



**CONSEJO MONETARIO  
CENTROAMERICANO** 60  
AÑOS  
Secretaría Ejecutiva



**PINCC**  
Programa de Investigación  
en Cambio Climático



## **Taller: Análisis del riesgo proveniente del cambio climático y la pérdida de naturaleza**

### **Introducción a los modelos de clima y modelos de evaluación integrada**

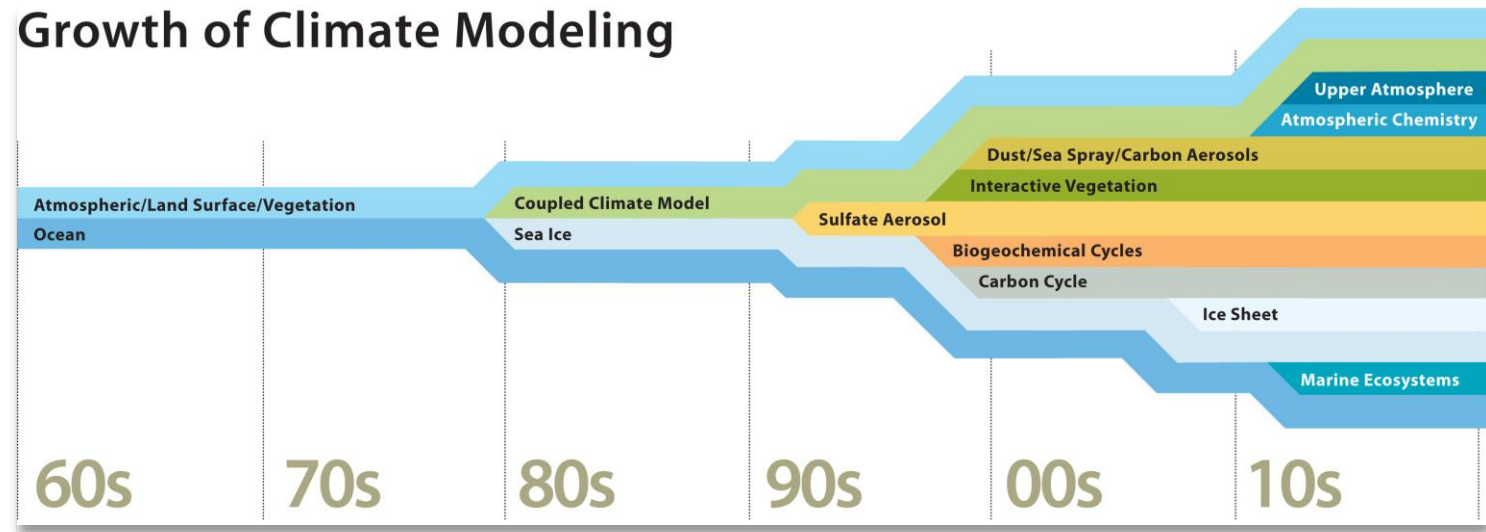
**Dr. Francisco Estrada Porrúa**

**Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM**

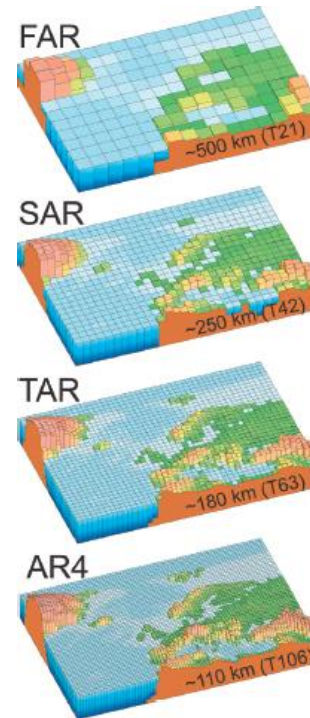
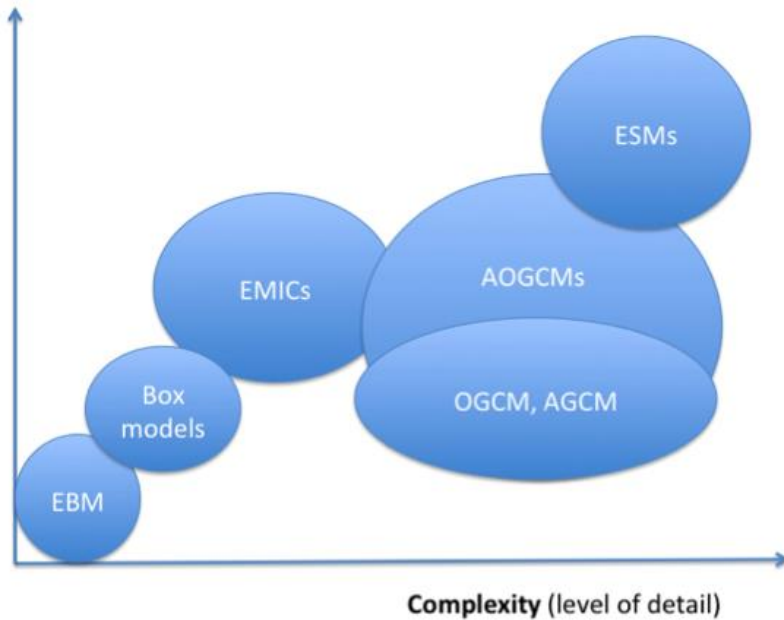
**Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM**

# Modelos de clima y su evolución

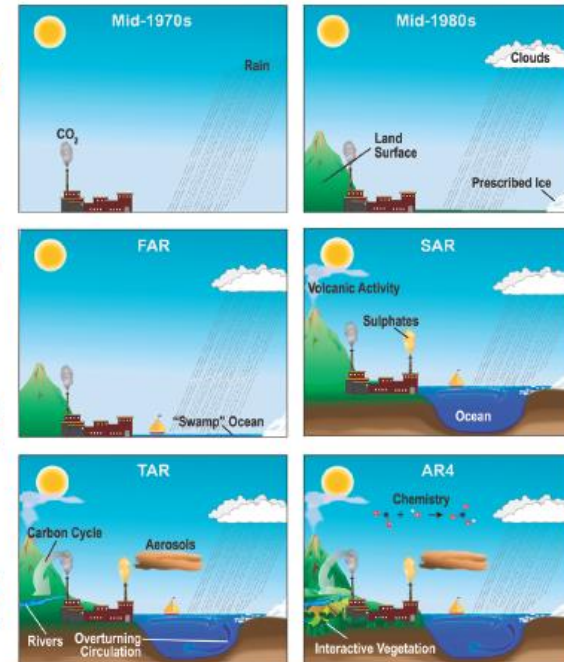
## Growth of Climate Modeling

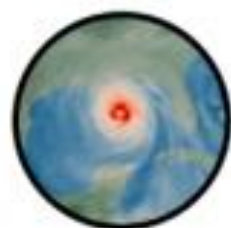


Comprehensiveness  
(number of components)



## The World in Global Climate Models





## ATMOSPHERE

## OCEAN

Global water cycle

Extreme weather

Clouds and convection

Aerosols and atmospheric chemistry

Radiative transfer

Turbulence and surface exchanges

Human interactions with land, water, and energy

Plant processes

Vegetation dynamics

Terrestrial biogeochemistry

Soil hydrology

## LAND

Modes of variability

Coastal processes and waves

Ocean currents and eddies

Salinity and biogeochemistry

Mixed layer processes

Deep ocean circulation

Sea ice

Melt channels and ice shelves

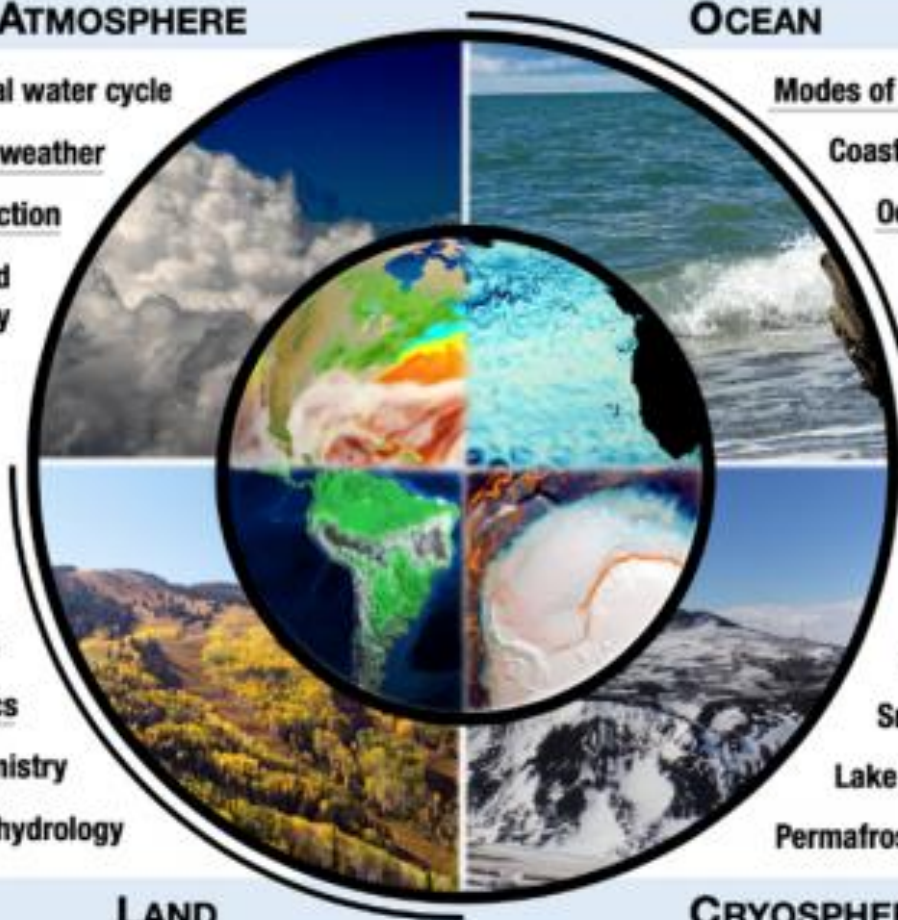
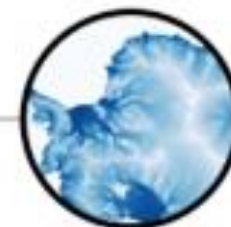
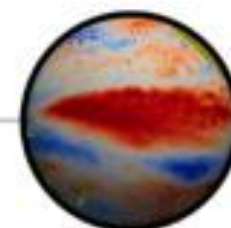
Ice sheets and glaciers

Snowpack

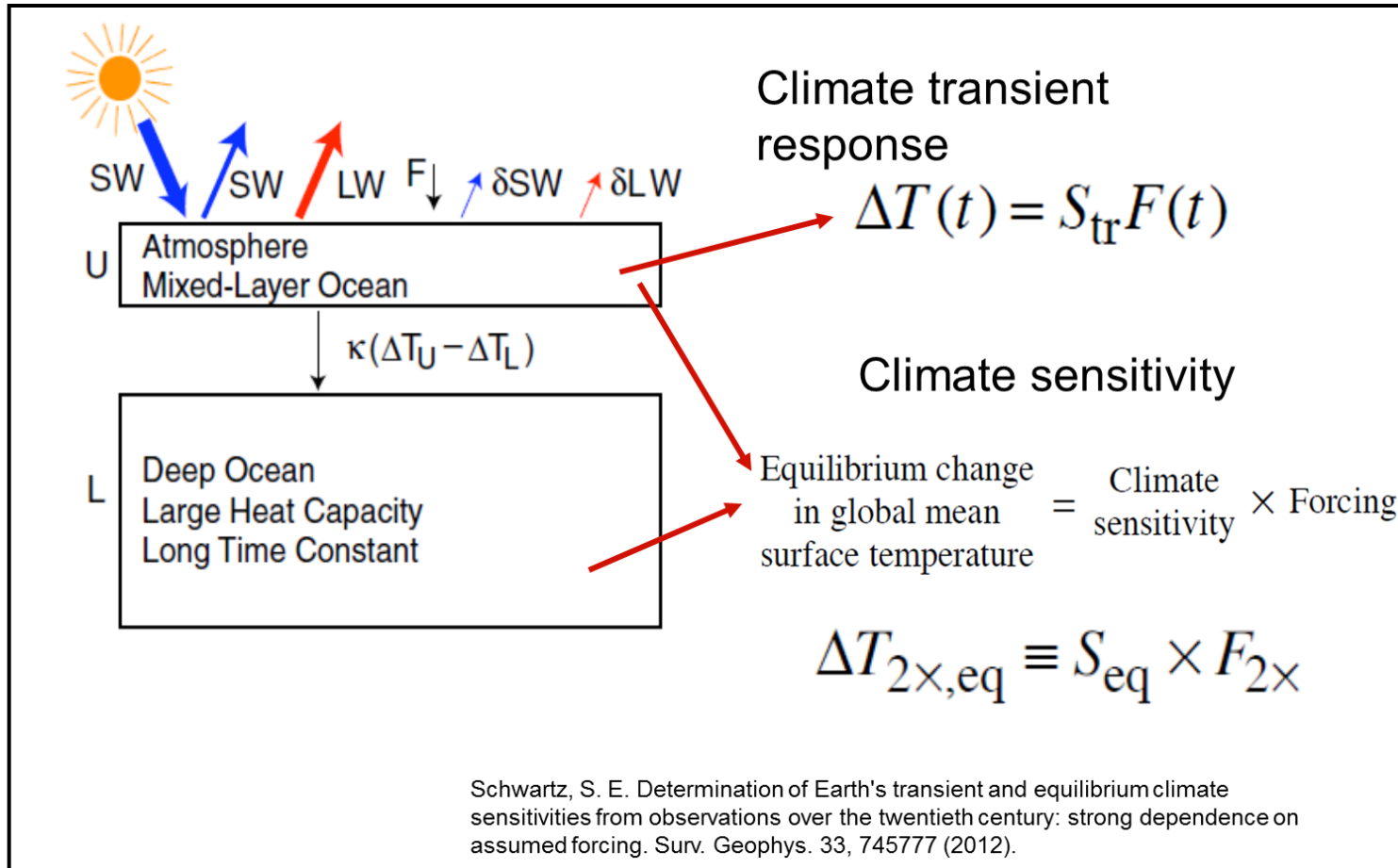
Lake and river ice

Permafrost

## CRYOSPHERE



# Modelo de clima de dos compartimentos



## The transient climate response

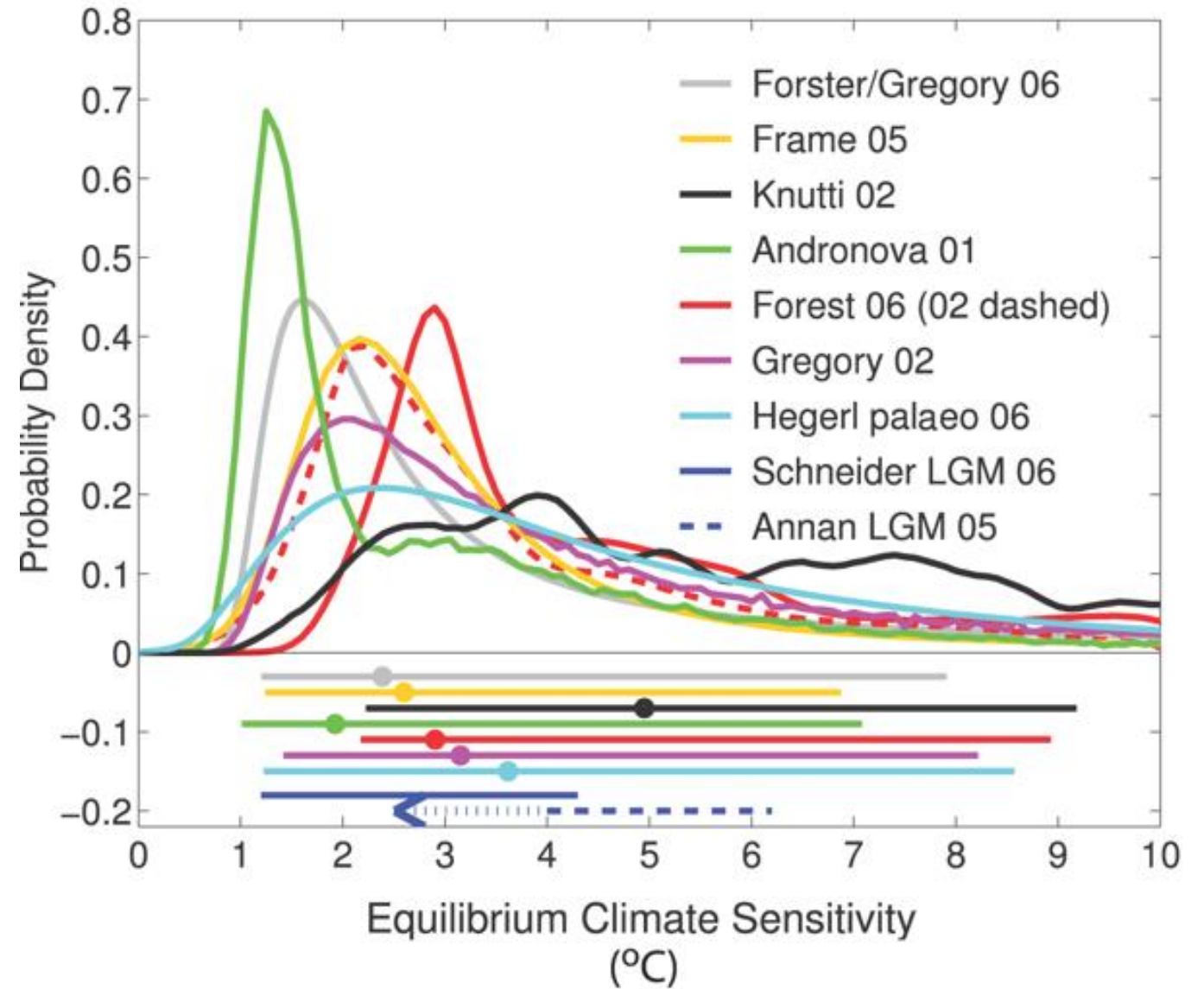
**La respuesta climática transitoria** (unidades: °C) es la variación de la temperatura media global en superficie promediada a lo largo de un período de 20 años, centrada en el instante de duplicación del dióxido de carbono atmosférico, en una simulación de un modelo climático en el que el CO<sub>2</sub> registra un incremento de un 1% anual. Denota la magnitud y rapidez de la respuesta de la temperatura en superficie al forzamiento por gases de efecto invernadero.

## Equilibrium climate sensitivity

**Sensibilidad climática** en equilibrio (unidades: °C) denota el cambio en condiciones de equilibrio (estado constante) de la temperatura media global en superficie por efecto de una duplicación de la concentración de dióxido de carbono-equivalente atmosférica.

k coeficiente de intercambio de calor

# Sensibilidad del clima



# Predicción vs Escenario

+ Predicción climática o pronóstico climático:

resultado de un intento de obtener (a partir de un estado particular del sistema climático) una estimación de la evolución real del clima en el futuro, por ejemplo a escalas de tiempo estacionales, interanuales o decenales.

Incertidumbre aleatoria

+ Escenario:

descripción plausible de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas determinantes (por ejemplo el ritmo de la evolución tecnológica y los precios) y sobre sus interacciones más importantes.

Incertidumbre epistémica

# Escenarios



La ocurrencia de cualquier escenario particular es improbable



Son autoconsistentes, posibles y comúnmente plantean situaciones problemáticas o difíciles



Su función es ayudar a pensar, anticipar cambios, preparar respuestas y propiciar estrategias robustas



Muchas veces los escenarios provocan que esos futuros no ocurran



Caracterizados por incertidumbre epistémica

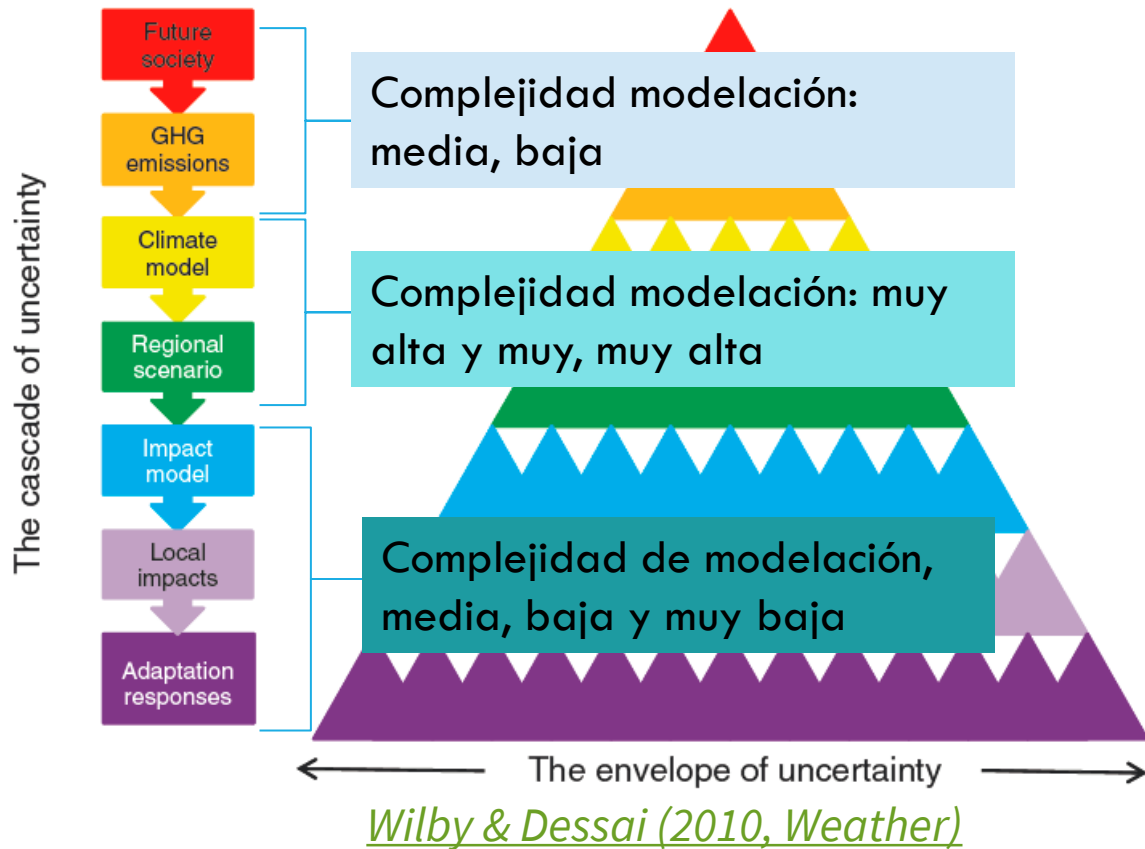


Se usan en múltiples contextos: militar, empresarial, cambio climático, vida diaria

# Scenario Thinking – Robust Decisions

- + Los escenarios son ilustraciones provocadoras y plausibles de cómo podría desarrollarse el futuro.
- + El propósito no es identificar el futuro más probable, sino crear un mapa de incertidumbre de las fuerzas determinantes de un estado futuro del sistema.
- + Los escenarios ayudan a los responsables de la toma de decisiones a ordenar y enmarcar su pensamiento a largo plazo, al tiempo que les proporcionan las herramientas y la confianza para actuar a corto plazo





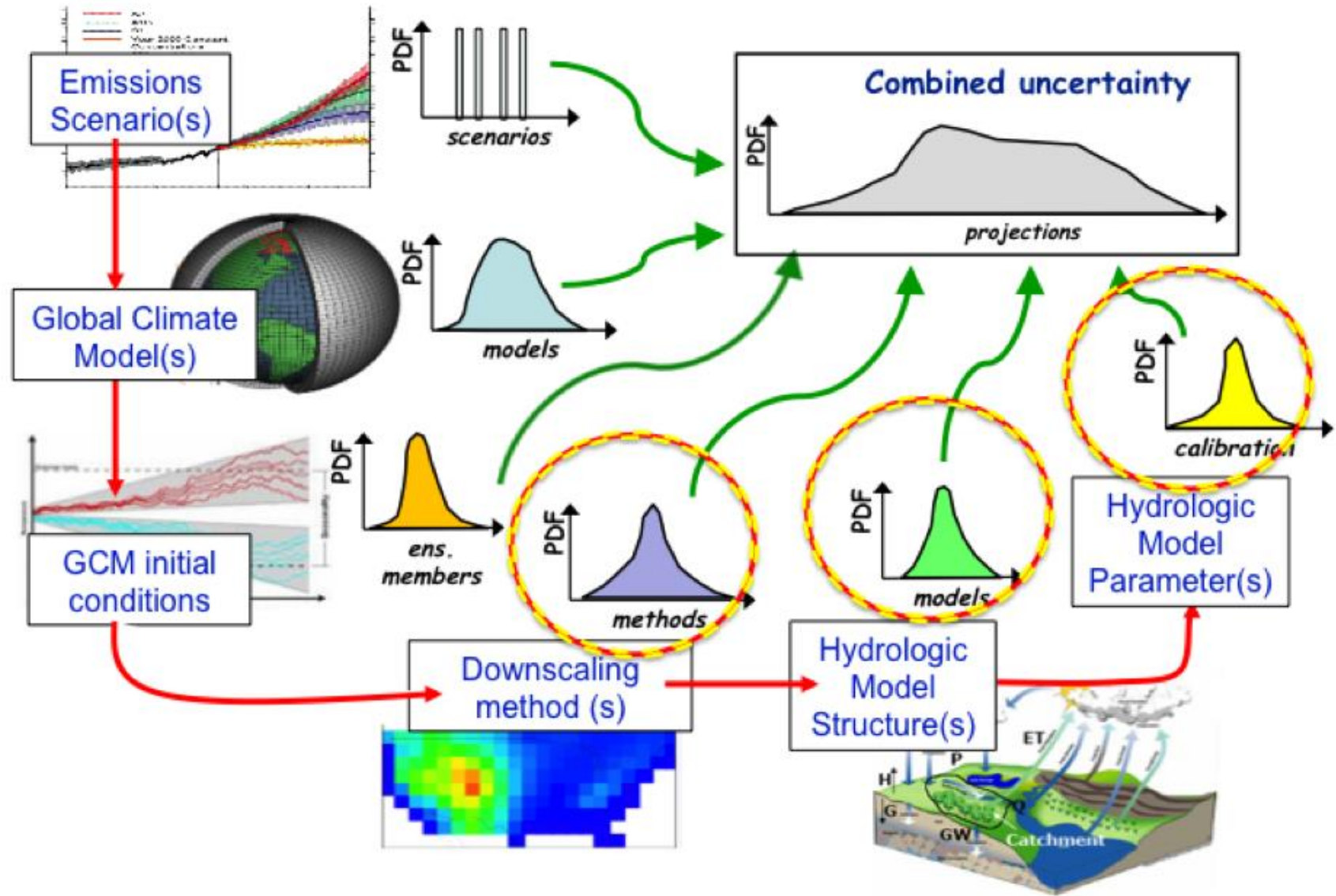
# INCERTIDUMBRE, COMPLEJIDAD Y SIGNIFICADO EL PROBLEMA DEL CUELLO DE BOTELLA DE LA COMPLEJIDAD

Proyecciones de cambio climático empiezan con proyecciones socioeconómicas; población, PIB, consumo, etc...

Escenarios de emisiones: tecnología, intensidad energética y de carbon, penetración tecnología y desarrollo regional, etc...

Proyecciones de clima: Sensibilidad del clima, parametrizaciones, calibración, datos, etc...

Escenarios regionales: downscaling dinámico, estadístico, ambos...



# Enfoque de Evaluación Integrada

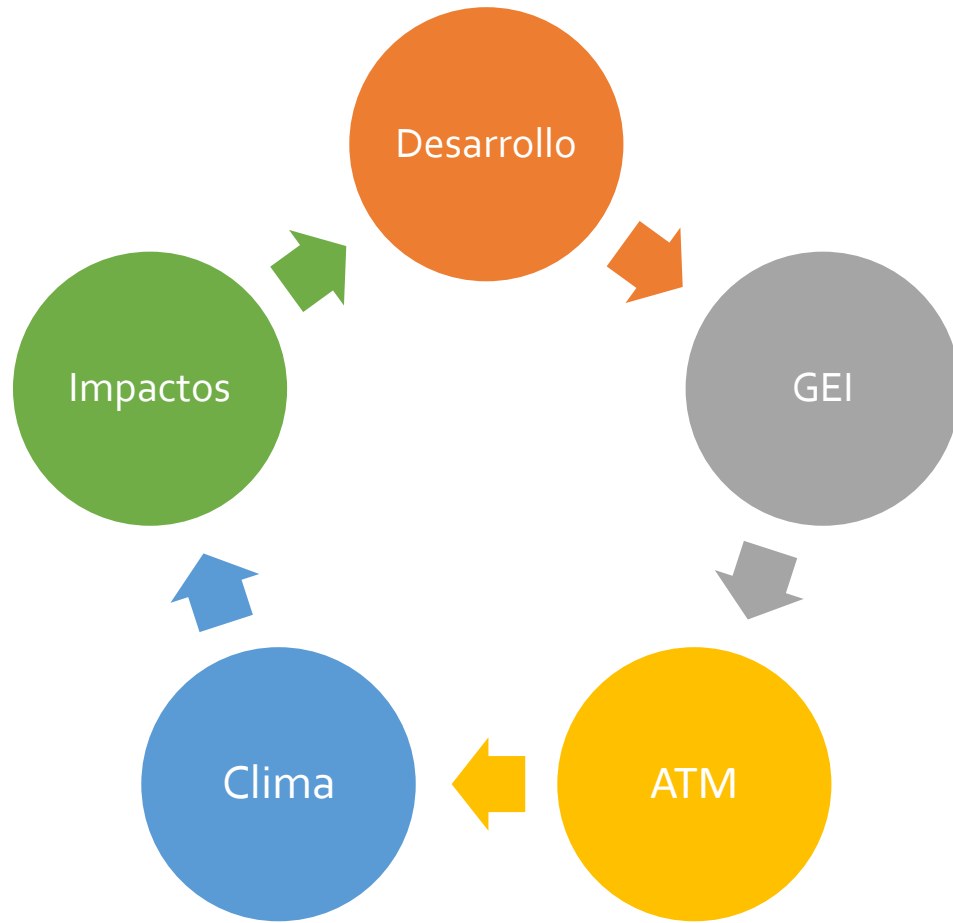
- Enfoque interdisciplinario que combina diferentes disciplinas para evaluar los problemas complejos, como el cambio climático, que involucran interacciones entre sistemas naturales y humanos. Considera de manera integral el problema de estudio.
- El objetivo principal es proporcionar información útil a los responsables de la toma de decisiones.
- La integración de un conjunto más amplio de estudios, enfoques y puntos de vista procedentes de diferentes áreas de conocimiento que interactúan entre sí proporciona más y mejor información que los estudios disciplinarios individuales sumados.

# Modelos de evaluación integrada

- Son la representación práctica y operativa del enfoque de evaluación integrada.
- Permiten integrar la información y los conocimientos de distintas disciplinas, proporcionando una visión coherente y completa del problema del cambio climático.
  - Multidimensionales: Consideran aspectos físicos, económicos, y sociales en un marco unificado.
  - Proporciona herramientas de análisis: Ofrecen una herramienta analítica para explorar los efectos de diferentes políticas y escenarios de desarrollo.
  - Fomenta la Toma de Decisiones: Apoyan la formulación de políticas basadas en datos y análisis integrados.

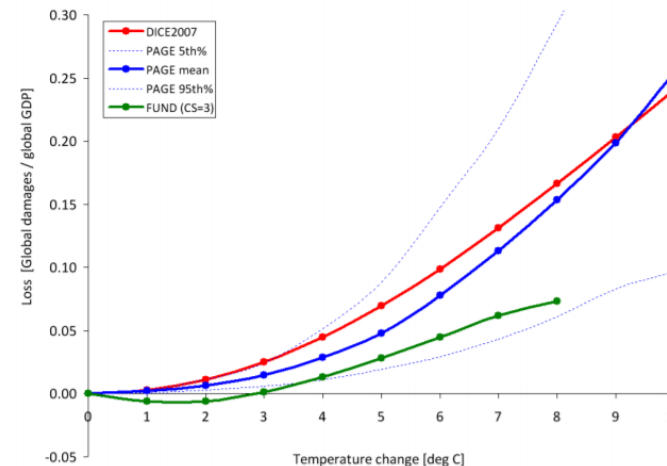
# DICE: Dynamic Integrated model of Climate and the Economy

- Modelo de evaluación integrada del clima y la economía (1992)
- Simple, transparente, integral, combina conocimiento de distintas disciplinas
- Objetivo: proveer un marco para el análisis de política climática:
  - ¿Cuál es la política de mitigación óptima para enfrentar cambio climático?



Descripción esquemática de modelos de evaluación integrada de clima y la economía

Figure 1A: Annual Consumption Loss as a Fraction of Global GDP in 2100 Due to an Increase in Annual - Global Temperature in the DICE, FUND, and PAGE models<sup>5</sup>



Gran impacto en la política climática global (en particular en EUA)

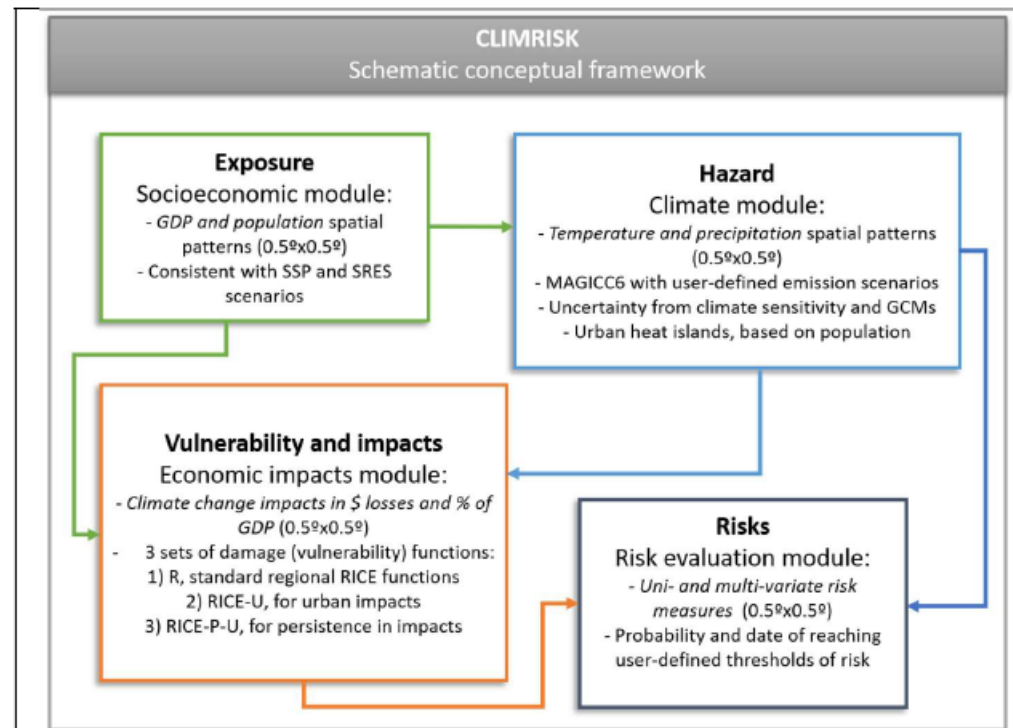
# William Nordhaus y Paul Romer: Premio Nobel de Economía 2018

---

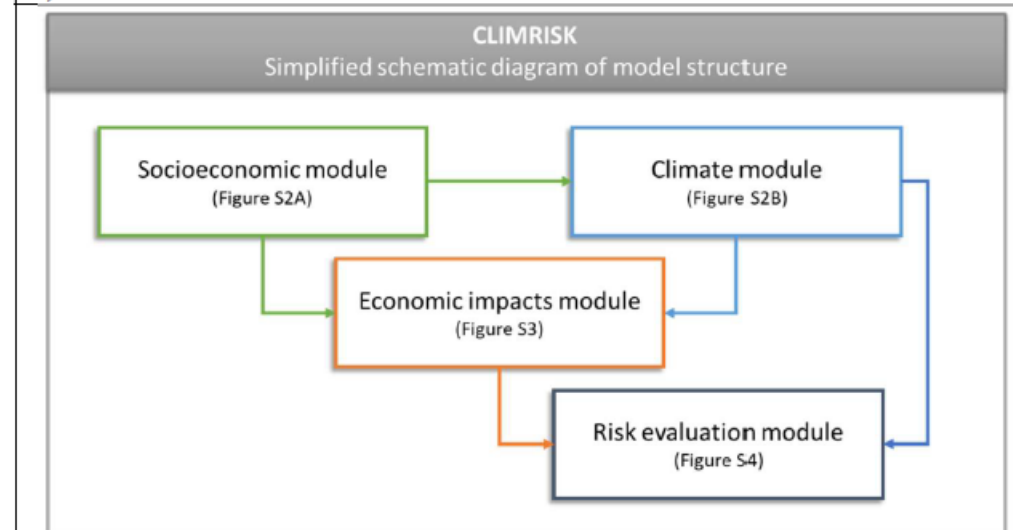
## Crecimiento económico, cambio tecnológico y cambio climático

*Por sus contribuciones en el desarrollo de modelos y métodos para abordar los problemas más fundamentales y urgentes de nuestra época.*

- **Integración de la Economía con otros campos del conocimiento:** *Naturaleza y conocimiento técnico como parte integral de los modelos económicos*
- **Problemas del largo plazo:** *pequeñas variaciones sistemáticas de corto plazo se acumulan y afectan el crecimiento y el bienestar en las siguientes décadas o siglos.*
- **Fallas de mercado globales:** *presencia de externalidades que a falta de intervención del gobierno llevan a resultados subóptimos*
- **Extensión de modelos de crecimiento económico:**
  - *Romer: incluir el papel de la creación del conocimiento como determinante del crecimiento económico en el largo plazo*
  - *Nordhaus: incluir los mecanismos de ciencias naturales para entender cómo la economía y el clima globales interactúan*



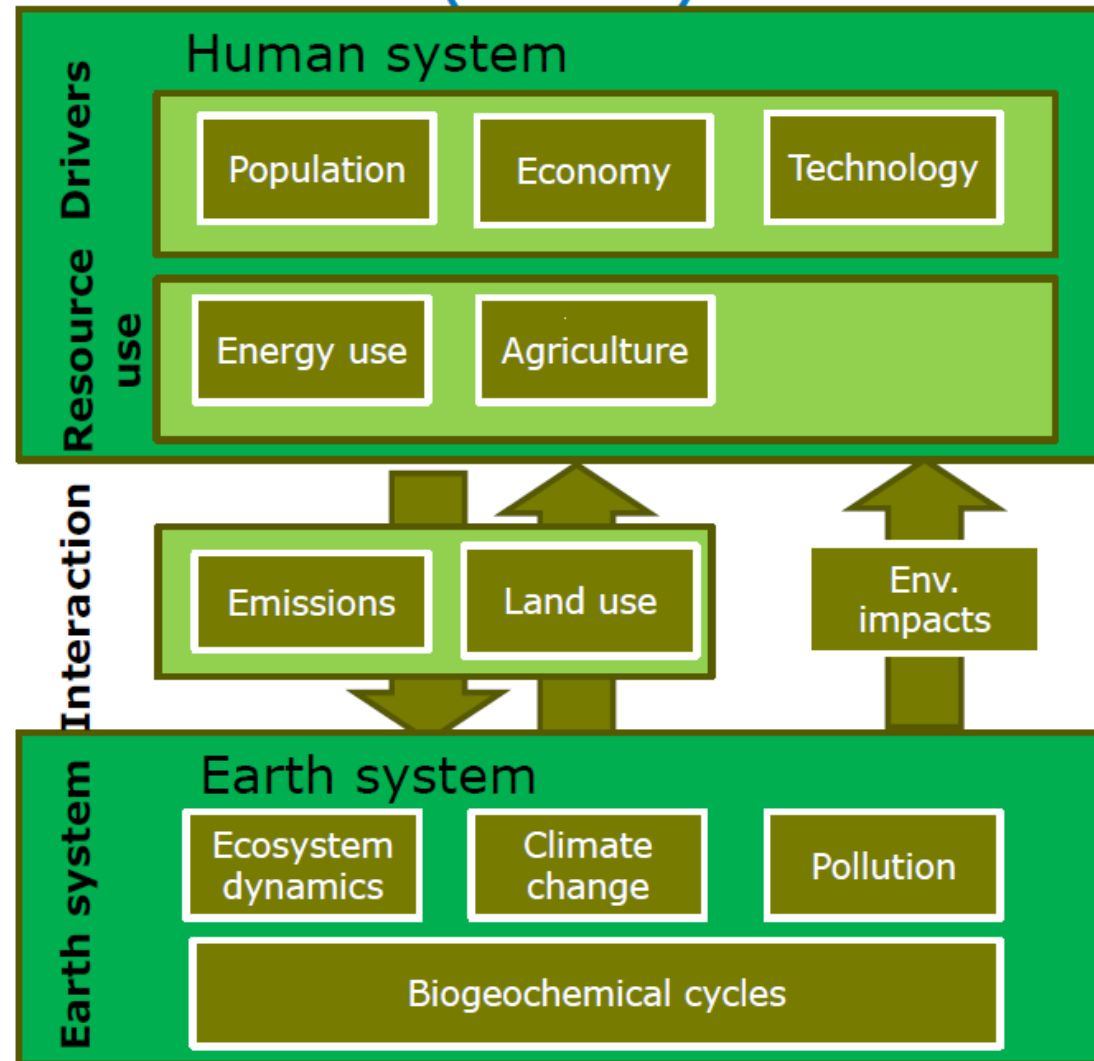
a)



b)

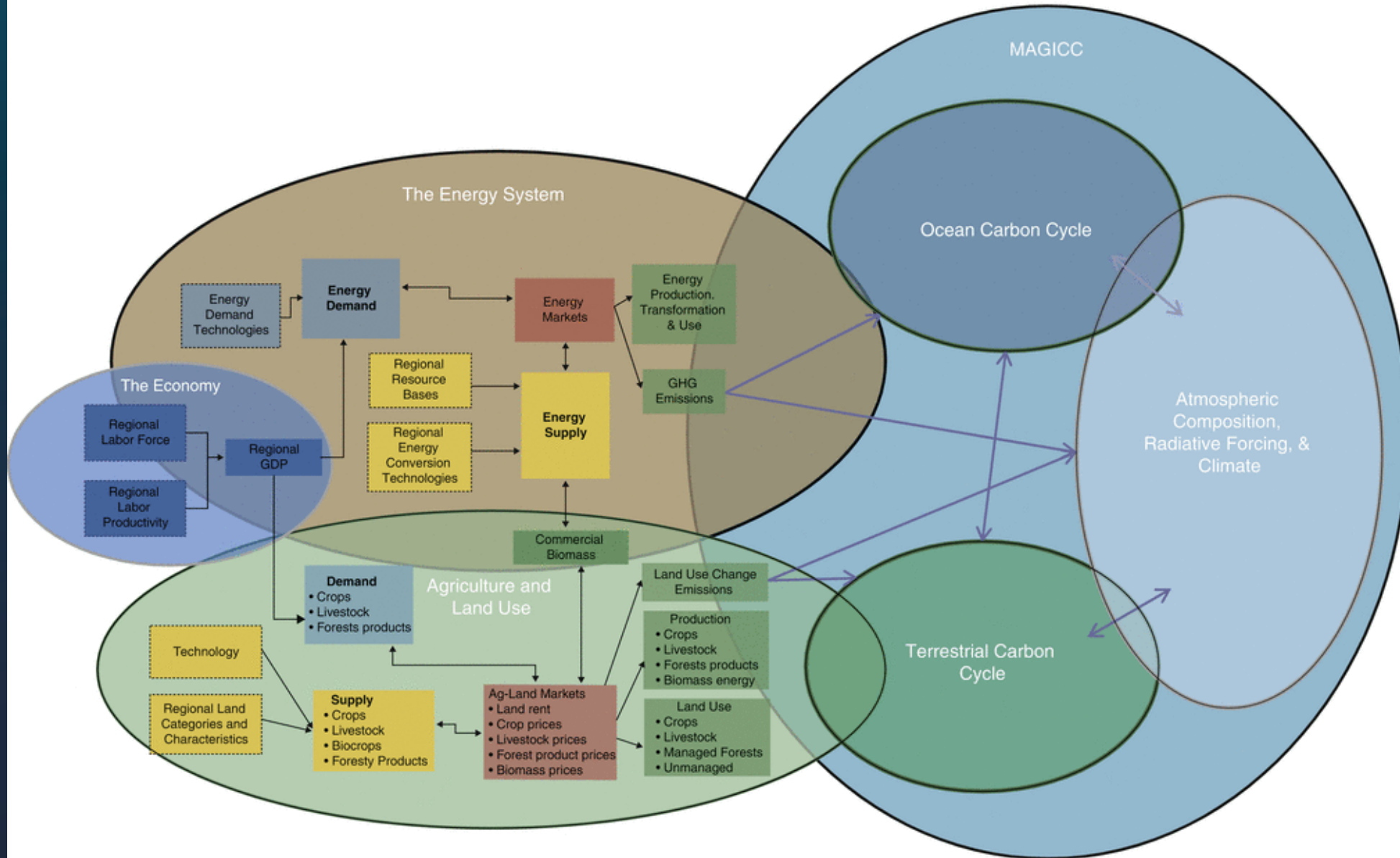
# Integrated Assessment Models (IAMs)

- Interaction of **human system** and environmental system
- **Integration** across different issues
- Focused on decisions processes (**assessment**)
- Originally developed to evaluate climate policy –
- more and more used to look into linkages between environmental issues ↔ development topics
- Important examples: IMAGE (PBL), REMIND (PIK), MESSAGE (IIASA)





# GCAM Human and Natural Earth Systems





**CONSEJO MONETARIO  
CENTROAMERICANO** 60  
AÑOS  
Secretaría Ejecutiva



**PINCC**  
Programa de Investigación  
en Cambio Climático



## **Taller: Análisis del riesgo proveniente del cambio climático y la pérdida de naturaleza**

### Introducción a los modelos de clima y modelos de evaluación integrada

Dr. Francisco Estrada Porrúa

Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM