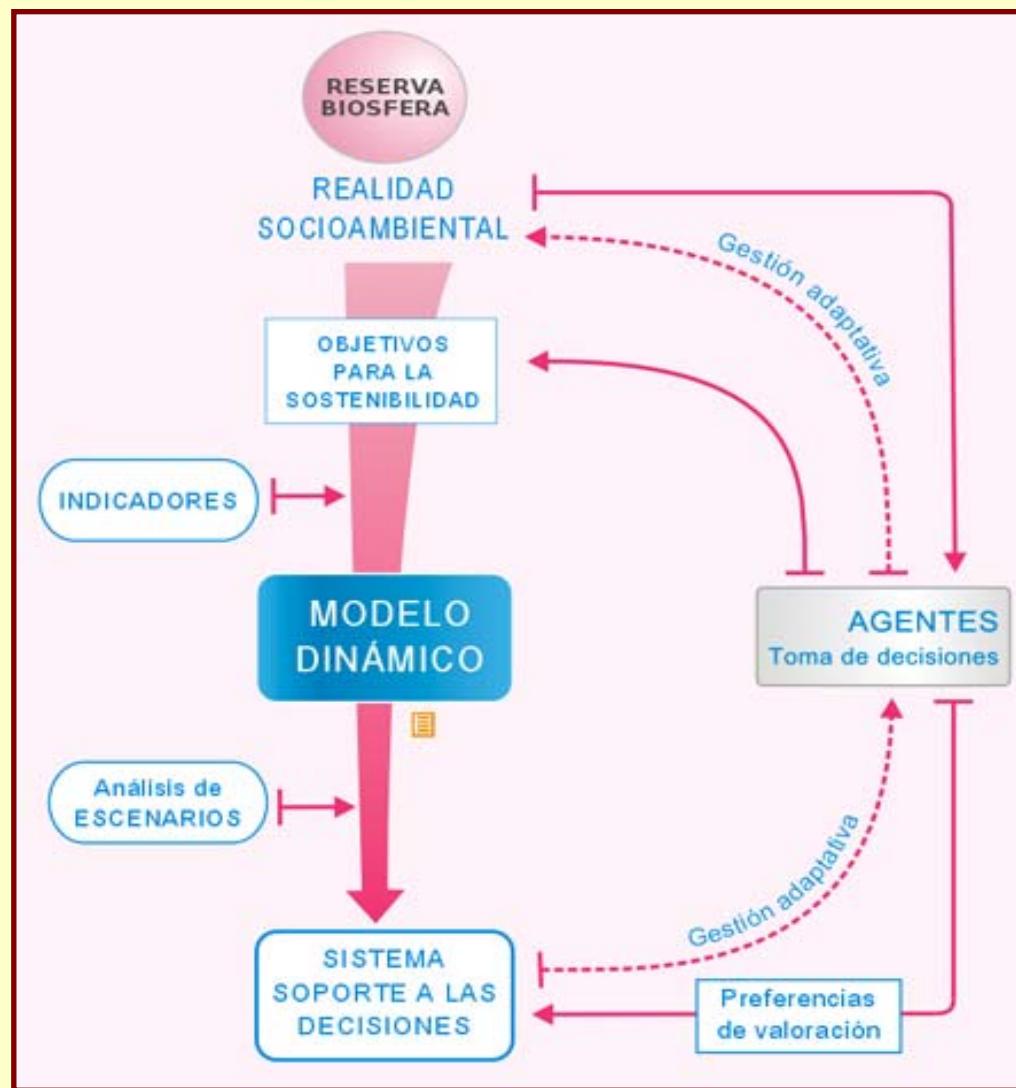
## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

Nuevo enfoque metodológico: Integración Dinámica de Indicadores

Proyecto AVANZA. Herramienta Avanzada para la Gestión Sostenible y el Desarrollo del Sistema de Información y Participación en las Reservas de la Biosfera



## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES



## **2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES**

### **Componentes de este enfoque:**

- Definición jerárquica de los objetivos de sostenibilidad y sus indicadores
- Modelo de simulación dinámica con integración de indicadores
- Análisis de escenarios, haciendo uso del modelo y los indicadores
- Un sistema soporte a las decisiones, donde los escenarios y sus resultados son sobre los indicadores son valorados en base a un conjunto de criterios y preferencias.
- Papel esencial de:
  - Los usuarios, a lo largo de todo el proceso (sobre todo en la definición de objetivos, preguntas estratégicas, escenarios y criterios de valoración)
  - La reflexión desde y para un terriitorio/sistema concreto

## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

### Definición jerárquica de objetivos e indicadores

Objetivo global

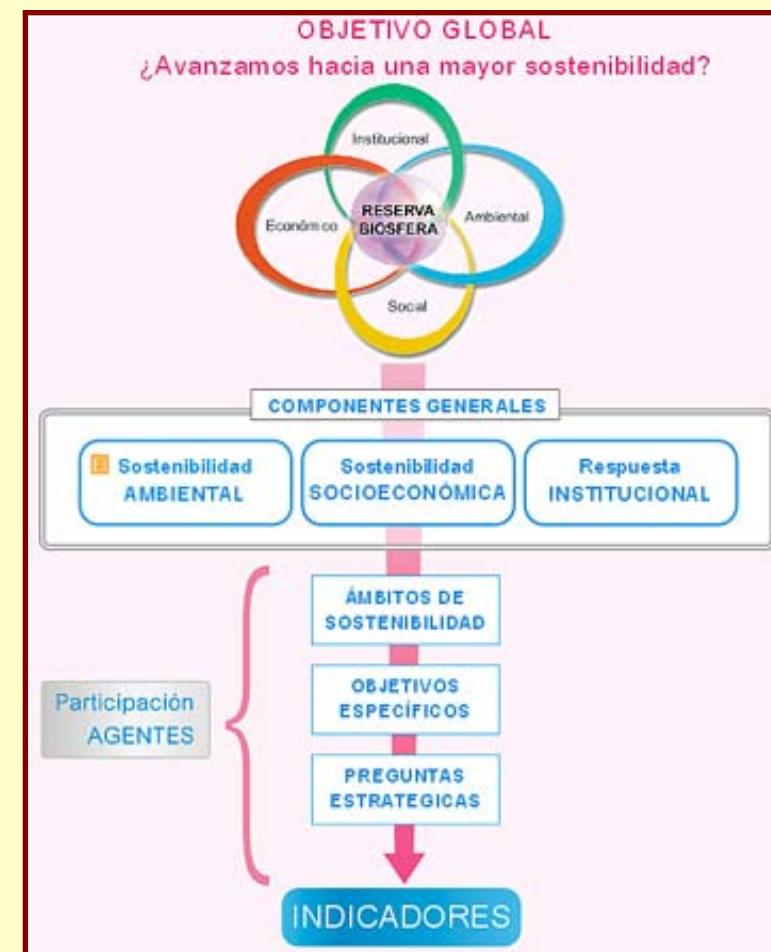
Componentes generales de la sostenibilidad

Ambitos

Objetivos específicos

Preguntas estratégicas

Indicadores



UNIVERSIDAD  
DE MURCIA

Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia

**Oserm**

## **2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES**

### **Definición jerárquica de objetivos e indicadores**

¿Reinventando la rueda?

¿No deberíamos caminar hacia sistemas de indicadores unificados y de aplicación general?



UNIVERSIDAD  
DE MURCIA

*Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia*



## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

### Definición jerárquica de objetivos e indicadores

¿Reinventando la rueda?.

¿No deberíamos caminar hacia sistemas de indicadores unificados y de aplicación general?

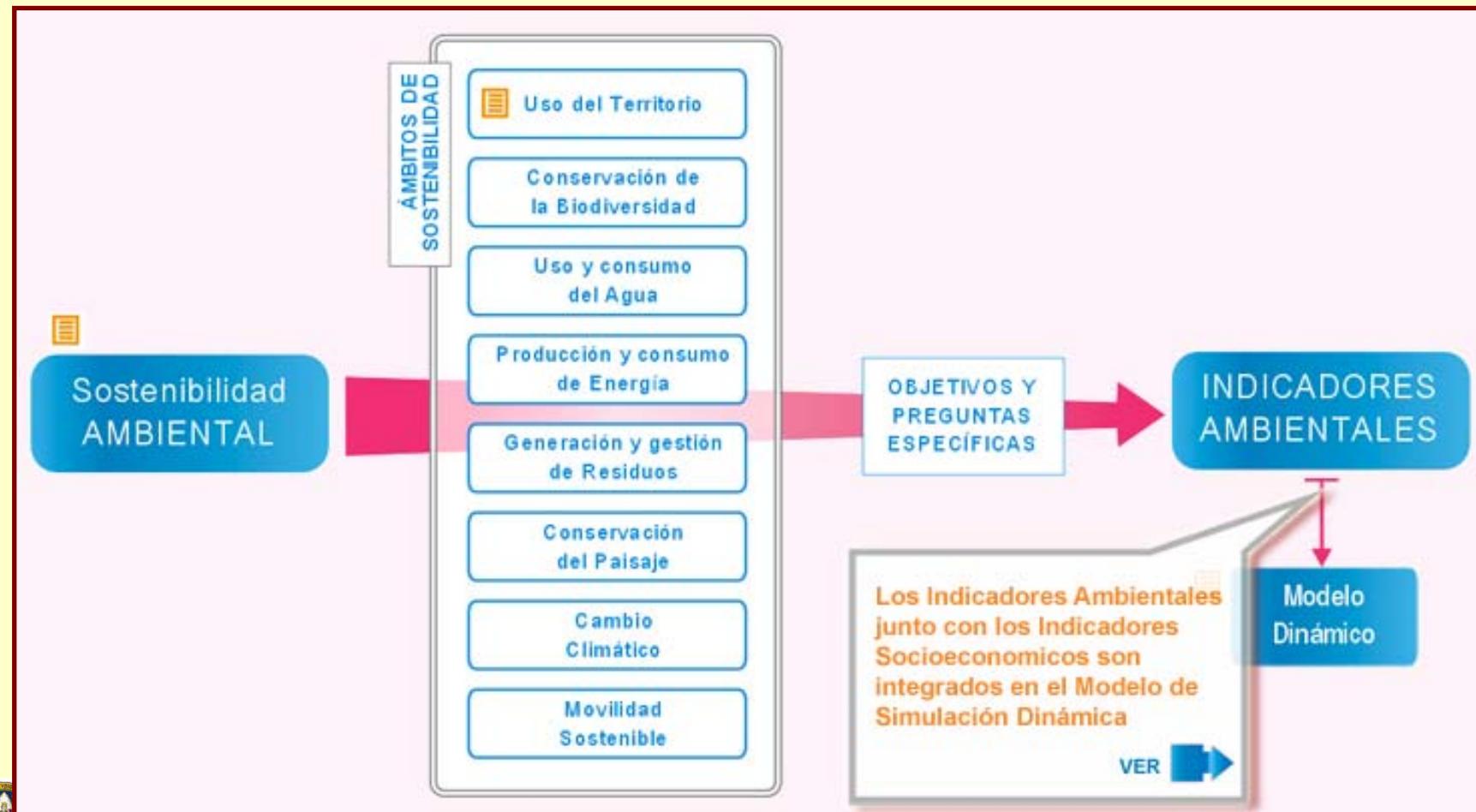
Sí. Pero no sólo.

**Además de** indicadores comunes para comparar entre territorios o sistemas necesitamos **también** una **evaluación endógena** basada en relaciones internas, potencialidades y limitaciones específicas.

**Reflexión específica** desde un territorio concreto para la definición jerárquica de objetivos e indicadores con participación de los usuarios, es la vez **método y objetivo** para una gestión participativa y un sistema de indicadores comprometido con y asumido por sus usuarios.

## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

### Definición jerárquica de objetivos e indicadores



UNIVERSIDAD  
DE MURCIA

Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia

**Oserm**

## **2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES**

### **Definición jerárquica de objetivos e indicadores**



#### **Objetivos para la sostenibilidad en el Ámbito del Uso del Territorio**

- Garantizar el estatus de protección de una suficiente proporción del territorio
- Mantener una proporción suficiente del territorio no protegido con funcionalidad ambiental elevada (paisajes agro-forestales)



#### **Preguntas clave**

1. ¿Garantizamos una suficiente proporción del territorio con estatus de protección?
2. ¿Garantizamos una suficiente proporción del territorio con alta funcionalidad ambiental?
3. ¿Mantenemos la conectividad espacial del territorio con una alta funcionalidad ambiental?
4. ¿Realizamos un uso inteligente y eficiente del territorio en relación con la transformación a usos urbanos e infraestructuras?
5. ¿Realizamos una gestión sostenible de la fachada litoral?

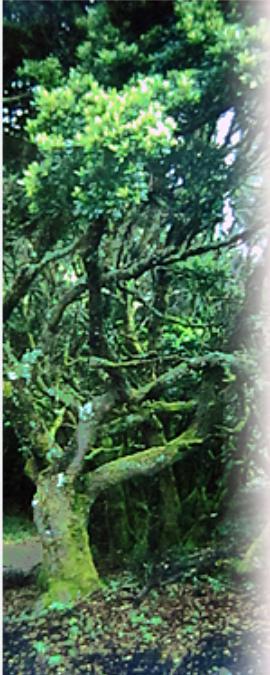
## **2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES**

### **Definición jerárquica de objetivos e indicadores**



**Objetivos para la sostenibilidad en el Ámbito del Uso del Territorio**

- Garantizar el estatus de protección de una suficiente proporción del territorio
- Mantener una proporción suficiente del territorio no protegido con funcionalidad ambiental elevada (paisajes agro-forestales)



**Preguntas clave**

1. ¿Garantizamos una suficiente proporción del territorio con estatus de protección?

**INDICADORES**

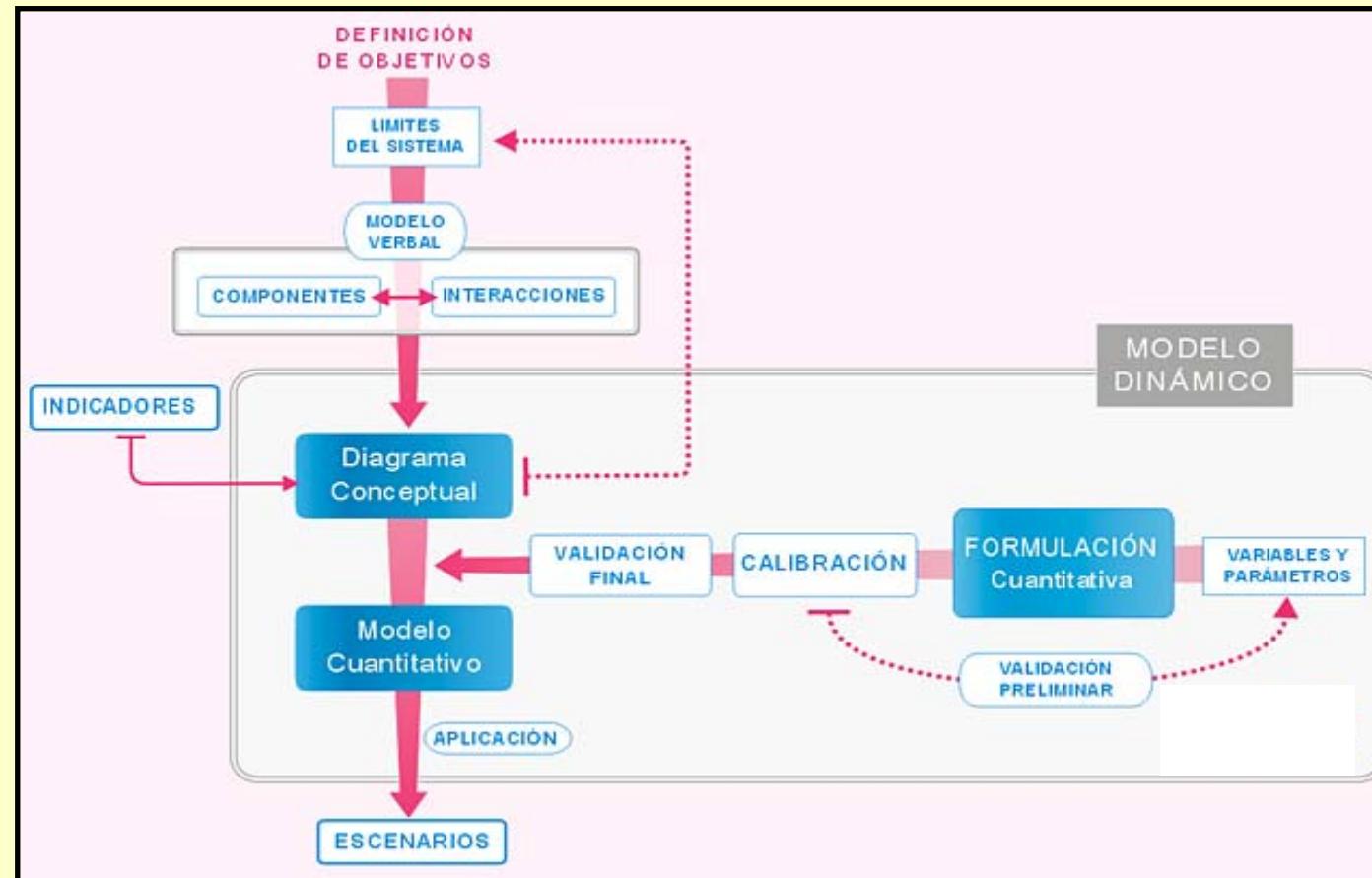
- Proporción de superficie protegida por la vía convencional: EEPP
- Proporción de superficie protegida por Red Natura

2. ¿Garantizamos una suficiente proporción del territorio con alta funcionalidad ambiental?
3. ¿Mantenemos la conectividad espacial del territorio con una alta funcionalidad ambiental?
4. ¿Realizamos un uso inteligente y eficiente del territorio en relación con la transformación a usos urbanos e infraestructuras?
5. ¿Realizamos una gestión sostenible de la fachada litoral?



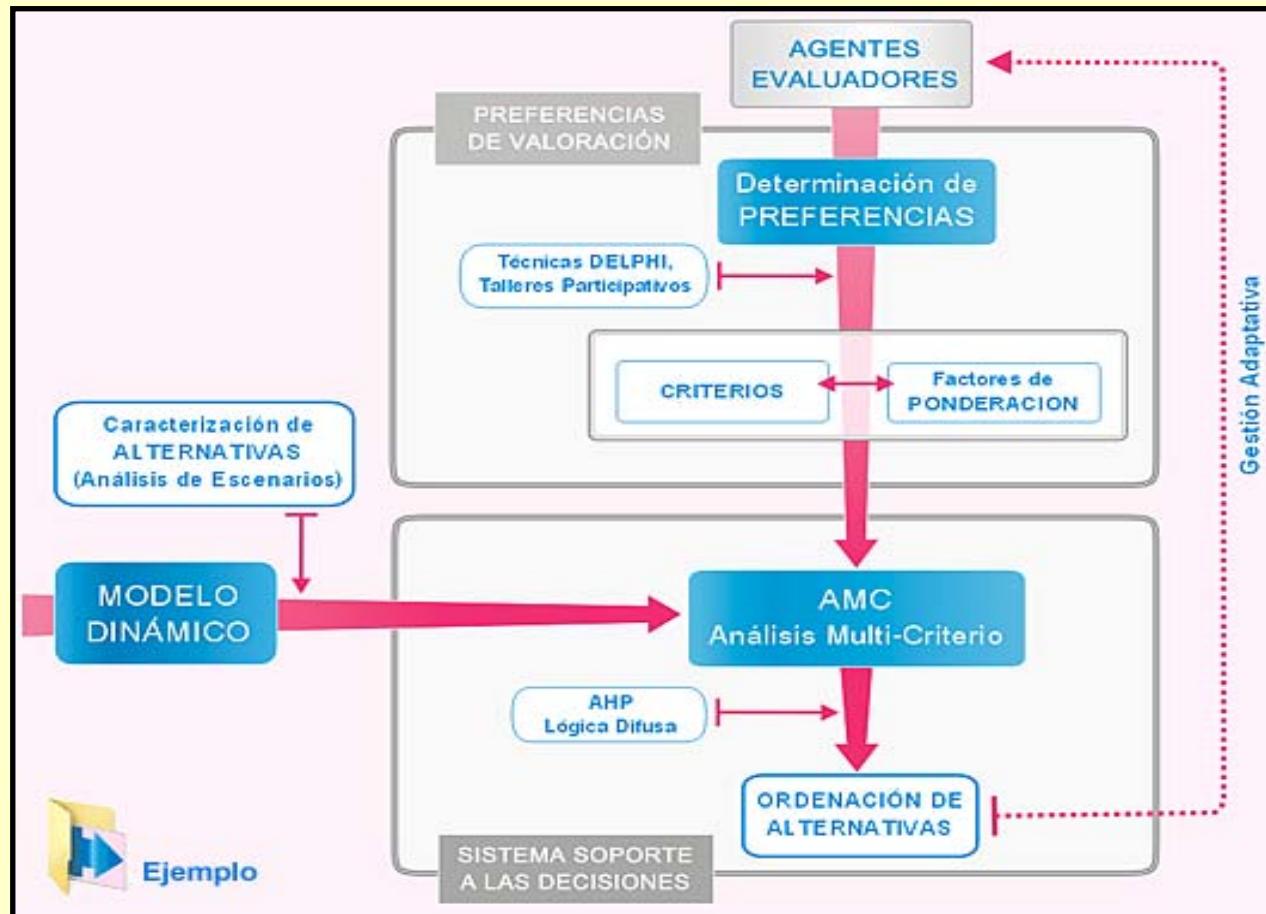
## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

### Modelo de Simulación Dinámica



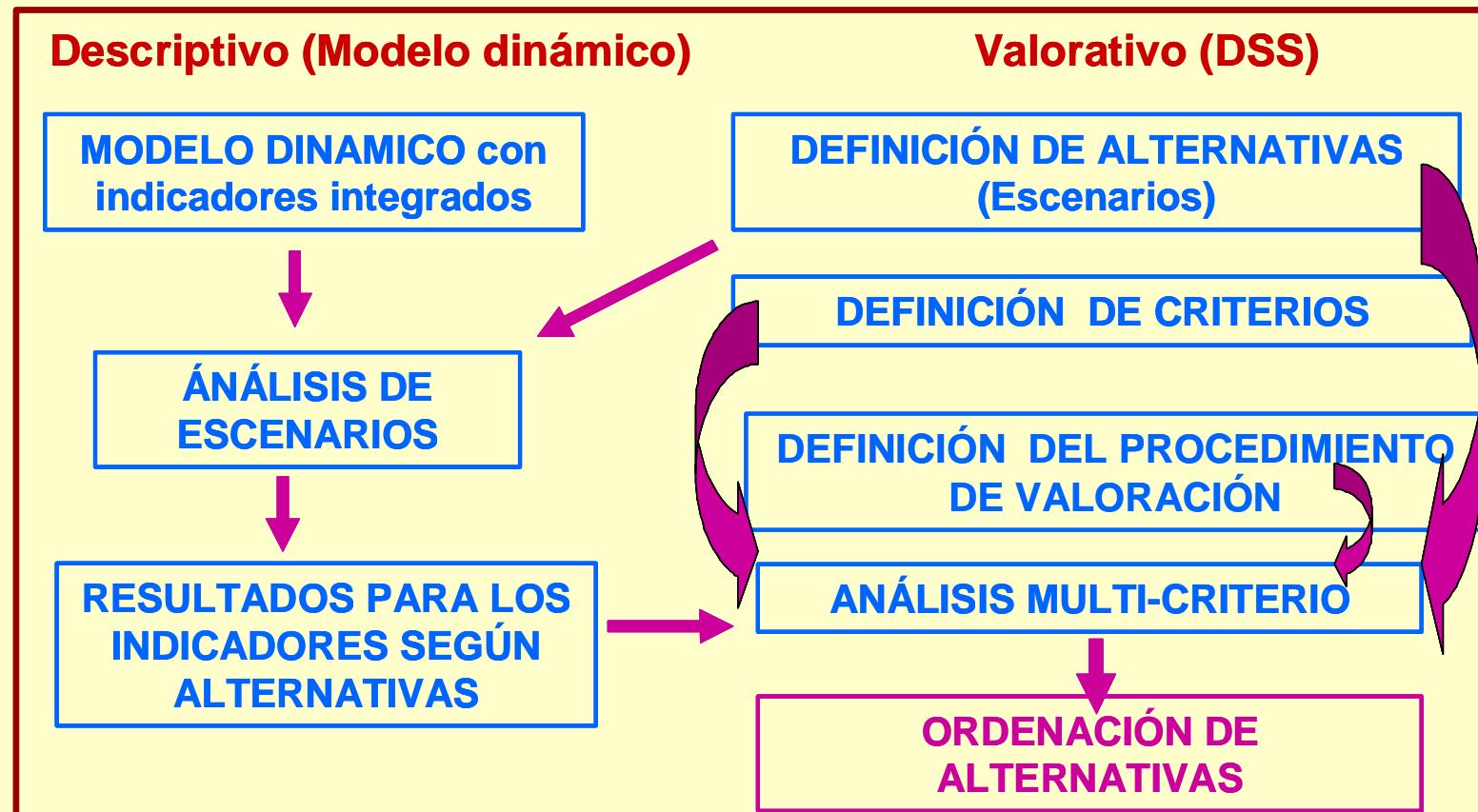
## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

### Sistema Soporte a las Decisiones



## 2. NUEVO ENFOQUE. INTEGRACIÓN DINÁMICA DE INDICADORES

### Sistema Soporte a las Decisiones



### **3. MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA**

#### **Características**

- Visión integrada: Aspectos socioeconómicos y ambientales
- Gran flexibilidad: Ampliaciones, mejoras sucesivas, responder a nuevas cuestiones
- Permiten la evaluación del medio y largo plazo
- De interés en los niveles estratégico y de la planificación: formulación de políticas, análisis de escenarios, opciones de gestión

### **3. MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA**

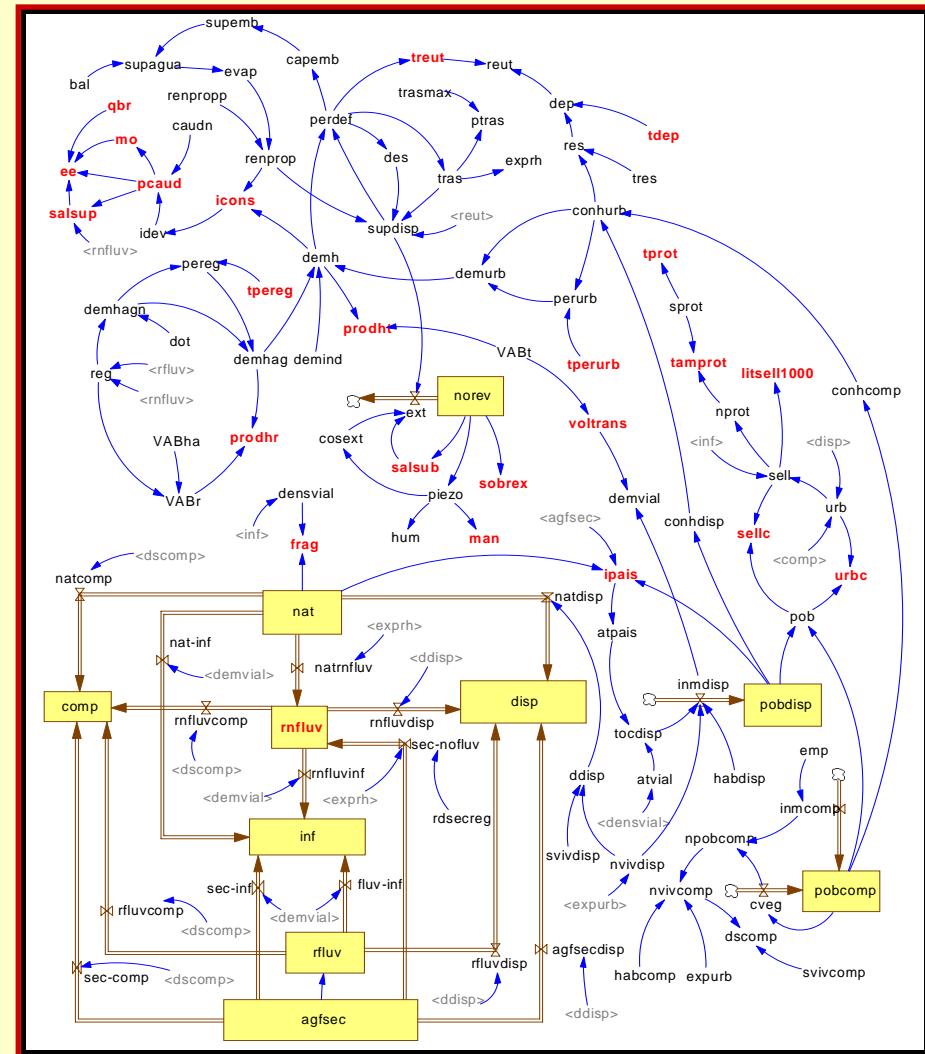
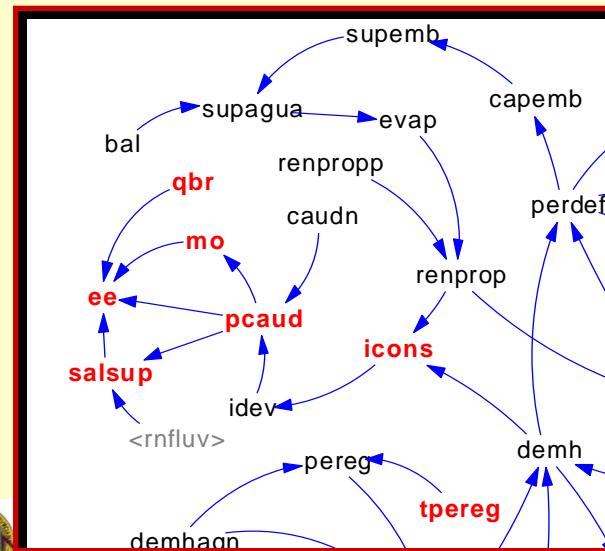
#### **Características**

- No responden a preguntas del tipo: ¿qué pasará? sino del tipo: ¿qué pasaría si...?
- Permiten simular escenarios de:
  - disponibilidad de recursos,
  - cambio climático,
  - opciones socioeconómicas
  - medidas de gestión
- Anticipar cómo ciertos escenarios pueden afectar a los indicadores de sostenibilidad

### **3. MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA**

## Características

- Indicadores integrados en el modelo dinámico
  - Evaluar cómo los cambios en ciertos indicadores afectan a otros indicadores



### **3. MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA**

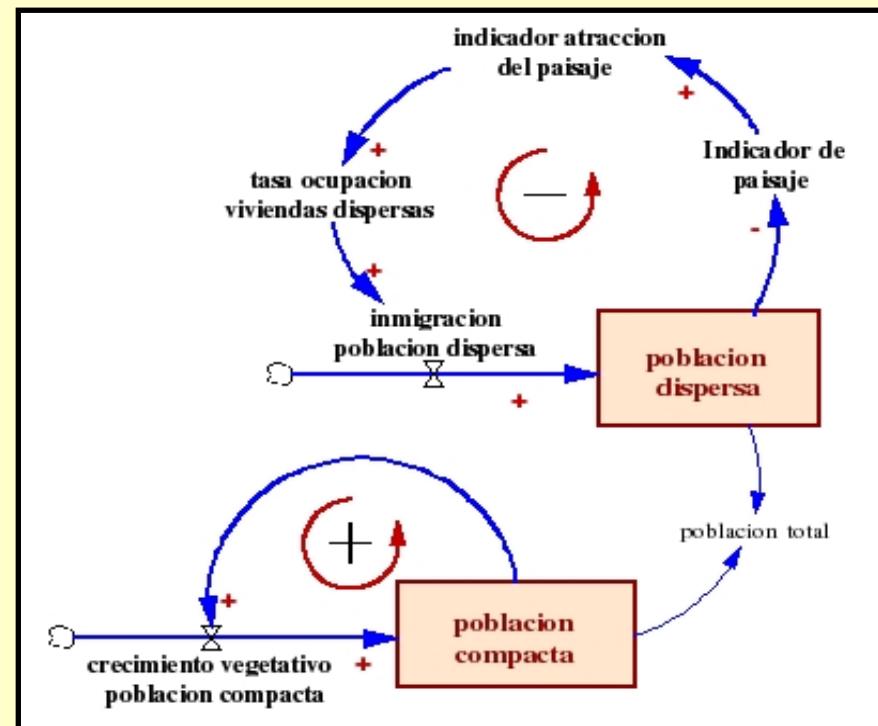
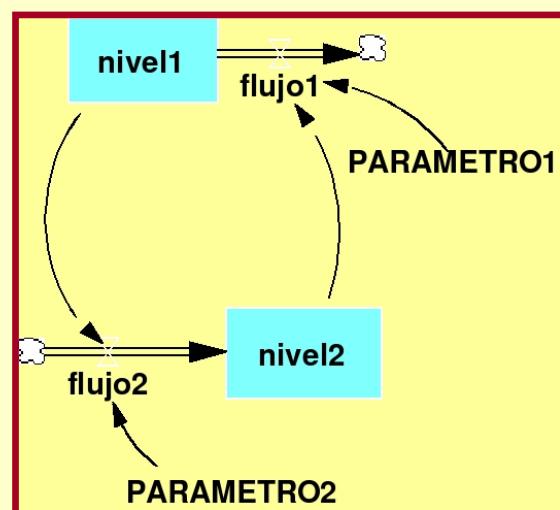
#### **Características**

- Transparencia en la inclusión de factores e indicadores
- Facilitan comunicación ámbito científico-técnico/gestores y agentes
- Capacidad para visualizar tendencias a medio-largo plazo
- Facilitan procesos de participación, y negociación
- Facilitan consenso en el diagnóstico de problemas, causas y efectos de distintas soluciones



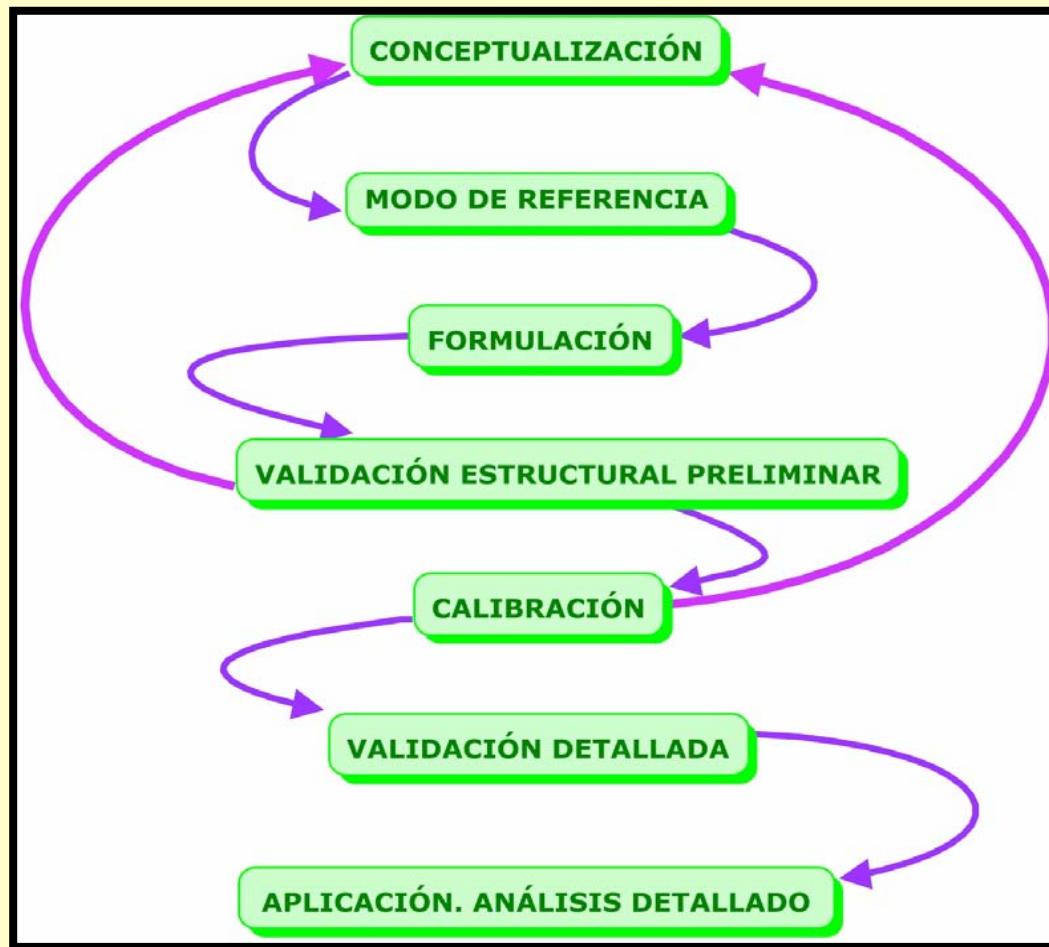
### 3. MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA

- Estructura con diferentes variables (de nivel, de flujo...) y sus relaciones entre sí (bucles de realimentación)
- Calibración a partir de la información y datos disponibles



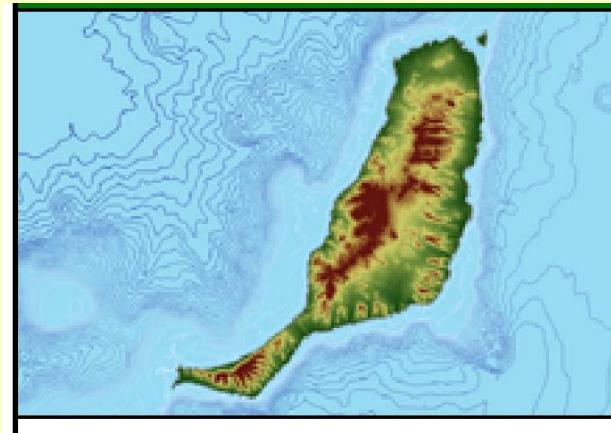
### 3. MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICA

Etapas de construcción del modelo:



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

Proyecto AVANZA. Herramienta Avanzada para la Gestión Sostenible y el Desarrollo del Sistema de Información y Participación en las Reservas de la Biosfera

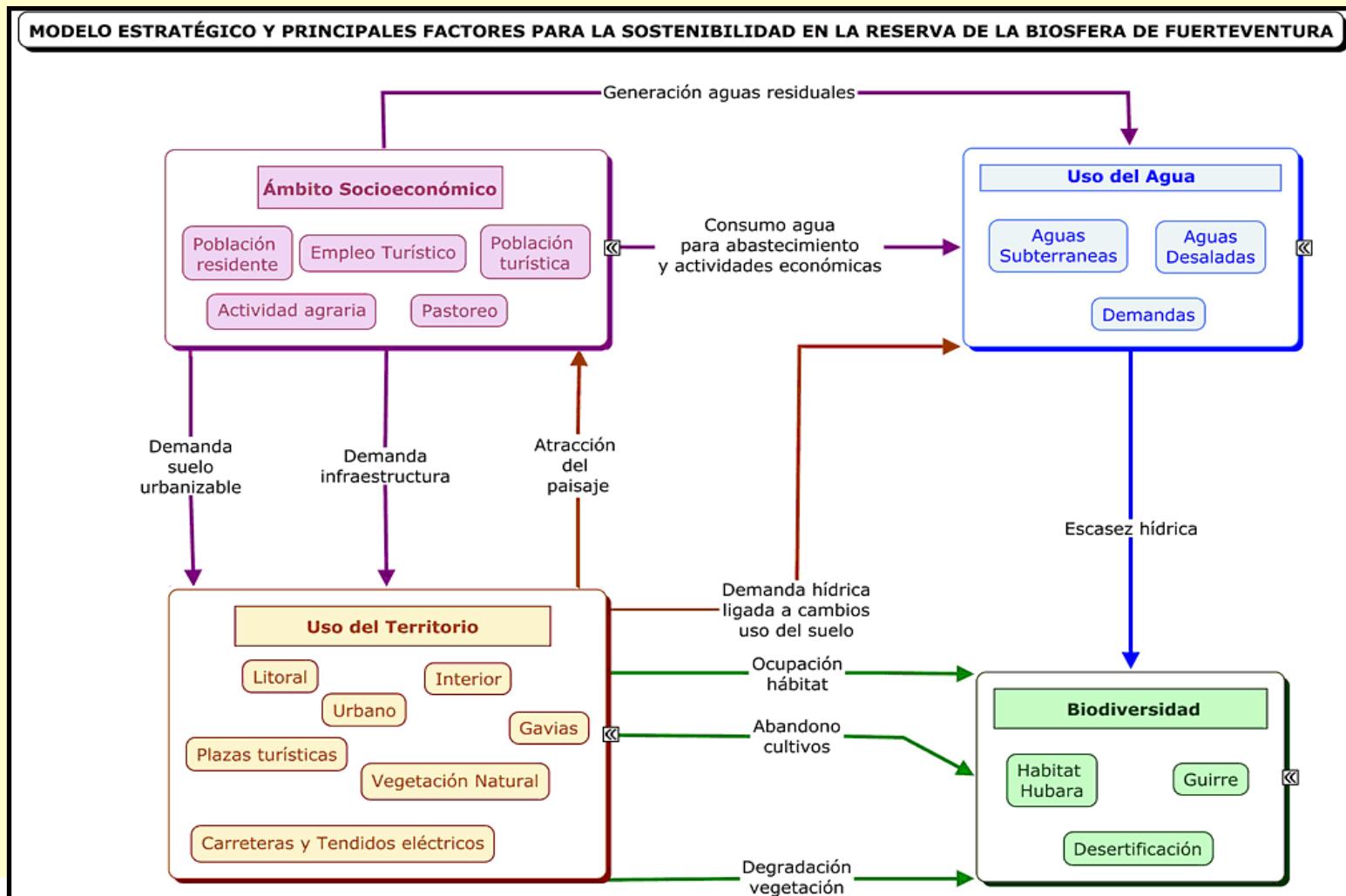


UNIVERSIDAD  
DE MURCIA

Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

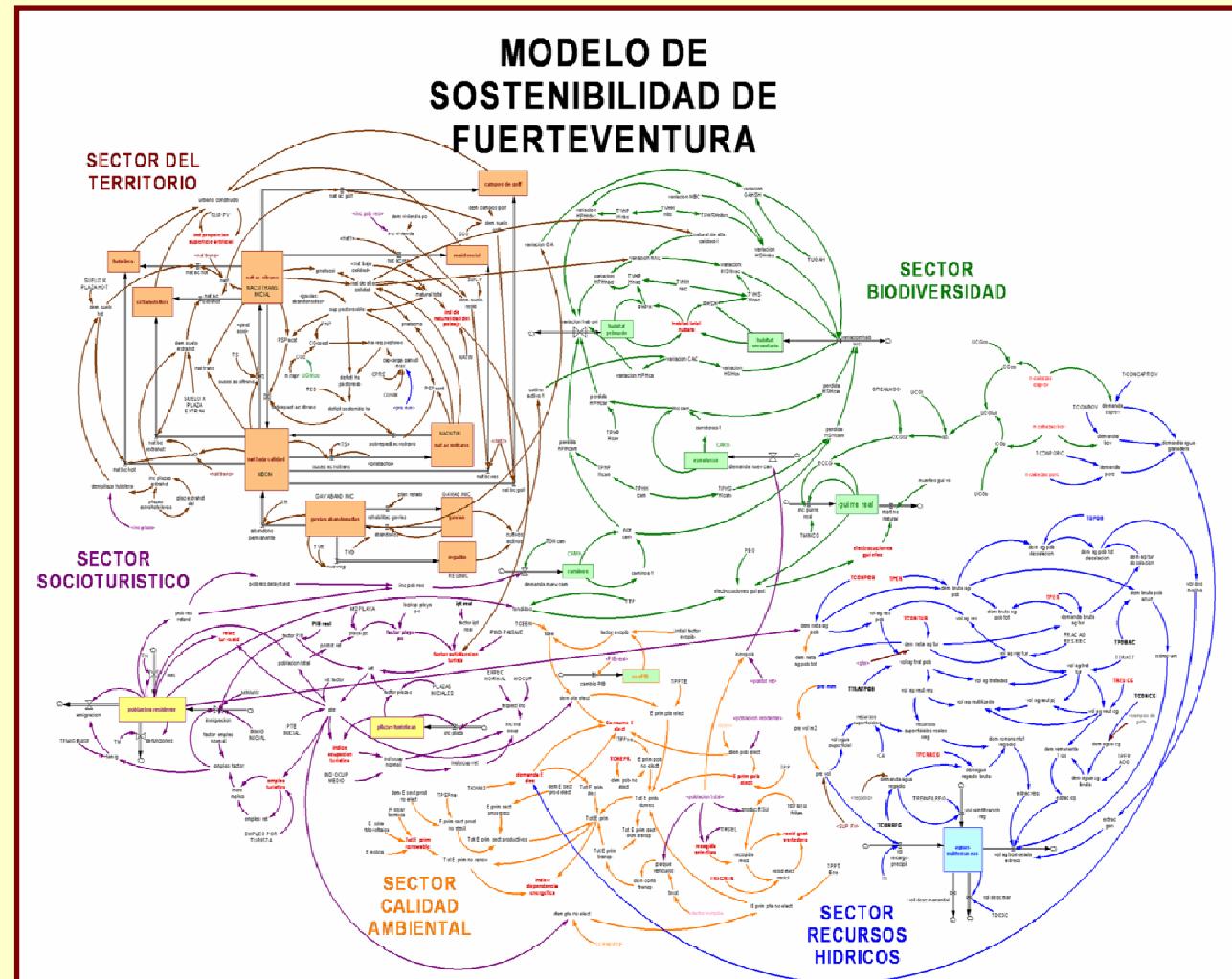
### Sectores:

- Uso del Territorio
- Socioturístico
- Biodiversidad
- Calidad Ambiental (energía, residuos)
- Recursos Hídricos

368 variables y parámetros

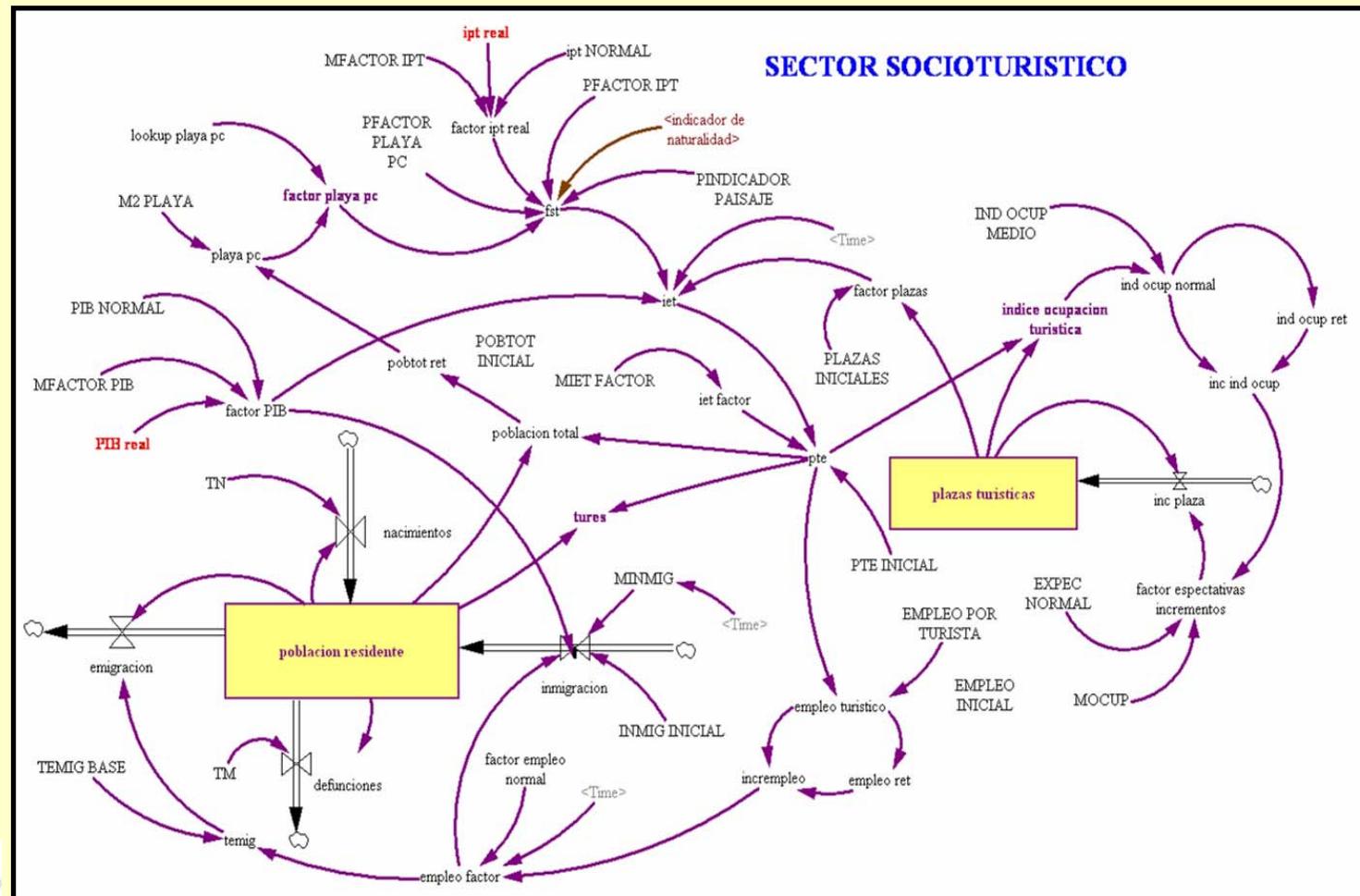
30 indicadores de sostenibilidad integrados

Calibración: 1996-2010



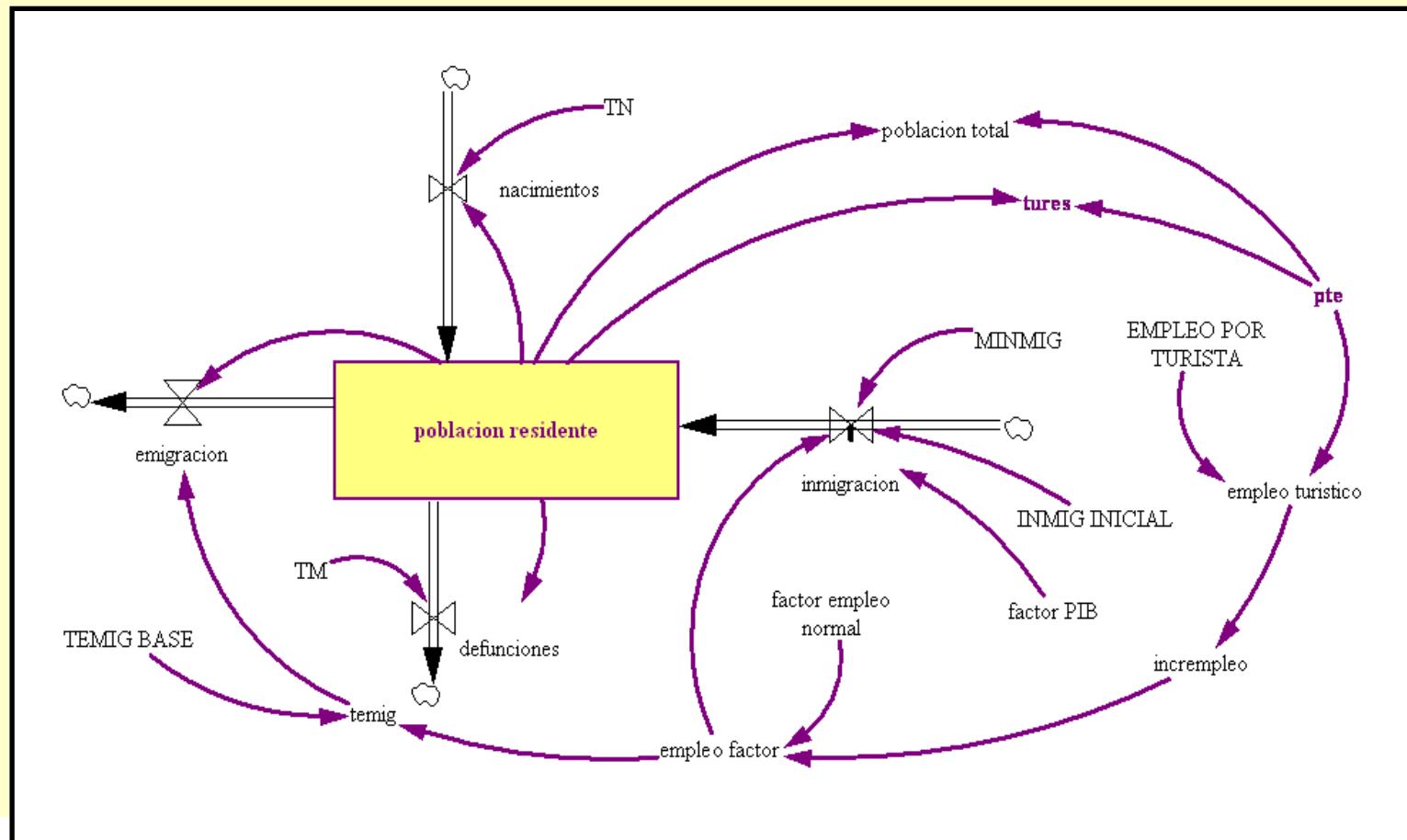
## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

## Sector Socioturístico



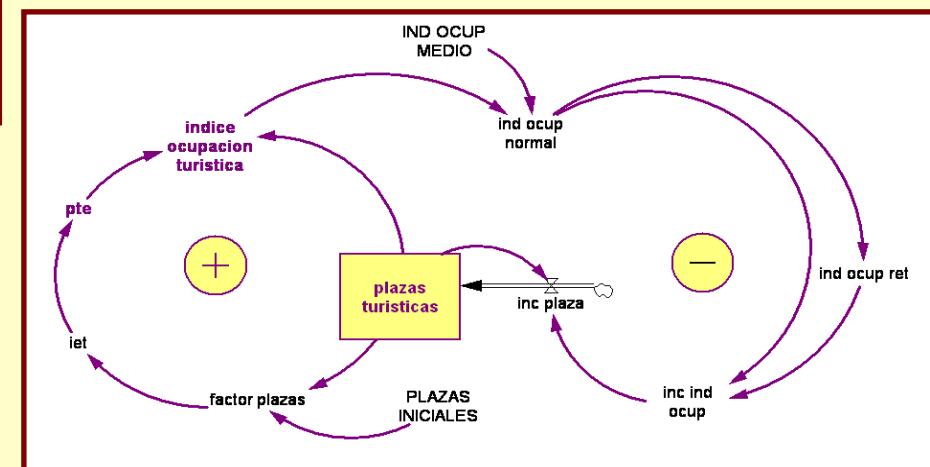
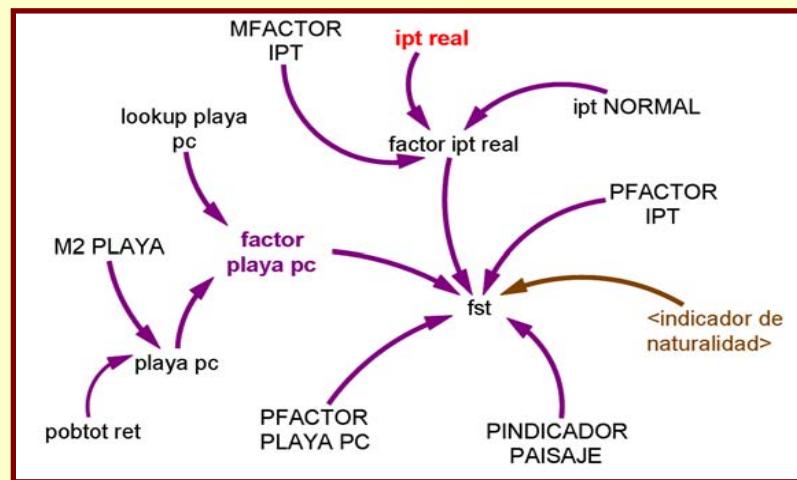
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector Socioturístico



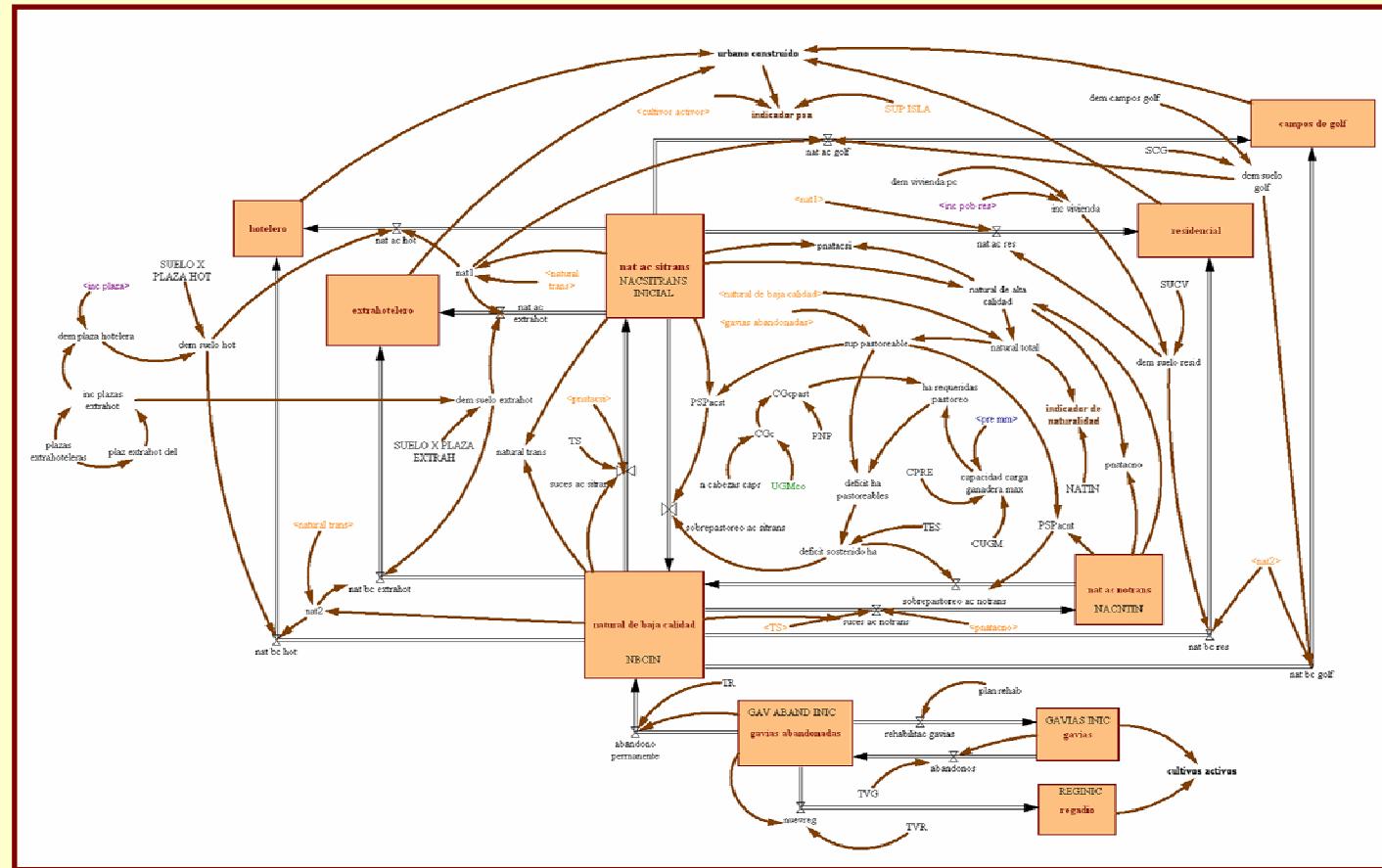
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector Socioturístico



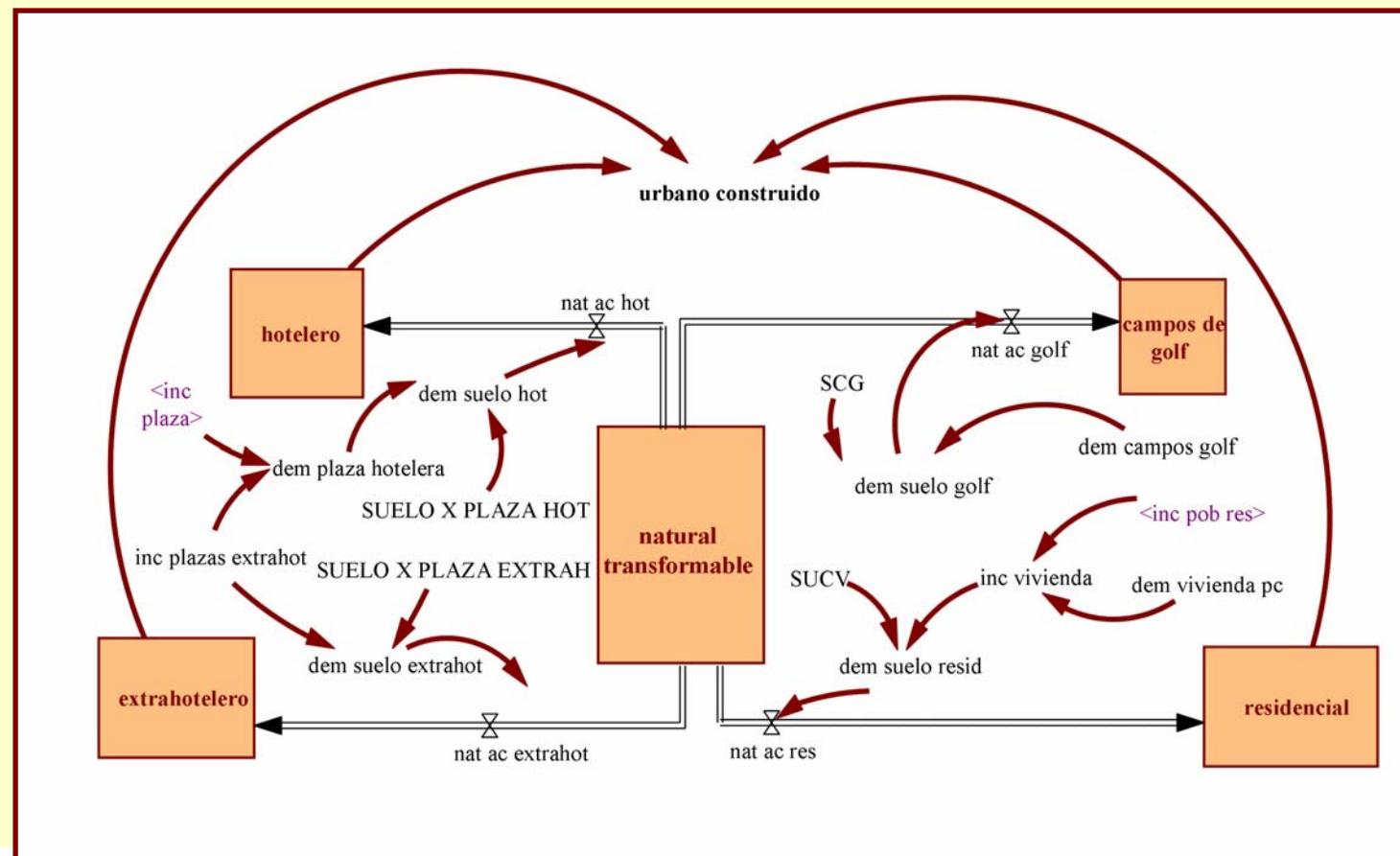
## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

## Sector Usos del Territorio



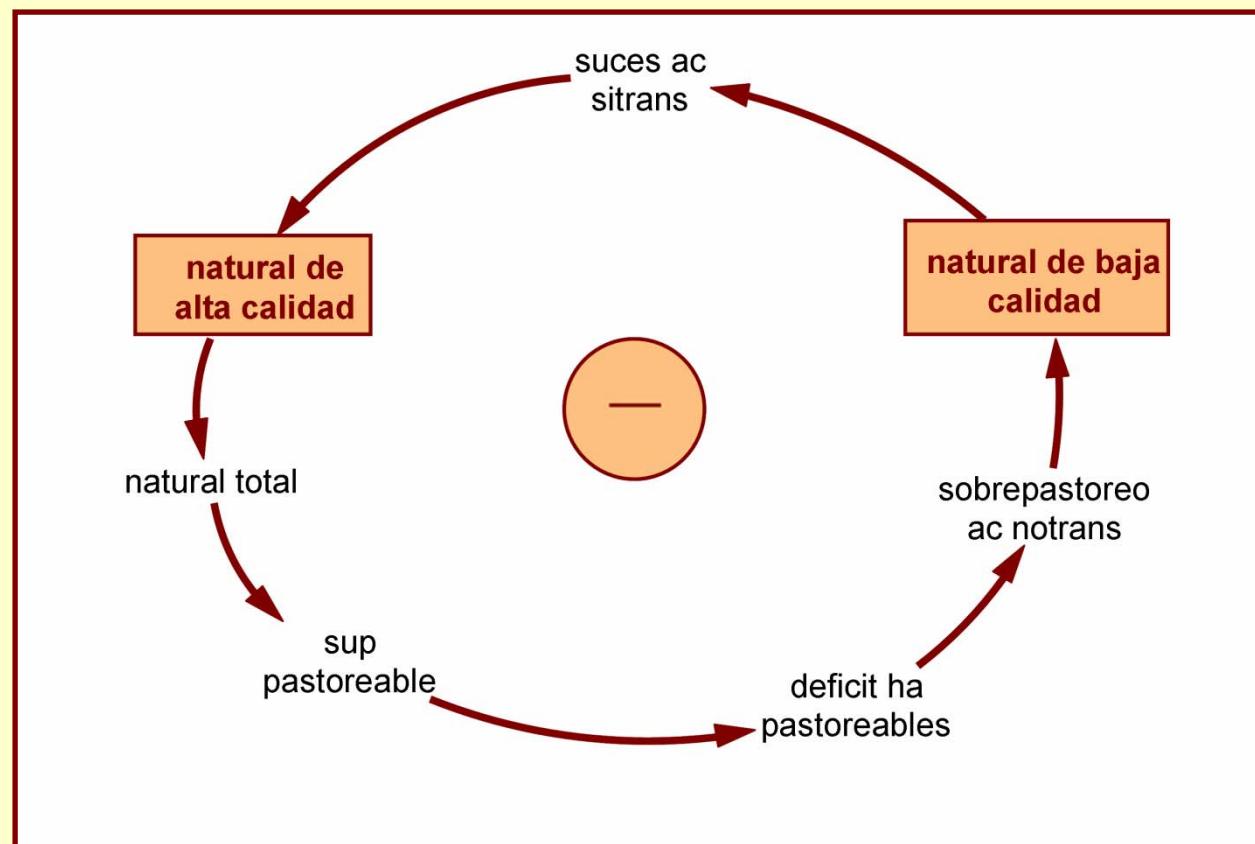
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector Usos del Territorio



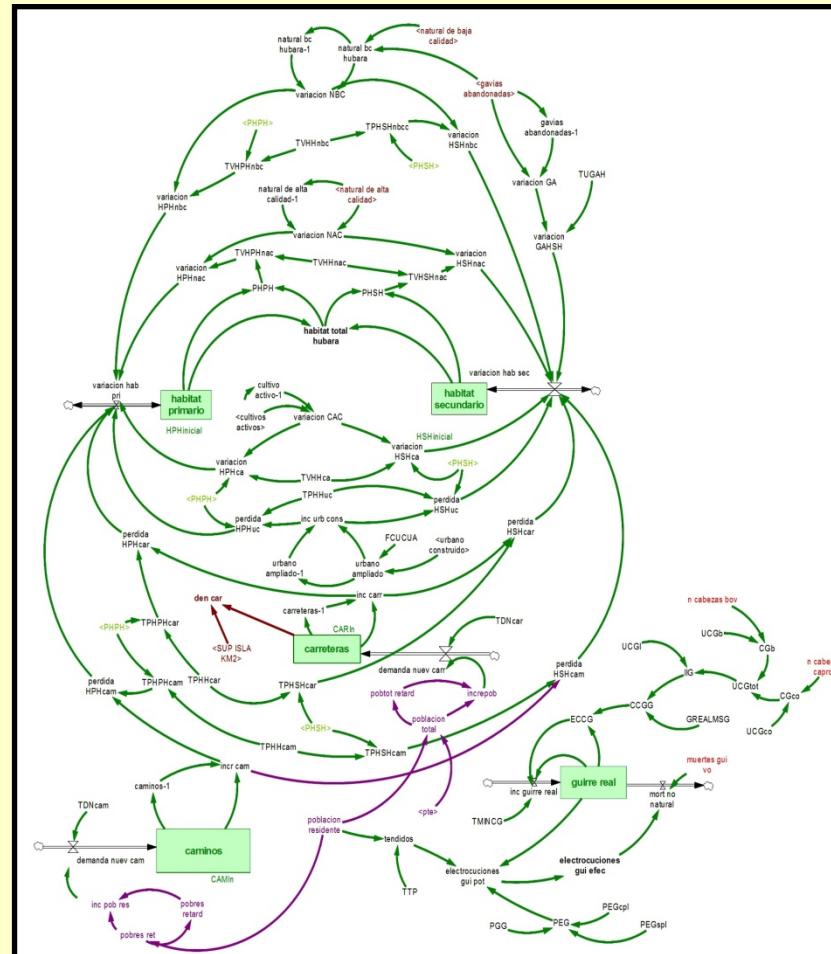
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector Usos del Territorio



## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

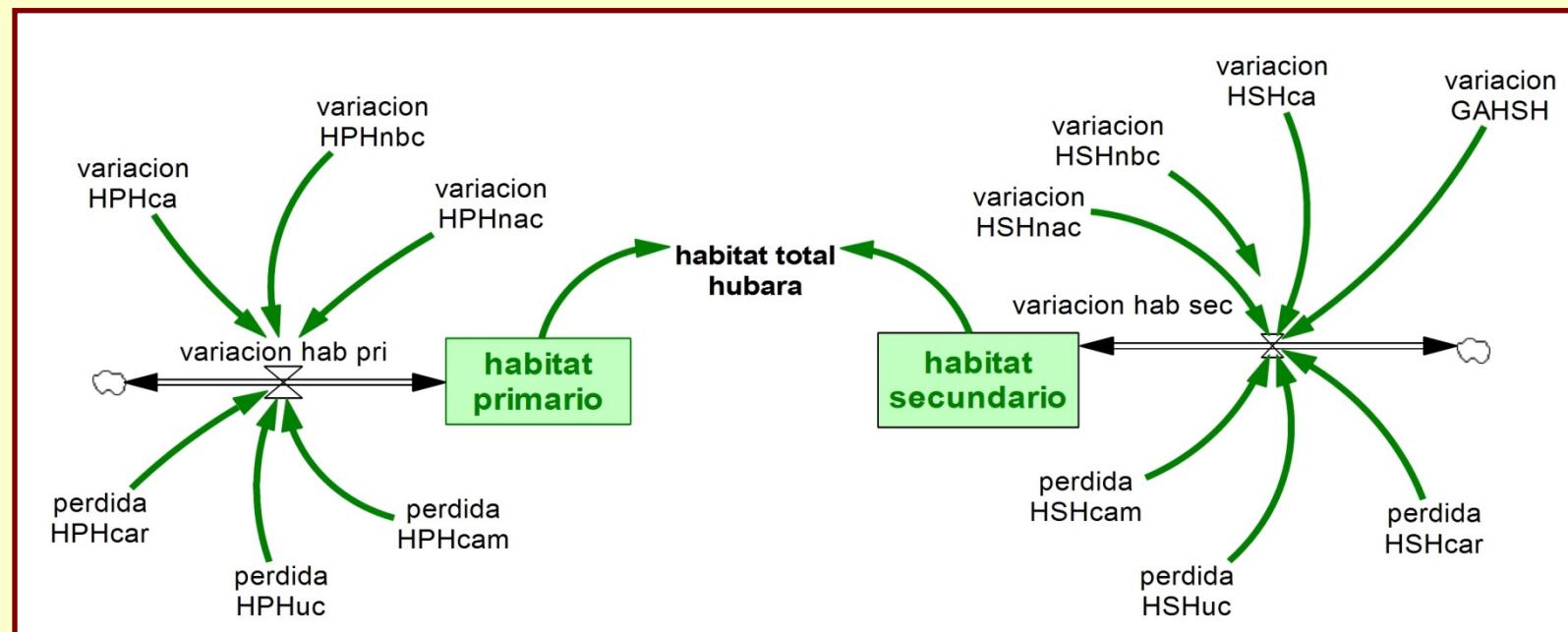
## Sector de la Biodiversidad



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector de la Biodiversidad

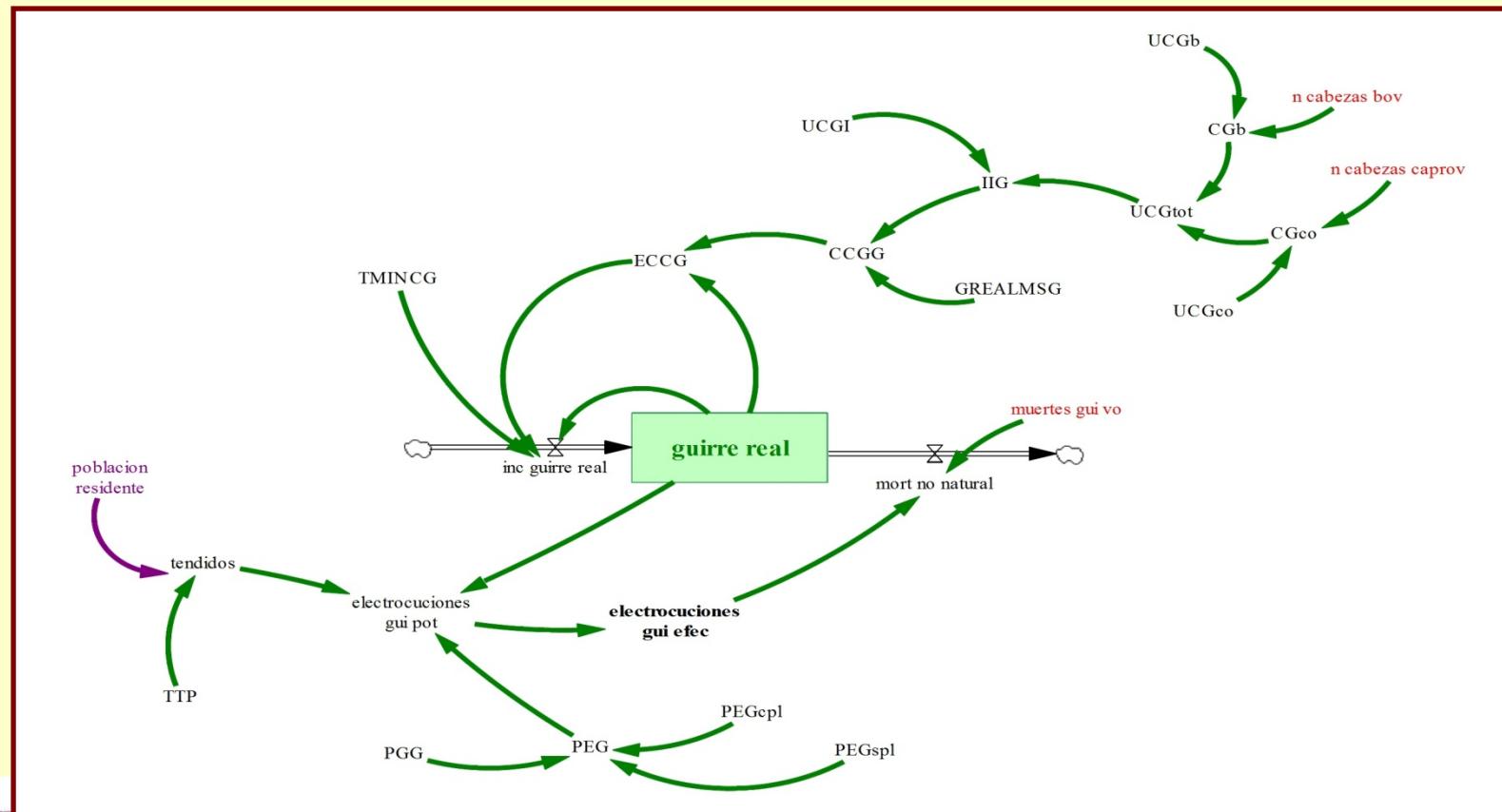
#### Habitat de la Hubara canaria



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector de la Biodiversidad

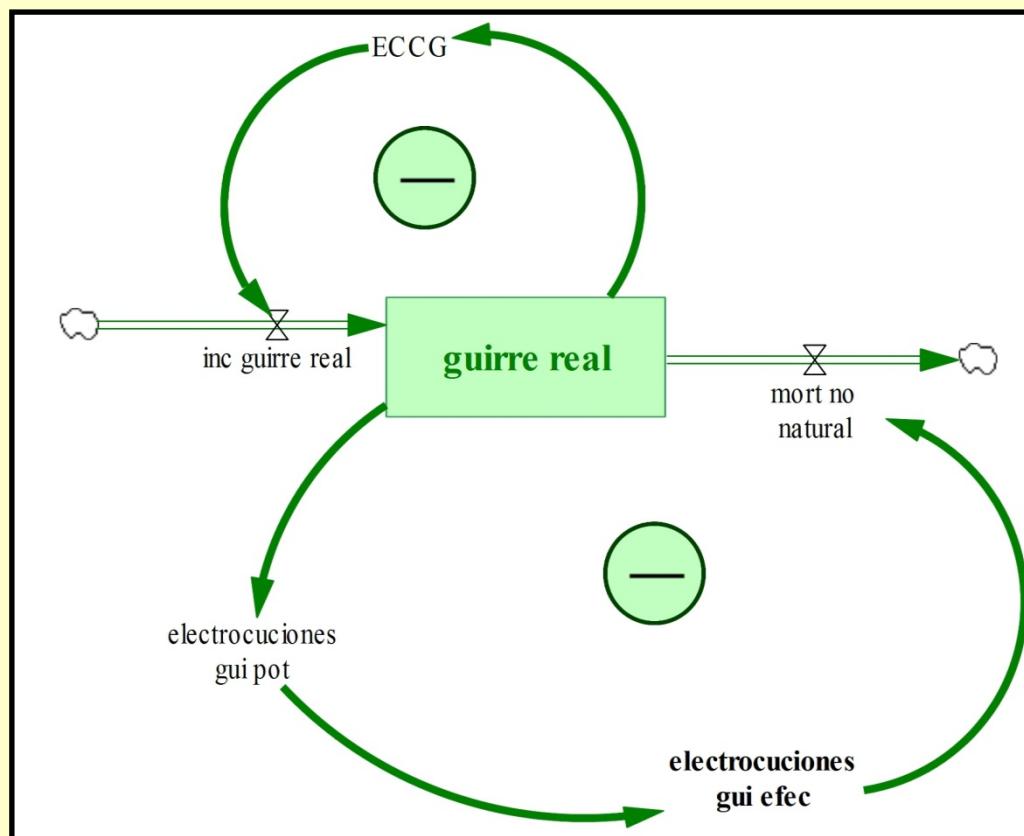
#### Habitat del Guijre



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Sector de la Biodiversidad

#### Habitat del Guijre



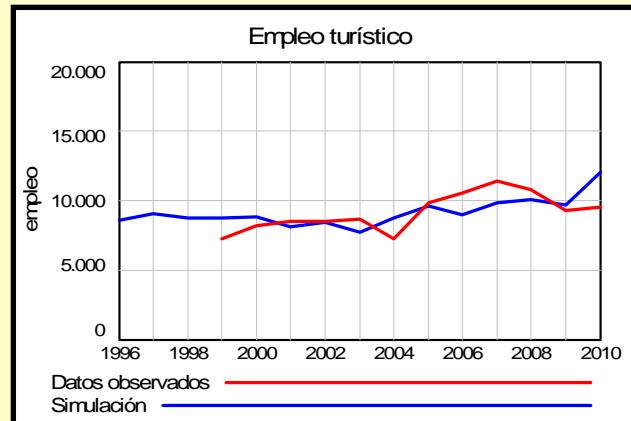
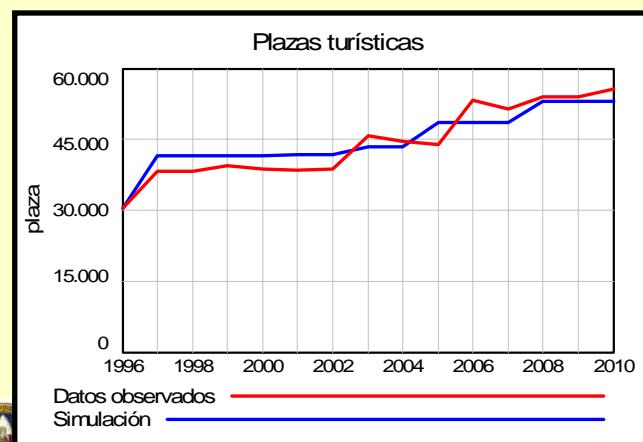
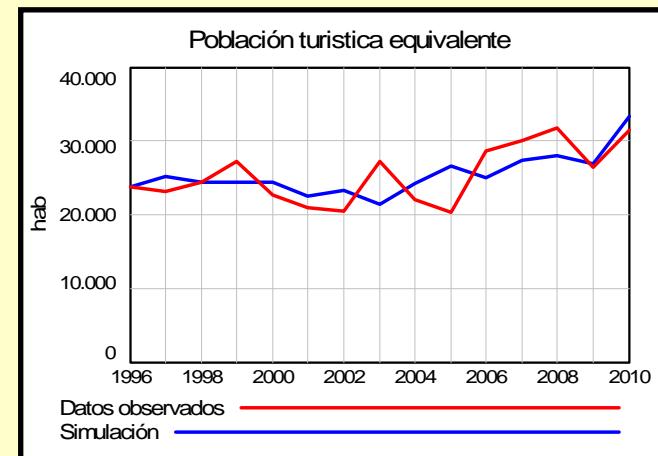
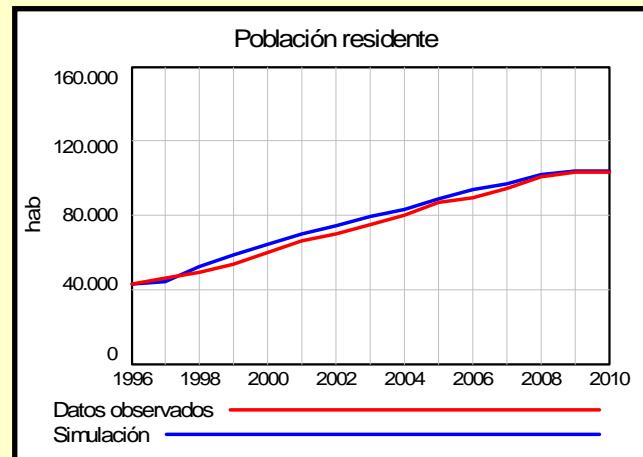
## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

### **Resultados de la simulación. 1996-2010**

- 24 variables con series históricas disponibles
- Los resultados muestran una buena correspondencia entre valores observados y simulados
- El modelo ha capturado bastante bien los factores clave

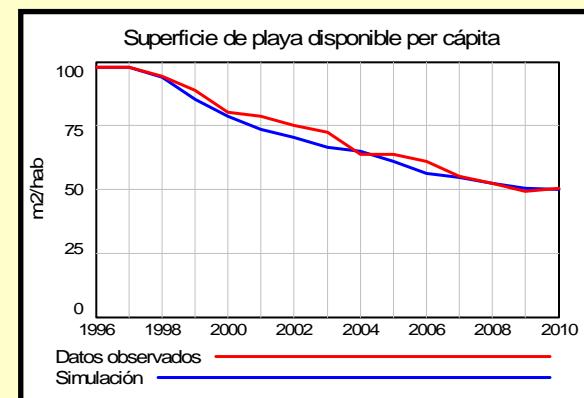
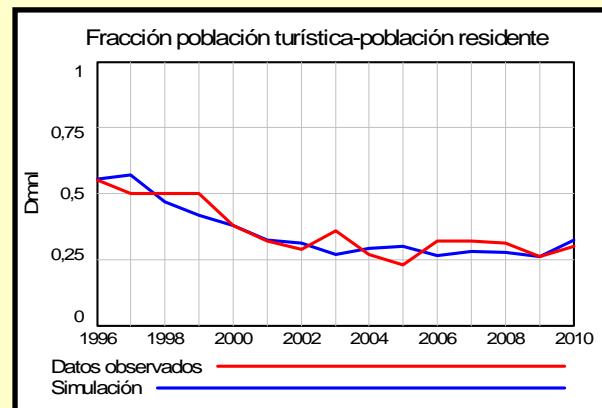
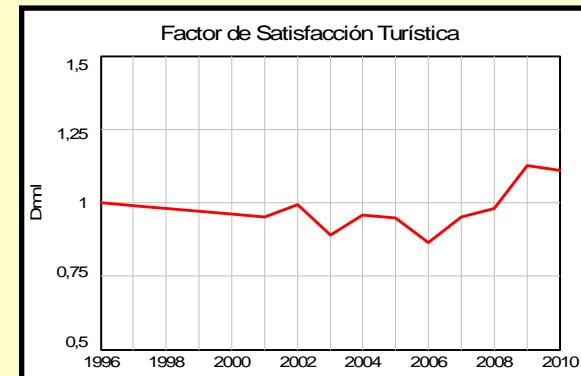
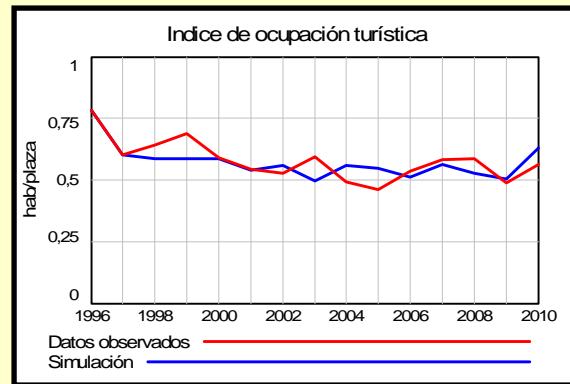
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Resultados de la simulación. 1996-2010. Sector socioturístico



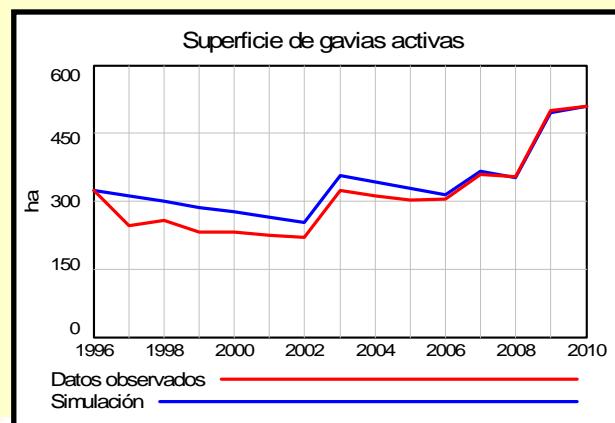
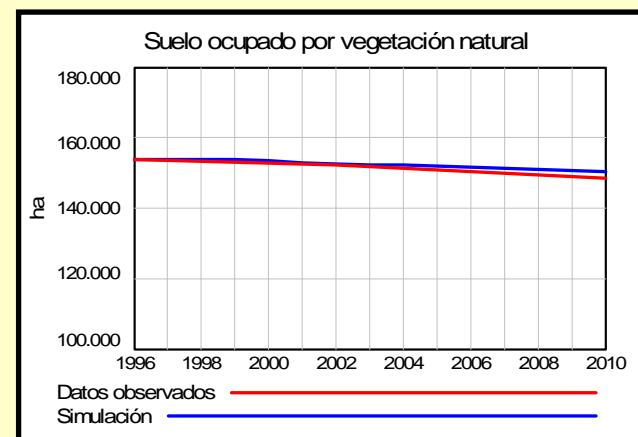
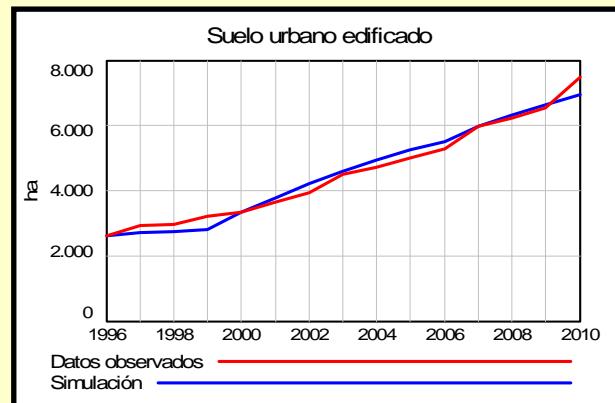
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Resultados de la simulación. 1996-2010. Indicadores sostenibilidad



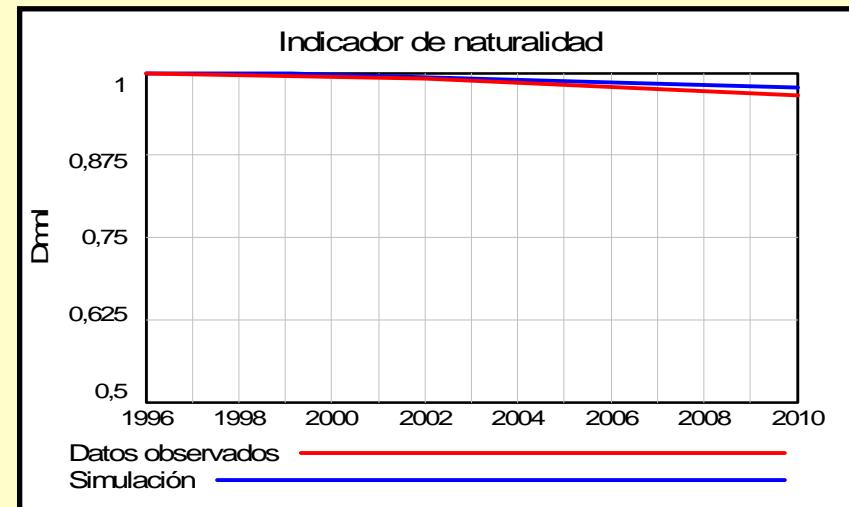
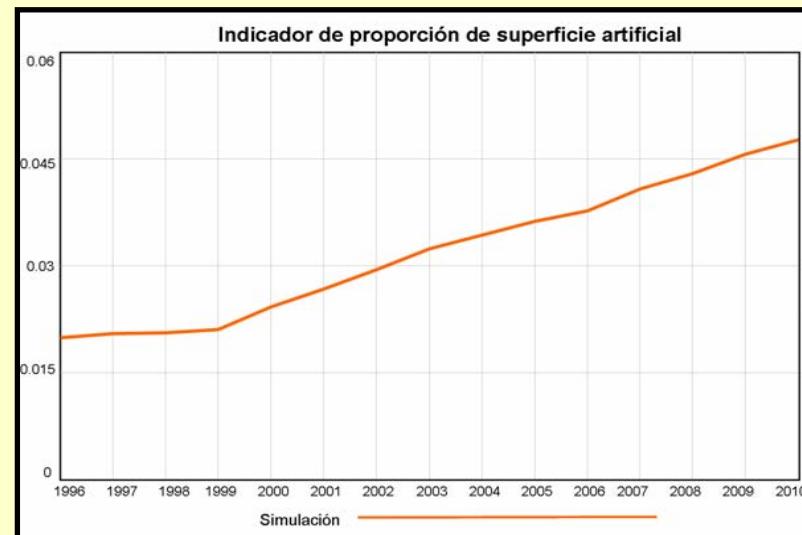
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Resultados de la simulación. 1996-2010. Usos del Territorio



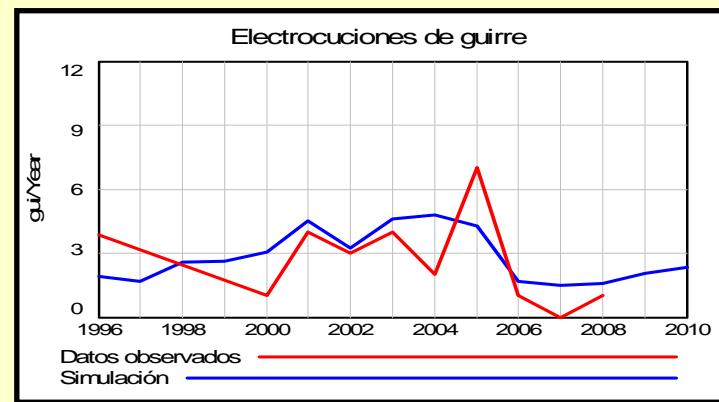
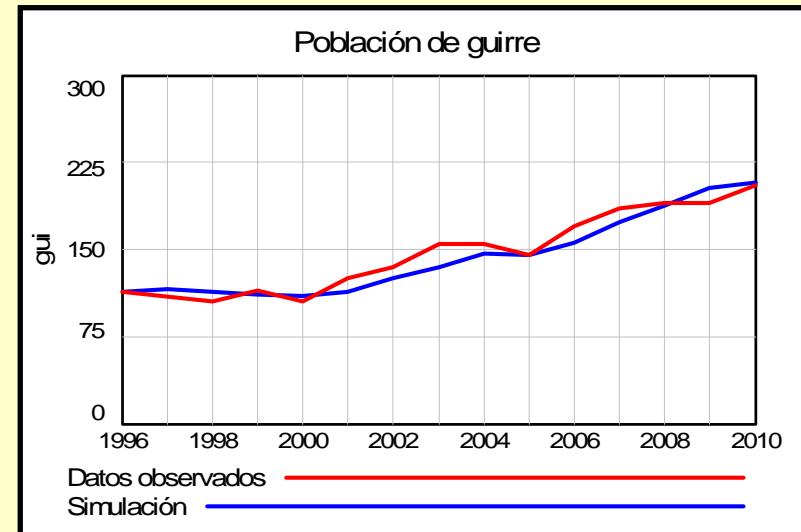
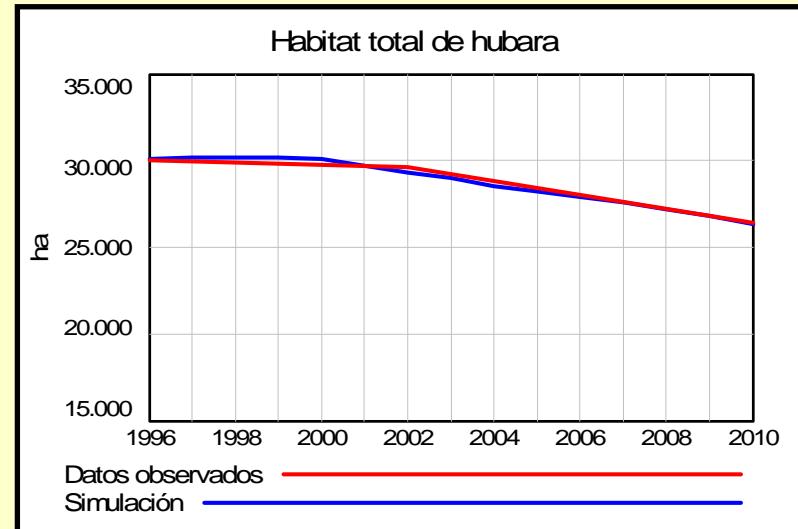
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Resultados de la simulación. 1996-2010. Indicadores sostenibilidad



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Resultados de la simulación. 1996-2010. Sector Biodiversidad



## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

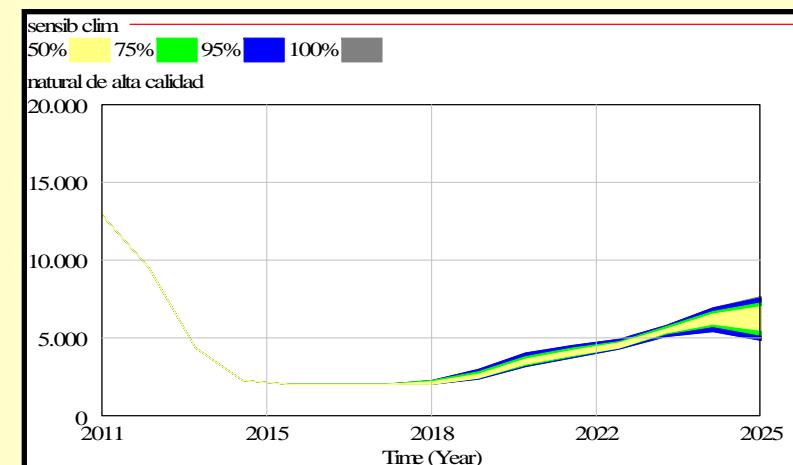
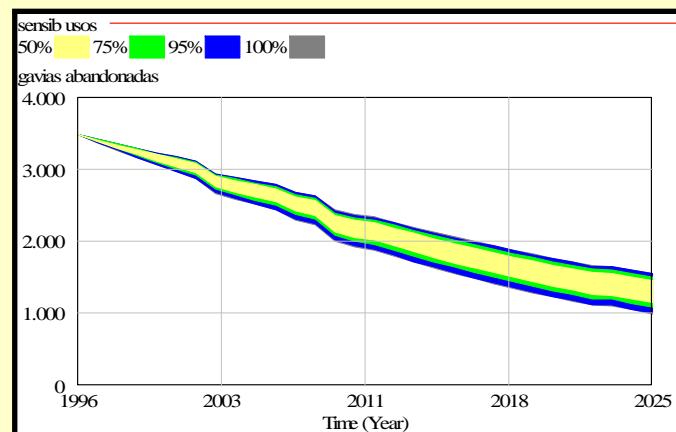
### **Análisis de Sensibilidad**

- Robustez del modelo
- Efecto de las incertidumbres (parámetros cuyo valor específico es incierto).
- Efectos de la variabilidad real del sistema (variabilidad climática, precios de mercado...)
- Detectar las medidas de intervención con la capacidad de modificar significativamente el comportamiento del sistema

## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Análisis de Sensibilidad

- Ejemplo 1: sensibilidad de las gavias abandonadas frente a la tasa de abandono y el tiempo de sucesión. Robustez del modelo
- Ejemplo 2: Sensibilidad del natural de alta calidad frente a las incertidumbres en la reducción de la precipitación por cambio climático. Mayor sensibilidad en periodos secos



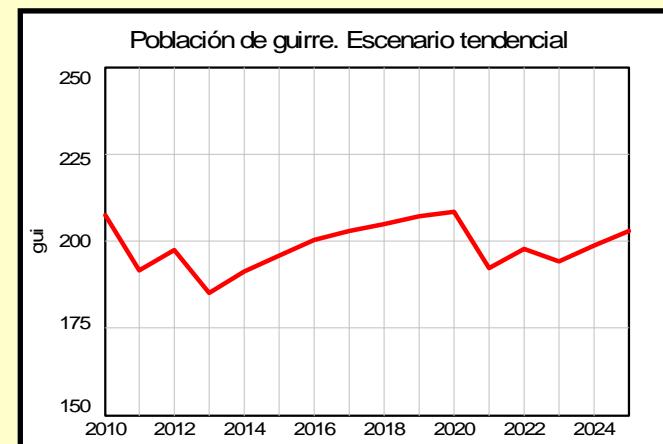
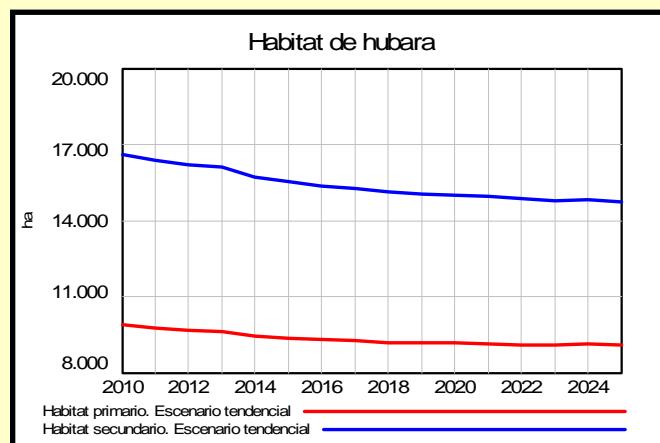
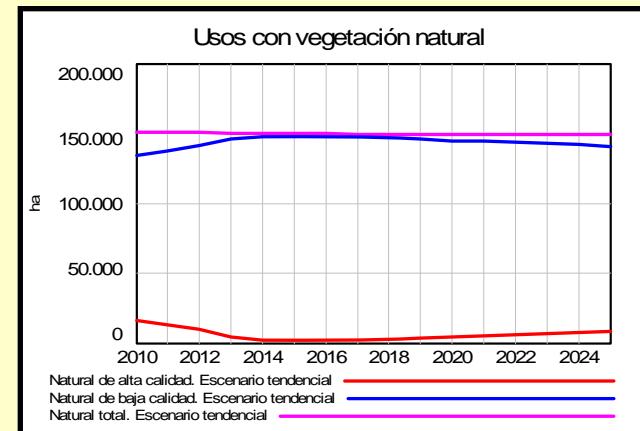
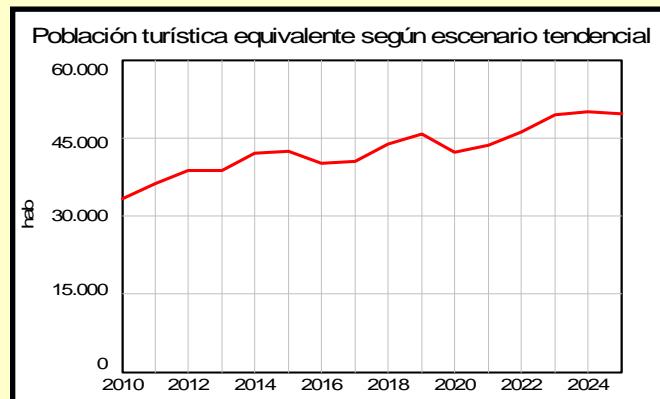
## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

### **Análisis de Escenarios**

- No asume ninguna hipótesis acerca de la probabilidad de ocurrencia de un escenario u otro: no responden a la pregunta: ¿qué pasará...?, sino a la pregunta: ¿qué pasaría si...?
- Dos funcionalidades:
  - Analizar los efectos de contextos socioeconómicos y ambientales externos (clima, precios...)
  - Explorar opciones de gestión definidas e implementadas dentro del sistema (efectividad relativa de las medidas, efectos no previstos, contradicciones y sinergias entre políticas...)

## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Análisis de Escenarios. Escenario tendencial



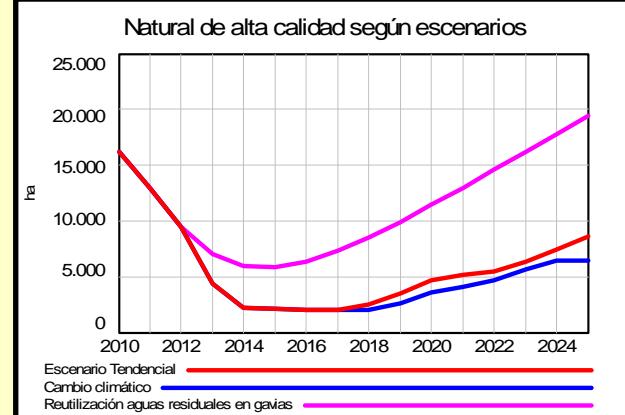
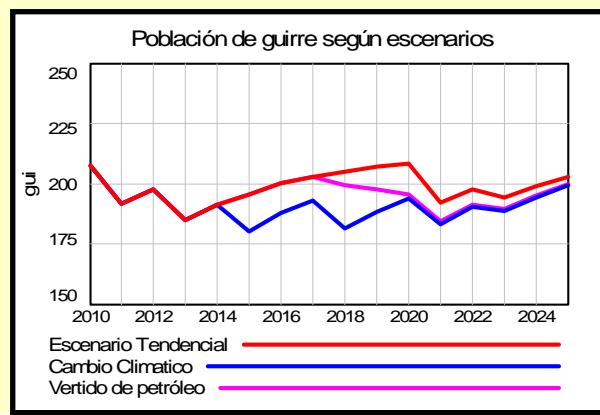
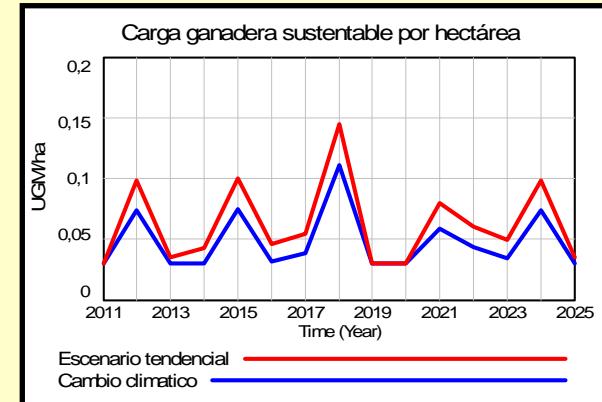
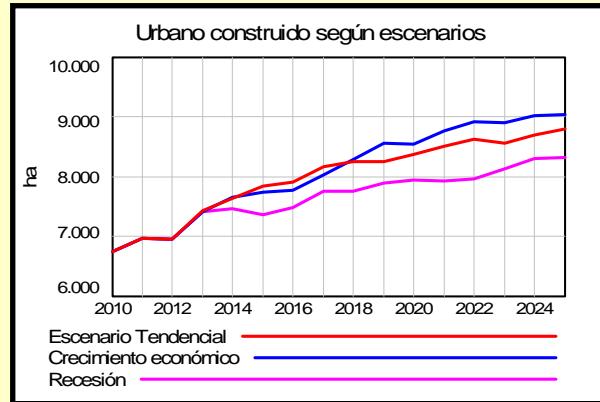
## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Análisis de Escenarios. Escenarios no tendenciales

- **Crecimiento económico.** Evolución del PIB superior a la media del periodo 1996-2010
- **Recesión económica.** Evolución del PIB por debajo de la media
- **Cambio climático.** Reducción del 20% de las precipitaciones.
- **Vertido de petróleo.** Construcción de una infraestructura petrolífera y la ocurrencia de un vertido de petróleo por accidente, que afecta a toda la costa y playas de Fuerteventura.
- **Reutilización de aguas residuales en las gavias abandonadas.** Producir forraje con riegos de apoyo y aumentar la capacidad de carga de las gavias abandonadas para el ganado, a la vez que se reduce el sobrepastoreo en la vegetación natural de alta calidad.

## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Análisis de Escenarios. Escenarios no tendenciales



## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Análisis de Escenarios

- **Resultados no obvios.** Ejemplo: una recesión económica puede afectar más a ciertas variables, debido a bucles de realimentación positiva (suelo urbano edificado), mientras que otras variables sin tales bucles presentarían un efecto más lineal (parque de vehículos). Ciertas variables presentan escasa afición por distintos escenarios, por los bucles de realimentación negativa, que tienden a estabilizar el sistema.
- **Detección de riesgos y oportunidades.** Identificación de los escenarios y variables para los que los efectos esperables son más intensos: situaciones de **vulnerabilidad** (si no deseables) o bien **oportunidades para el cambio** (si son deseables).

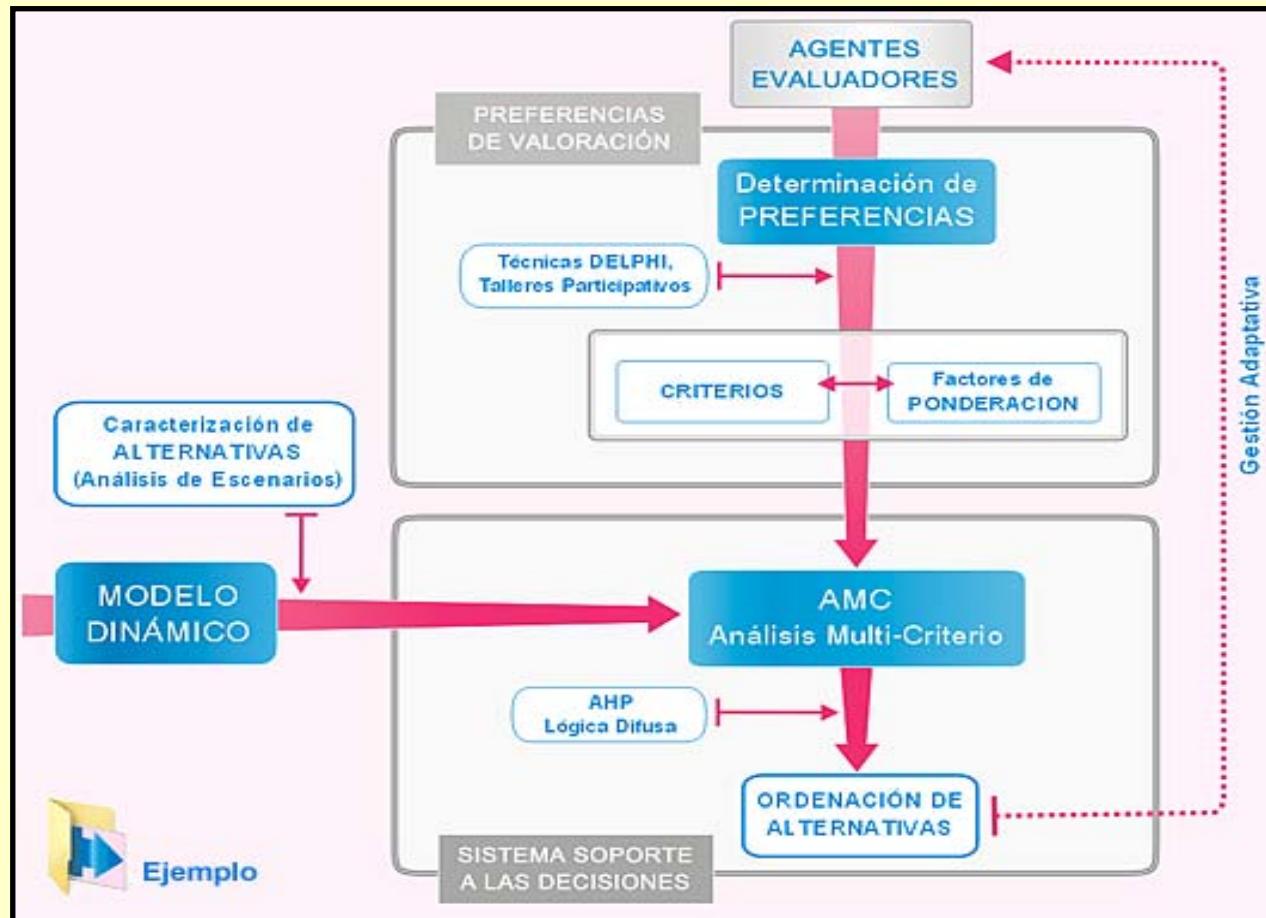
## **4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA**

### **Análisis de Escenarios**

- Valorar distintas opciones de gestión utilizando los resultados cuantitativos de los indicadores de sostenibilidad integrados en el modelo.
- Estos resultados pueden:
  - utilizarse para detectar sinergias y contradicciones entre políticas o entre distintos indicadores de sostenibilidad con una misma política
  - contrastarse con distintos umbrales fijados por diferentes normativas, planes y estrategias
  - valorarse y ordenarse utilizando Sistemas Soporte a las Decisiones, para activar consensos en torno a las medidas a implementar

## 4. MODELO DE SOSTENIBILIDAD DE FUERTEVENTURA

### Análisis de Escenarios



**...Gracias por su atención**

