

# Decisiones de Inversión en Infraestructura en Largo Plazo y bajo Incertidumbre



This project was undertaken with the financial support of:

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier de :



Environment  
Canada

Environnement  
Canada



# Metodología General de Preparación y Evaluación Social de Proyectos

- **Metodología de Evaluación Social de Proyectos**

- Diagnóstico de la Situación Actual
  - Identificación del problema a resolver
- Identificación de Alternativas
  - Optimización Situación Actual
  - Configuración de Alternativas de Solución
    - Tamaño
    - Localización
    - Tecnología
    - Momento óptimo de inversión

# Metodología General de Preparación y Evaluación Social de Proyectos

- **Metodología de Evaluación Social de Proyectos**
  - Evaluación del Proyecto
    - Beneficio – Costo
  - Indicadores de Rentabilidad
    - Valor Actual Neto
    - El criterio de decisión al utilizar el VAN es el siguiente:
      - - Si el VAN es positivo: es conveniente ejecutar el proyecto
      - - Si el VAN es igual a 0: es indiferente ejecutar el proyecto
      - - Si el VAN es negativo: no es conveniente ejecutar el proyecto

# Metodología General de Preparación y Evaluación Social de Proyectos

- **Metodología de Evaluación Social de Proyectos**

- Evaluación del Proyecto

- Beneficio – Costo

- Indicadores de Rentabilidad

- Tasa Interna de Retorno

- El criterio de decisión al aplicar la TIR es el siguiente:

- Si la TIR es mayor que la tasa social de descuento: es conveniente ejecutar el proyecto
- Si la TIR es igual que la tasa social de descuento: es indiferente ejecutar el proyecto
- Si la TIR es menor que la tasa social de descuento: no es conveniente ejecutar el proyecto

# Metodología General de Preparación y Evaluación Social de Proyectos

- **Metodología de Evaluación Social de Proyectos**
  - Temas no resueltos
    - Tasas de descuentos en el muy largo plazo
      - Decisiones de inversión en adaptación frente a impactos del Cambio Climático
    - Aplicación bajo condiciones de incertidumbre

# Metodología General de Preparación y Evaluación Social de Proyectos

- Impacto Tasas de descuentos

Sector	Año 2070					
	Tasa de descuento 0,5%		Tasa de descuento 2%		Tasa de descuento 4%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
<b>Total Impactos Directos</b>	40%	18%	23%	11%	12%	7%
<b>Total Impactos Indirectos</b>	22%	10%	13%	7%	7%	4%
<b>Total Impactos</b>	62%	28%	35%	18%	18%	11%
Sector	Año 2100					
	Tasa de descuento 0,5%		Tasa de descuento 2%		Tasa de descuento 4%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
<b>Total Impactos Directos</b>	100%	32%	41%	16%	16%	8%
<b>Total Impactos Indirectos</b>	52%	15%	22%	8%	9%	4%
<b>Total Impactos</b>	152%	47%	63%	24%	25%	12%

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Nordhaus (1999) señala que manipulación ad-hoc de las tasas de descuento es un muy mal sustituto de políticas de largo plazo
  - Se deben mostrar claramente los trade-offs
  - Hacer transparentes los costos de invertir
- **Equidad intergeneracional**
  - Dentro de un período de tiempo, si hay o no compensación se resuelve en el sistema político o judicial
  - Intergeneracionalmente, sin embargo, en dicho contrato social no participan con igual poder las generaciones futuras

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Modelo de Ramsey-Koopmans
  - Cuánto ahorrar para el futuro, como fracción del ingreso nacional
  - Bienestar intergeneracional es suma de los niveles de bienestar de las distintas generaciones
    - Implica tasa de descuento = 0
- Koopmans demostró que tasa descuento debe ser positiva si se cumplen dos condiciones éticas mínimas
- Continuidad y
- Paretianismo

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Surge la pregunta de si la tasa de descuento es constante o decreciente a través del tiempo
  - 1 dólar en 200 años más se perciba hoy como muy parecido a 1 dólar en 250 años más
  - No sabemos como estarán las tasas de interés de los bancos en esa fecha
  - Observación empírica que las personas descuentan el futuro en forma hiperbólica
    - descontando a tasas mayores los flujos más cercanos y a tasas interanuales menores los flujos más lejanos (Dasgupta, 2001)

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Newell y Pizer (2000) proveen otra argumentación para sustentar la idea de tasas decrecientes a través del tiempo
  - Cuando existe incertidumbre respecto a las tasas de interés, y
  - Si éstas están altamente relacionadas a través del tiempo
  - Entonces el futuro distante se debe descontar a tasas menores que la tasa actual

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Weitzman (2001)

“aún cuando todos los individuos creyeran en tasas de descuento constantes, la gran variedad de opiniones acerca de cuál valor tomar hace que la tasa social de descuento efectiva disminuya en forma considerable a través del tiempo”.

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Propone Metodología Gamma Discounting (Weitzman, 2001)

t	Tasa de Descuento Instantánea R(t)
0	4,00%
6	3,52%
15	2,99%
27	2,49%
45	1,99%
74	1,50%
134	1,00%
308	0,50%

# Tasas de Descuento de Largo Plazo

- Aplicación Metodología Gamma Discounting Chile (Edwards, 2002)

Año	Estudio Weitzman R(t)	Este Estudio (1) R(t)	Este Estudio (2) R(t)
0	4,00%	7,37%	7,08%
2	3,83%	7,19%	6,93%
4	3,67%	7,03%	6,78%
6	3,52%	6,87%	6,64%
8	3,39%	6,72%	6,50%
10	3,27%	6,58%	6,38%
30	2,39%	5,41%	5,31%
50	1,88%	4,60%	4,56%
100	1,23%	3,35%	3,36%
300	0,52%	1,60%	1,64%
500	0,33%	1,05%	1,08%



# Modelo de Decisión Estándar

- Análisis estándar de costo-beneficio usando VAN
  - La inversión es rentable si  $VPB > Inversión$ .
  - No es aplicable bajo condiciones de incertidumbre
- Incertidumbre Proyecto
  - Un Proyecto presenta incertidumbre cuando una o más variables del flujo de caja son estocásticas.

# Modelo de Decisión Estándar

- Incertidumbre Proyecto
  - Análisis de sensibilidad
    - Solo un parámetro a la vez, y
    - No trabaja con las distribuciones de probabilidad de las variables estocásticas
  - Análisis de Escenarios
    - Soluciona el problema de variar un parámetro a la vez
    - Complejidad crece exponencialmente con # parámetros que se varían
    - No trabaja con las distribuciones de probabilidad de las variables estocásticas

# Modelo de Decisión Estándar

- Incertidumbre Proyecto
  - Simulación de Montecarlo
    - Recrea el comportamiento del sistema, evaluando un gran número de escenarios de las variables estocásticas y de las relaciones de interdependencia entre ellas
    - Basa en distribución de probabilidades empíricas de las variables más importantes
    - Estas se emplean para generar valores aleatorios
    - Se estima un VAN para cada simulación
    - Se estima la distribución probabilística del VAN

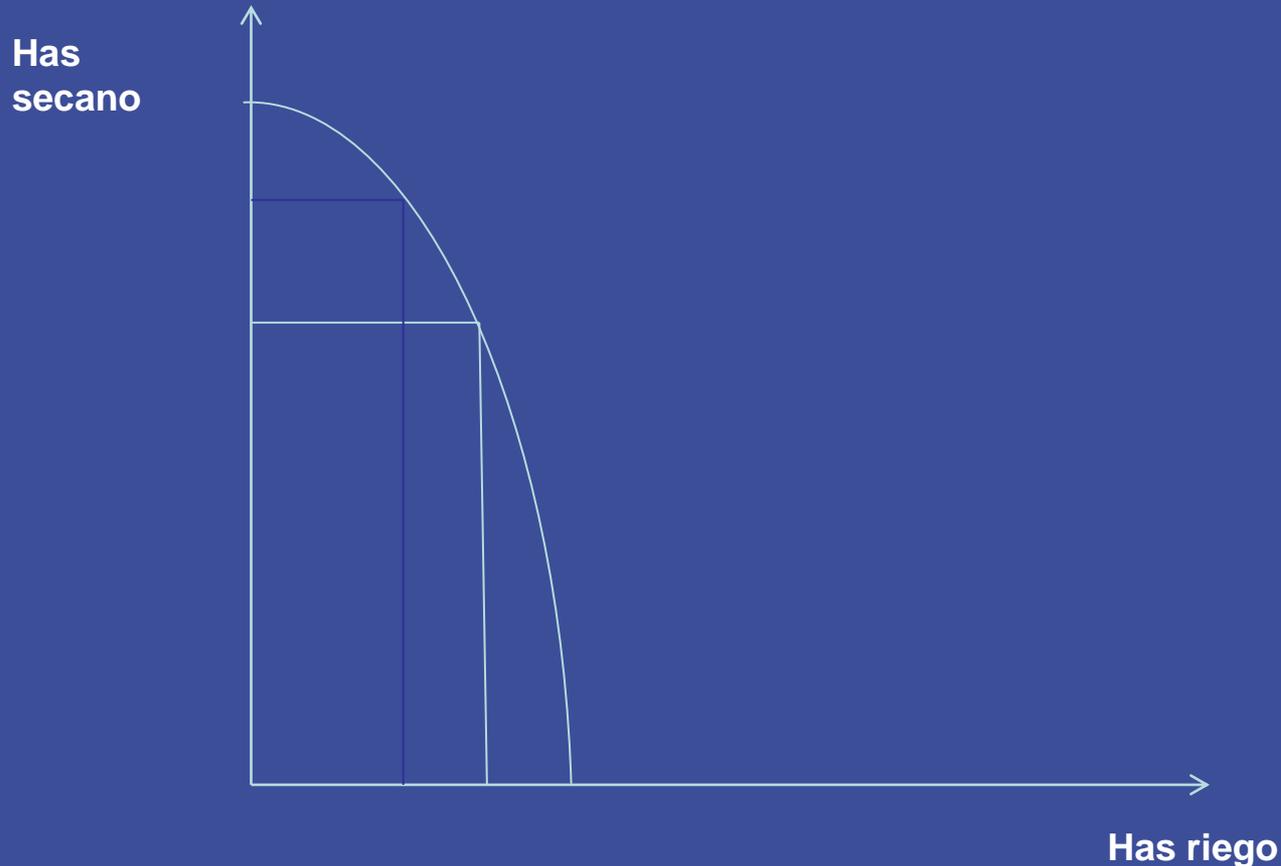
# Modelo de Decisión Estándar

- Incertidumbre Proyecto
- Supuestos sobre función de producción
  - Función de producción estocástica
    - Chambers and Quiggin (2000) critican esta aproximación dado que model es poco flexible y no permite capturar temas críticos respecto a las decisiones bajo incertidumbre.
    - Políticas se centran en reducir fuentes de incertidumbre
    - Criticado por economistas tales como Freebairn (1983) ya que desincentiva a los productores a prepararse para sequías
    - Genera sistemas de producción inflexibles de alto costo frente a eventos extremos

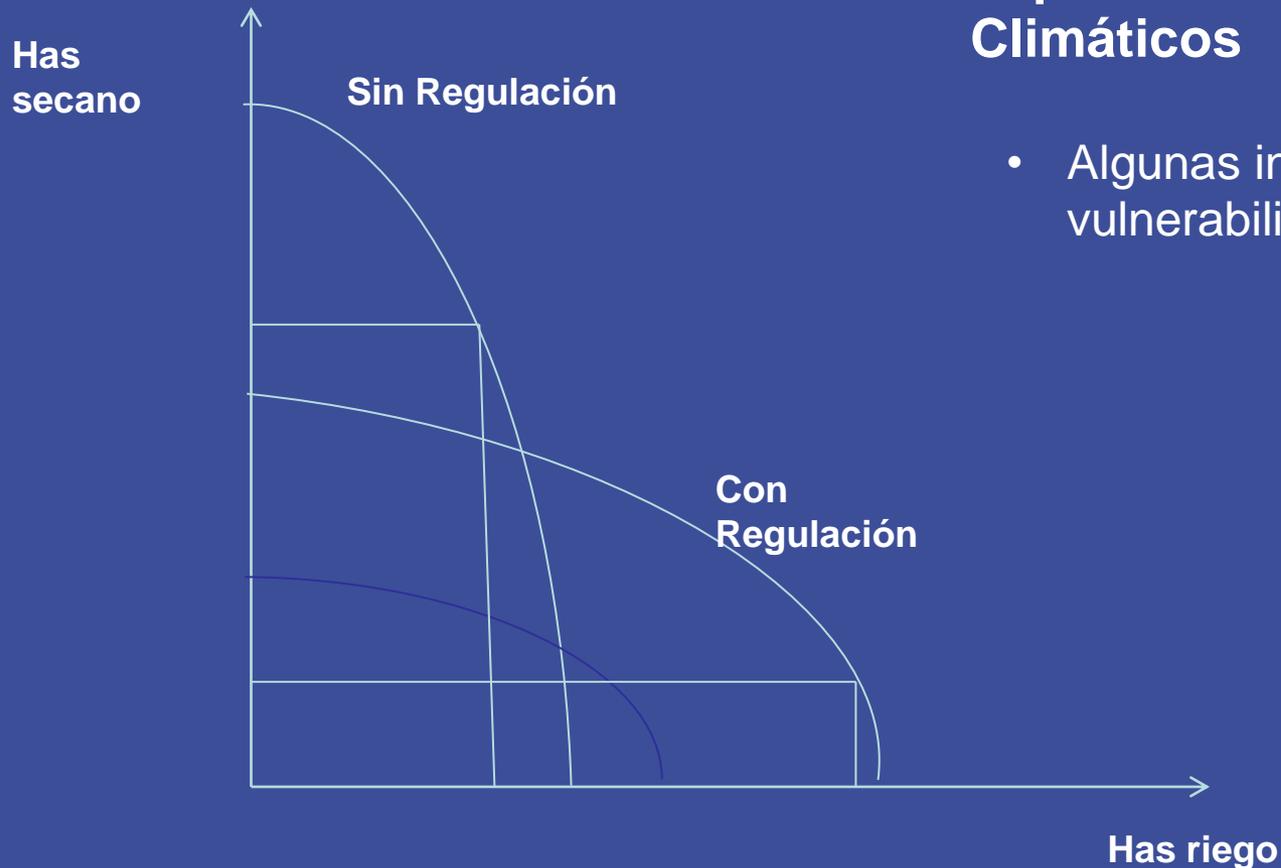
## Función de producción contingente al estado de naturaleza (State Contingent Technology)

- Se deriva la frontera de producción dependiente del estado de naturaleza
  - Considere Distribución Probabilística Conjunta de
    - Precipitaciones
    - Caudales disponibles
- Frontera de producción establece combinación de hectáreas de secano y de riego para cada estado de naturaleza factible

# Función de producción contingente al estado de naturaleza (State Contingent Technology)



# Función de producción contingente al estado de naturaleza (State Contingent Technology)



- **Impactos futuros Cambio Climáticos**

- Algunas inversiones aumentan vulnerabilidad población

# Modelo de Decisión en base a Opciones

- Dixit y Pindyck (1994) desarrollaron la teoría de inversión óptima bajo incertidumbre cuando existe irreversibilidad basado en método de opciones de Black and Scholes (1973).

# Modelo de Decisión en base a Opciones

- La teoría de opciones tiene un origen puramente financiero
- Usa ampliamente como estrategia de cobertura de riesgos para inversiones
- Decisión de invertir puede ser alterada por:
  - Irreversibilidad
  - Incertidumbre
- Permite incorporar flexibilidad
  - Momento óptimo de inversión
  - Dimensión óptima

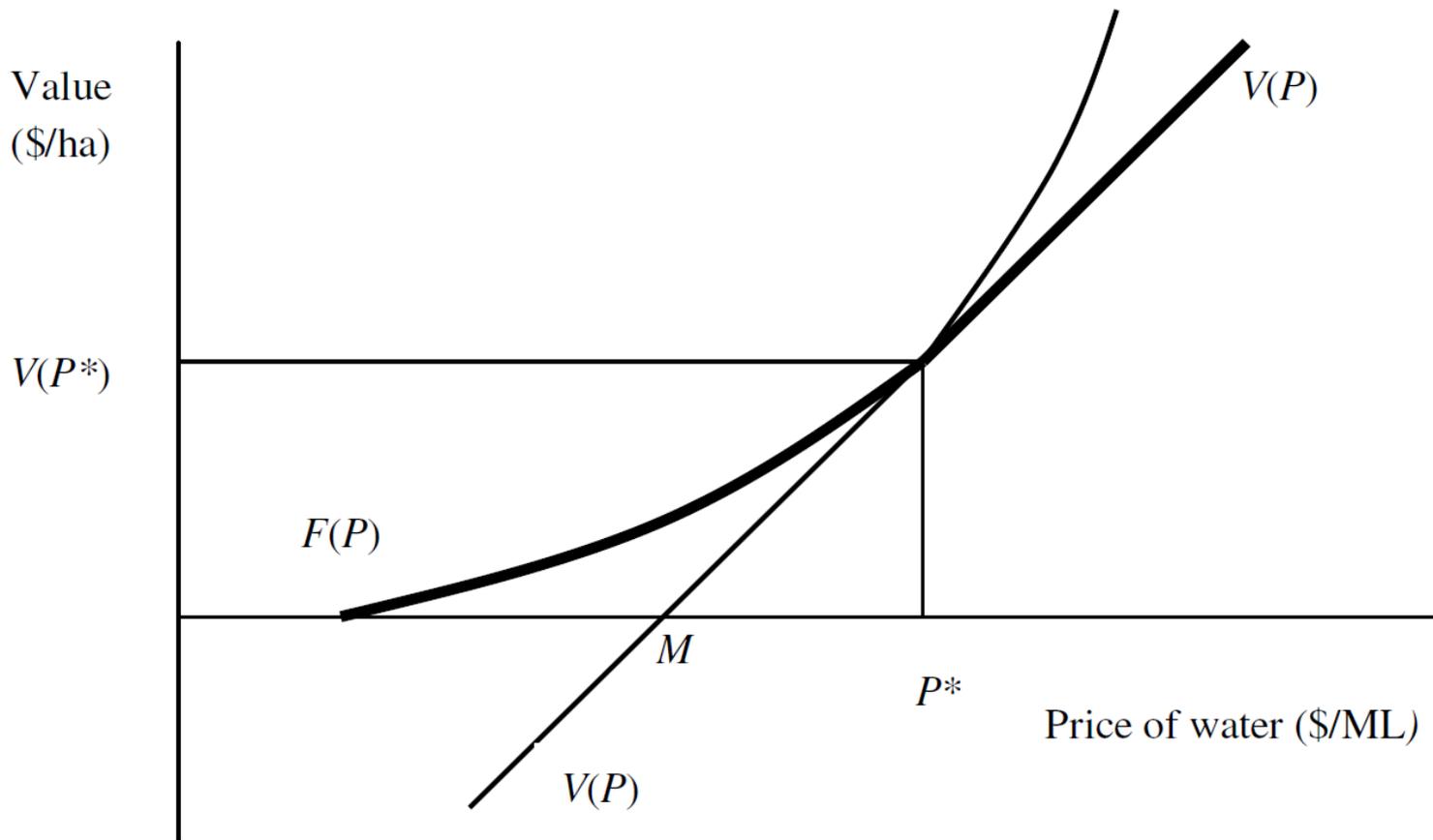
# Modelo de Decisión en base a Opciones

- Flexibilidad Proyecto Inversión
  - Posibilidad de adelantar o atrasar inversión
  - Ampliar o reducir escala
- Considera el valor de poseer flexibilidad de adaptación hasta alcanzar el mejor conocimiento del entorno

# Modelo de Decisión en base a Opciones

- Ejemplo: Momento óptimo de inversión embalse
  - Valora beneficios del embalse a través del valor del agua (P)
  - El valor de postergar la inversión en un período se designa por  $F(P)$ , el cual depende del valor del agua.
  - $V(P)$  representa el VAN de la inversión ante distintos valores del agua.
  - El momento óptimo de invertir es cuando el valor de esperar un período adicional se iguala al valor presente de invertir.

# Modelo de Decisión en base a Opciones



# Comentarios Finales

- Metodología de Evaluación Proyectos de Inversión Largo Plazo y Bajo Incertidumbre debiera reformularse considerando
  - Tasa de Descuento de Largo Plazo Decrecientes
  - Modelo de decisión en base a opciones que permite flexibilidad y adaptabilidad a medida que se revela la incertidumbre

# Gracias...

Araucarias en el PN Nahuelbuta

This project was undertaken with the financial support of:  
Ce projet a été réalisé avec l'appui financier de :



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

Centro de  
Cambio Global

UC

