

# Riesgo e incertidumbre en pesquerías bajo condiciones de cambio climático

J.C. Seijo  
Universidad Marista de Mérida

Foro-Coloquio sobre Cambio Climático, Pesquerías y Acuacultura  
INP-INE, Ciudad de México

Octubre 13, 2008

# Cambio climático y pesquerías: evidencias reportadas (FAO, 2008)

- El cambio climático está **modificando la distribución de especies** marinas y de agua dulce
- Las especies están siendo **desplazadas hacia los polos** y están experimentando cambios en el tamaño y productividad de sus hábitats
- La **productividad de los ecosistemas** se espera se reduzca en la mayoría de los océanos tropicales y sub-tropicales y se incremente en latitudes altas.
- Temperaturas más altas en ecosistemas marinos y de agua dulce afectarán los **procesos fisiológicos de las especies** resultando en efectos positivos y negativos para las pesquerías.

# Evidencias recientes...

- El cambio climático está afectando ya la **estacionalidad de procesos biológicos** alterando las cadenas tróficas con consecuencias impredecibles para la producción pesquera.
- **Crecientes riesgos** de invasión de especies y la diseminación de enfermedades transmitidas por vectores.
- El diferencial en el calentamiento de los continentes y los océanos y entre regiones polares y tropicales afectarán las la **intensidad, frecuencia y estacionalidad de los patrones climáticos** (ej. El Niño) y eventos extremos (ej. inundaciones, sequías, tormentas) afectando la estabilidad de recursos marinos y de agua dulce afectados por éstos.
- El **incremento en el nivel del mar, deshielos glaciares, acidificación de los océanos y cambios en la precipitación**, aguas subterráneas y flujos de los ríos afectarán significativamente arrecifes de coral, humedales, ríos , lagunas y esteros.



# Posibles impactos del cambio climático en pesquerías (Sharp, 2003, FAO, 2008)

## *Cambios en la **abundancia** de las especies*

- Efectos en los patrones de reproducción y reclutamiento
- Efectos en el crecimiento individual
- Efectos en la productividad de los ecosistemas marinos que sustentan las pesquerías

## *Cambios en la **disponibilidad** de las especies*

- Efectos en la distribución espacial de los recursos
- Efectos en la distribución espacial de la intensidad de pesca

# Cambio climático y el incremento de la incertidumbre en pesquerías

- El cambio climático **incrementará la incertidumbre** de la producción pesquera imponiendo nuevos retos a la evaluación de los riesgos usualmente estimados a partir del conocimiento de las probabilidades de ocurrencia de eventos pasados.
- Los **escasos datos históricos sobre posibles efectos del cambio climático** sobre las pesquerías no serán adecuados para guiar las expectativas futuras.

# Acciones para mitigar los efectos (FAO, 2008)

- Las **proyecciones sobre los niveles de producción pesquera** deberán considerar predicciones probabilísticas de cambio climático en el contexto de sustanciales incertidumbres ecológicas y de manejo de recursos.
- Se requerirán predicciones detalladas sobre los **niveles de impacto** en pesquerías.



# Desarrollo de herramientas para la toma de decisiones bajo incertidumbre

- Las incertidumbres adicionales a las reportadas por Hilborn y Peterman (1996) que enfrentarán los responsables del manejo de pesquerías incluyen:
  - (i) Las **respuestas y adaptaciones** de las pesquerías a los cambios graduales del clima,
  - (ii) Las **interacciones sinérgicas entre el cambio climático y otros estresores** tales como uso costero del agua, eutroficación, sobrepesca y contaminación generada por prácticas agrícolas y pecuarias inadecuadas y
  - (iii) La **habilidad y resiliencia de los sistemas de producción pesquera y las comunidades humanas** costeras para sobreponerse a estresores múltiples.

# Riesgo e incertidumbre

- Riesgo: probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado
- Incertidumbre: conocimiento incompleto respecto de un proceso o estado de la naturaleza
- Incertidumbre estadística: estocasticidad o error proveniente de varias fuentes



# Una pregunta básica...

¿Cómo incorporar al **análisis del riesgo de decisiones alternativas** de manejo de pesquerías las crecientes incertidumbres inherentes al cambio climático?

# Dos posibilidades complementarias

- A través de estimar las probabilidades de exceder puntos de referencia límite (PRL) en variables de desempeño
- A través de *tablas de decisión construidas con y sin* probabilidades matemáticas

# Establecer puntos de referencia límite y objetivo

- Especificar puntos de referencia
- Identificar parámetros críticos e inciertos
- Generar variables aleatorias para representar los parámetros inciertos con la función de densidad probabilística adecuada y la correspondiente varianza



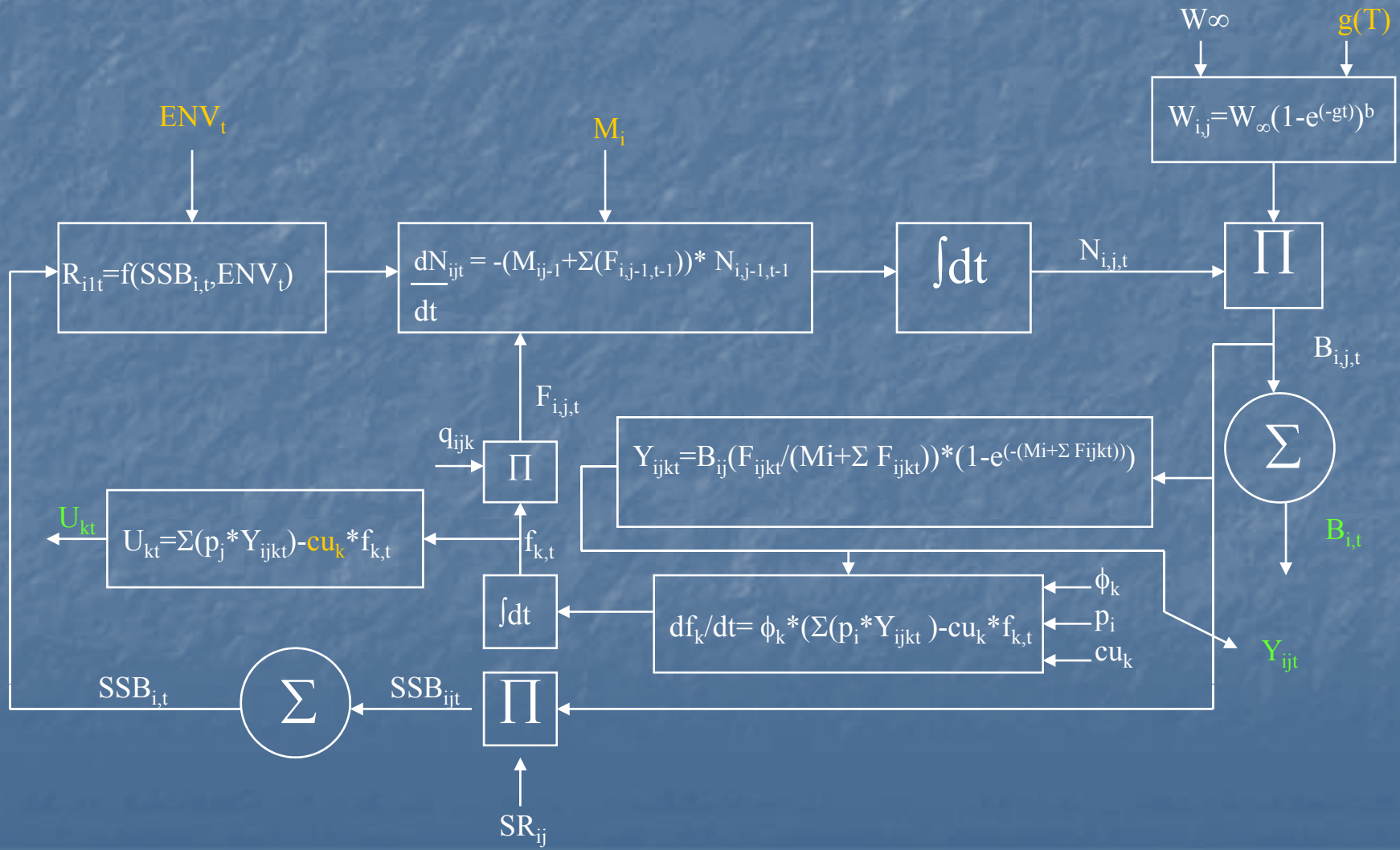
# Análisis de riesgo

- Utilizar análisis de Monte Carlo para estimar:
- (i) la probabilidad de exceder puntos de referencia límite con estrategias alternativas de ordenación
- (ii) la probabilidad de lograr puntos de referencia objetivo

# ¿Cómo hacer este enfoque precautorio operacional?

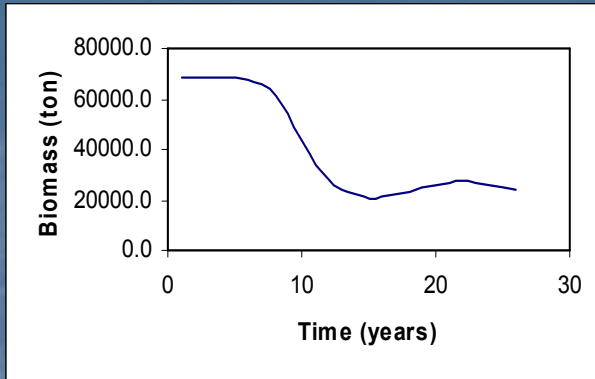
- Realizar evaluación robusta de la pesquería
- Especificar modelo matemático
- Estimar parámetros
- Construir hoja de cálculo para llevar a cabo el análisis dinámico del sistema
- Utilizar una herramienta sencilla de análisis de riesgo (e.g. Crystal Ball) fusionada a la hoja de cálculo para conducir el análisis de Monte Carlo.

# Modelo de la pesquería y el efecto de Cambio climático

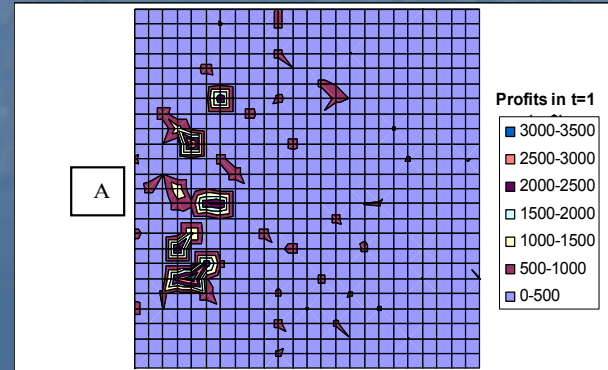
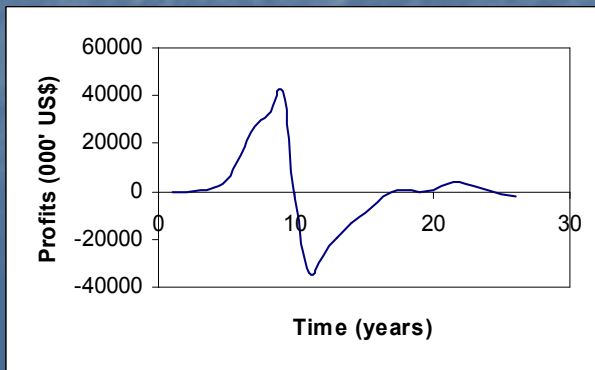
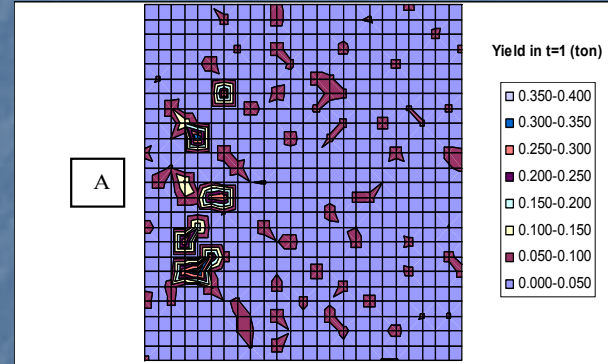
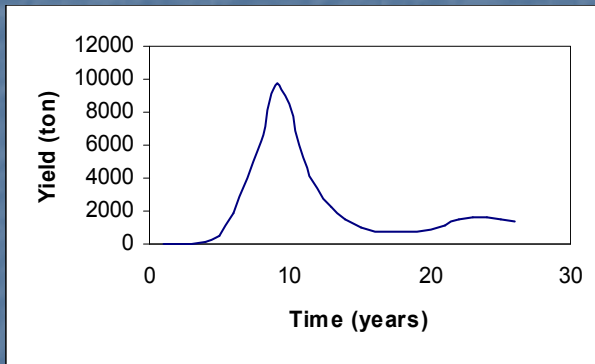
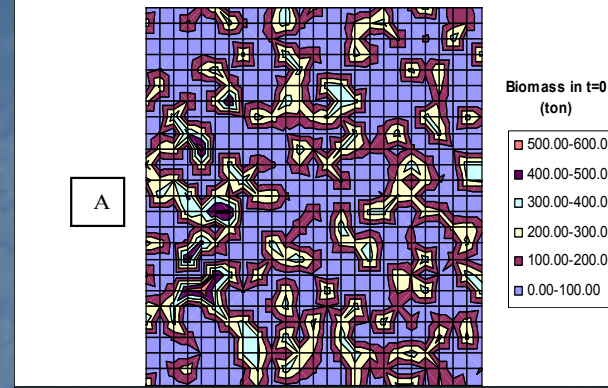




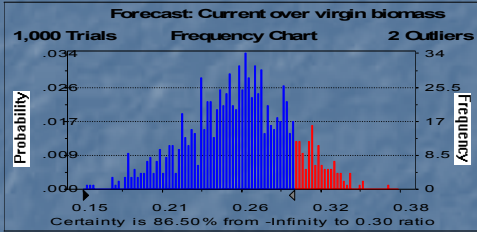
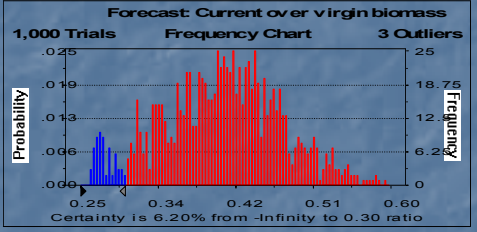
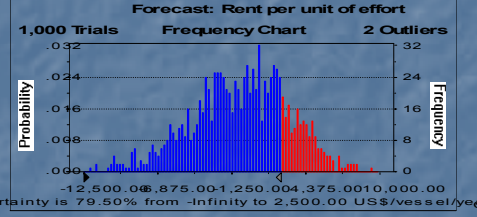
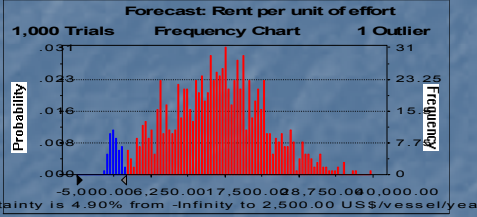
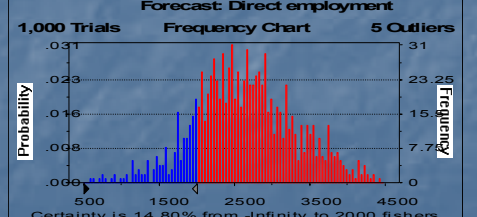
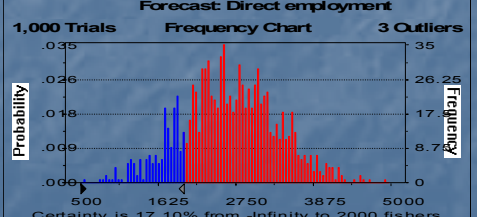
## Bioeconomic variables over time



## Bioeconomic variables over space



# Una ilustración sencilla...

Indicators of Fishery dimension	Limit reference point (LRP)	Risk of exceeding LRP with decision $D_1 = 610$ boats	Risk of exceeding LRP with decision $D_2 = 525$ boats
<b><i>Biologic</i></b>  Current over initial biomass of target species: $B_t/B_\infty$	LRP = 0.3		
<b><i>Economic</i></b>  Profits per unit of effort: $\pi/f$	LRP = 2500 (US\$/boat/year)		
<b><i>Social</i></b>  Direct fishery employment	LRP = 2000 (fishers)		

## Tablas de decisión con probabilidades: Criterio Bayesiano

- Procedimiento que utiliza distribuciones *previas* para ayudar en la selección de la estrategia de manejo.
- El principio Bayesiano le indica al decisor que seleccione aquella decisión que minimiza el valor esperado de la pérdida de oportunidades.



# Ejemplo Ilustrativo

## Tabla de decisión

Decisión de Ordenación	E. N. 1 $P_1=0.75$	E.N. 2 $P_2=0.25$	Valor Esperado	Varianza
$d_1$	-30	400	77.5	34668
$d_2$	80	150	97.5	918
$d_3$	50	300	112.5	11719

E.N.: Estado de la naturaleza (M, K, R) afectado por el cambio climático

# Criterio Bayesiano

## Matríz de Pérdida de Oportunidades

Decisión de Ordenación	E. N. 1 $P_1=0.75$	E.N. 2 $P_2=0.25$	Valor Esperado
$d_1$	$80 - (-30) = 110$	$400 - 400 = 0$	82.5
$d_2$	$80 - 80 = 0$	$400 - 150 = 250$	62.5
$d_3$	$80 - 50 = 30$	$400 - 300 = 100$	47.5

# Tablas de decisión sin probabilidades: Criterio Minimax

- Estimar la máxima pérdida de oportunidades de cada estrategia de manejo y seleccionar aquella que proporciona la mínima máxima pérdida.
- Proceder como si la naturaleza seleccionara una distribución de probabilidad, definida para los posibles estados, la cual es la “menos favorable” para el decisor.



# Criterios **sin** probabilidades

## Minimax

### Matríz de Pérdida de Oportunidades

Decisión de Ordenación	E. N. 1	E.N. 2	Máxima pérdida de oportunidad
$d_1$	$80 - (-30) = 110$	$400 - 400 = 0$	110
$d_2$	$80 - 80 = 0$	$400 - 150 = 250$	250
$d_3$	$80 - 50 = 30$	$400 - 300 = 100$	100

# Criterios **sin** Probabilidades

## Criterio Maximin

### Tabla de decisión

Decisión de Ordenación	E. N. 1	E.N. 2	Mínimo Valor de desempeño
$d_1$	-30	400	-30
$d_2$	80	150	80
$d_3$	50	300	50

# Criterios **sin** Probabilidades

## Criterio Maximax

### Tabla de decisión

Decisión de Ordenación	E. N. 1	E.N. 2	Máximo Valor de Desempeño
<b>d<sub>1</sub></b>	-30	400	<b>400</b>
d <sub>2</sub>	80	150	150
d <sub>3</sub>	50	300	300



# Posibles líneas de investigación pesquera asociadas al cambio climático

Se sugiere dar atención a las siguientes líneas:

- Evaluación de posibles cambios en los patrones de abundancia y disponibilidad de los recursos ante cambios físico-químicos del ecosistema acuático.
- Evaluación de posibles cambios en la distribución espacial de la intensidad de pesca
- Investigación sobre los efectos de las pesquerías en los ecosistemas costeros
- Análisis de riesgo e incertidumbre en la ordenación espacial (MPA's) de pesquerías.
- Análisis y modelación espacial de pesquerías utilizando sistemas de información geográfica (SIG) y modelación espacial dinámica
- Efectos bioeconómicos de posibles cambios en la localización de áreas fuente y sumidero en metapoblaciones marinas

Gracias