



# Amenazas climáticas y el diseño de ingeniería

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

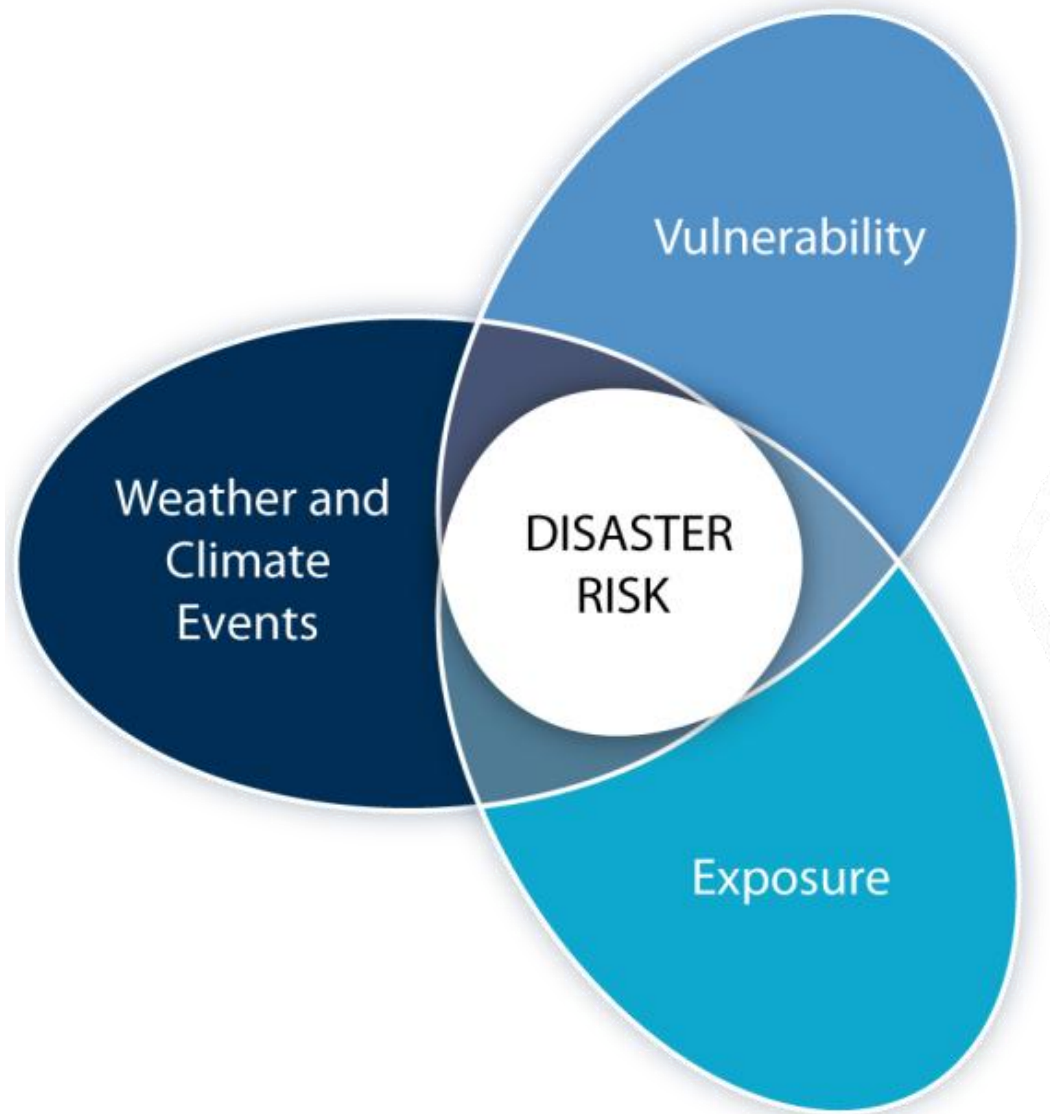


**Seminario “Cambio Climático e Infraestructura”  
Miércoles 21 de Noviembre**

**Jorge Gironás, PhD**

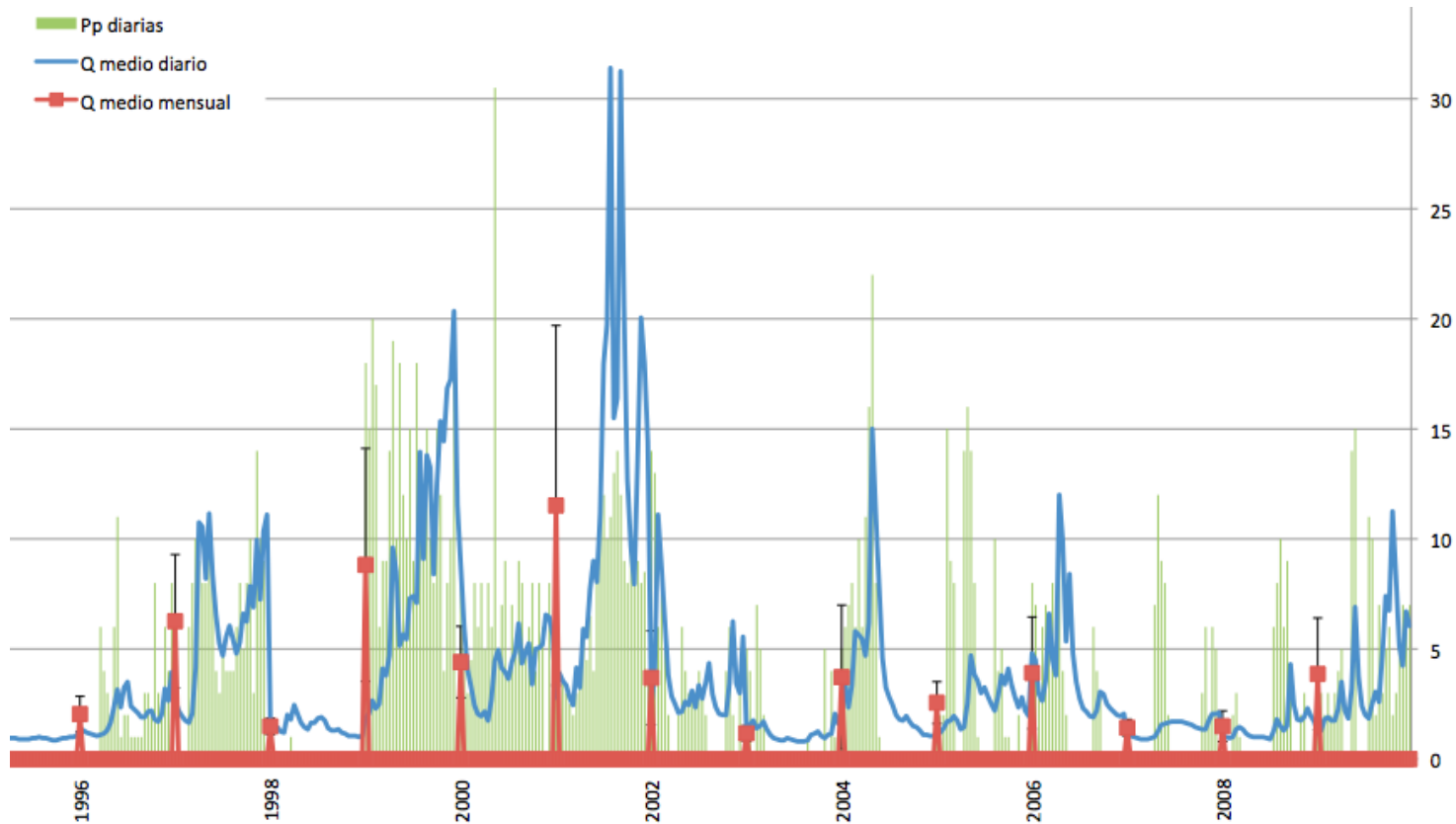
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Centro  
Interdisciplinario de Cambio Global, P. Universidad Católica de Chile

# Amenaza climática



Special IPCC Report on Extreme Events (SREX)

# Amenaza climática



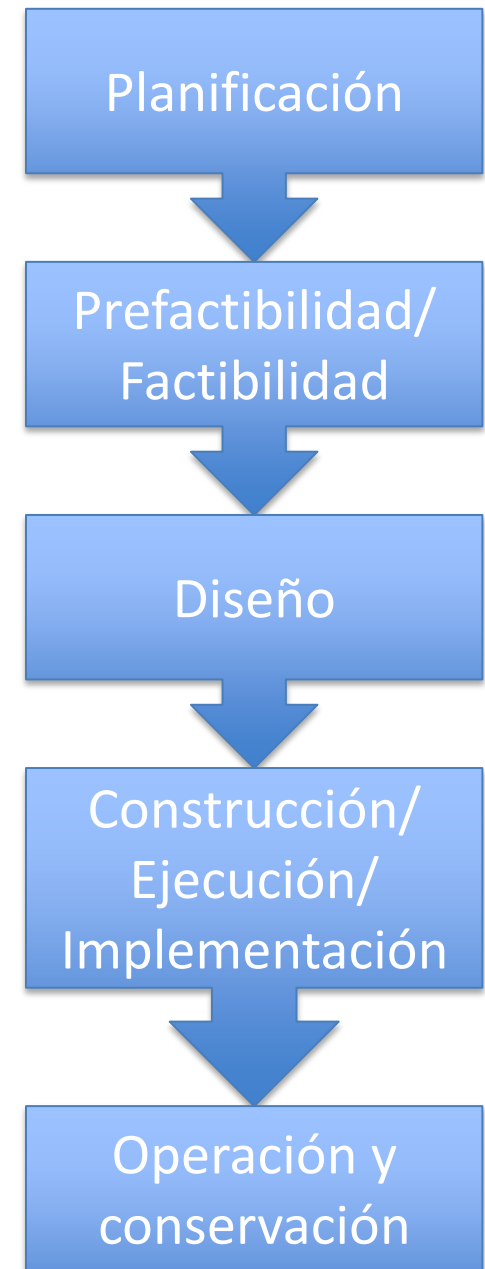
- Fenómenos climáticos presentan alta variabilidad espacial y temporal.
- La escala espacial y temporal es relevante y se vincula fuertemente con el problema de diseño e infraestructura.
- Ejemplos: Terremotos, tsunamies, crecidas, remoción en masa y deslizamientos, erupciones volcánicas, etc.

# Diseño en Ingeniería

“Proceso en el cual se aplican diversas técnicas, metodologías y principios científicos con objeto de definir una obra, dispositivo, proceso o sistema, encaminado a cubrir una cierta necesidad, con el suficiente detalle para permitir su realización”.

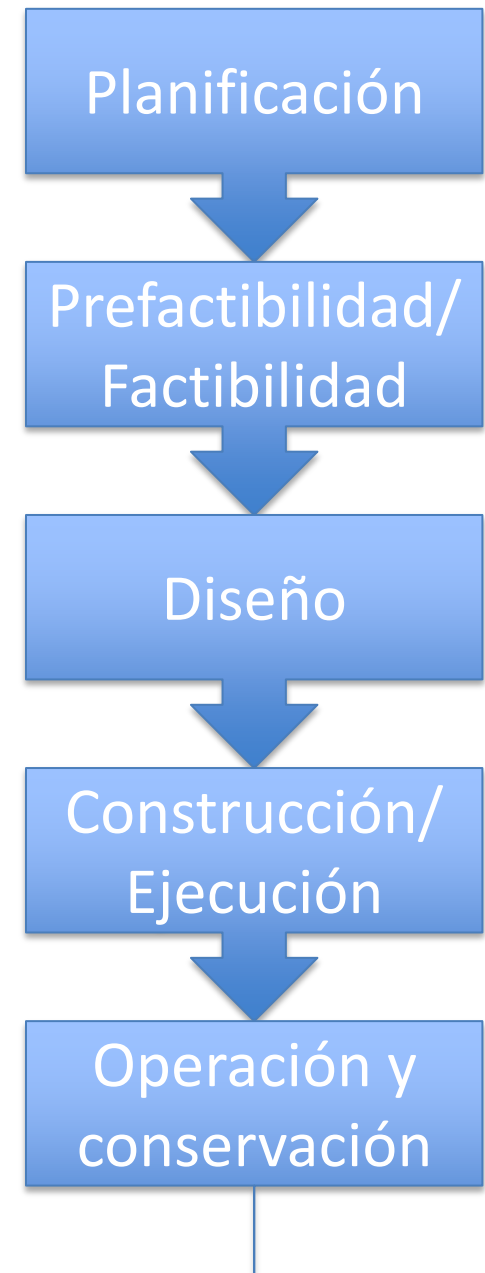
- a) Se satisface una necesidad.
- b) Existe un entorno e interacciones entre los componentes (i.e. un sistema).
- c) Existe un ciclo de vida.
- d) Hay restricciones físicas, económicas, sociales y funcionales.
- e) Actividad creativa y flexible.

Etapas del ciclo de vida de proyectos de infraestructura



# Diseño en Ingeniería

- **Infraestructura:** Soporte material/físico para el desarrollo y correcto funcionamiento de actividades sectoriales y/o productivas y su funcionamiento (i.e. proveedoras de un servicio).
- **Ejemplos:** Transporte, telecomunicaciones, eléctrica, hidráulica.
- Generalmente asociadas a grandes inversiones, y significativos impactos sociales y ambientales.
- Ciclos de vida de proyectos implican una ganancia de experiencia que es formalizada en herramientas perdurables en el tiempo (Manual de Diseño).

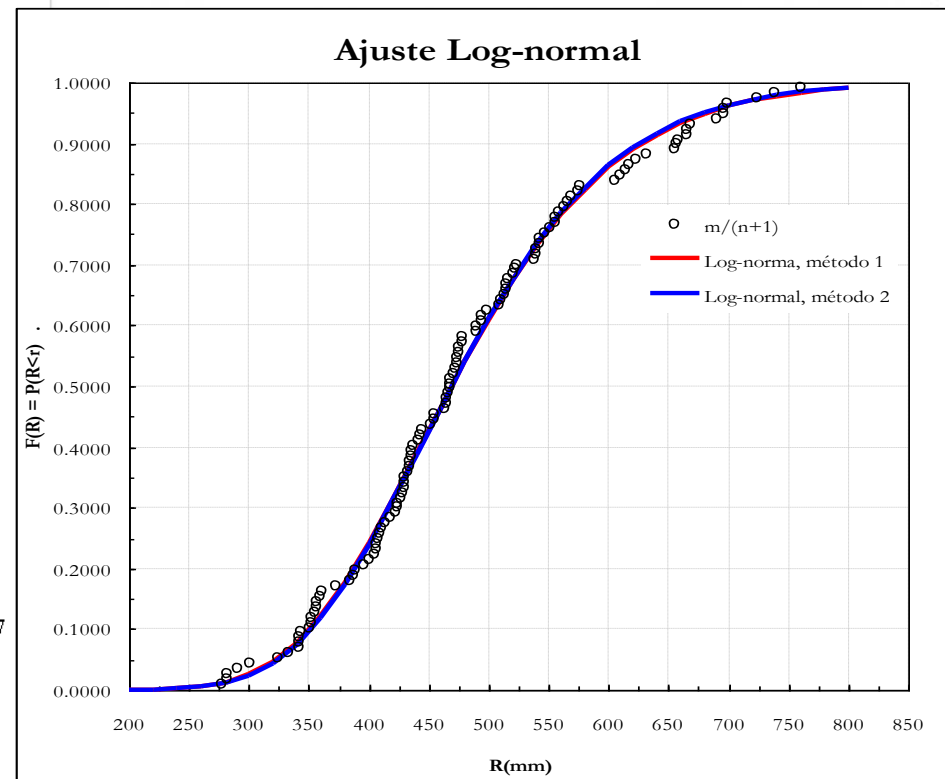
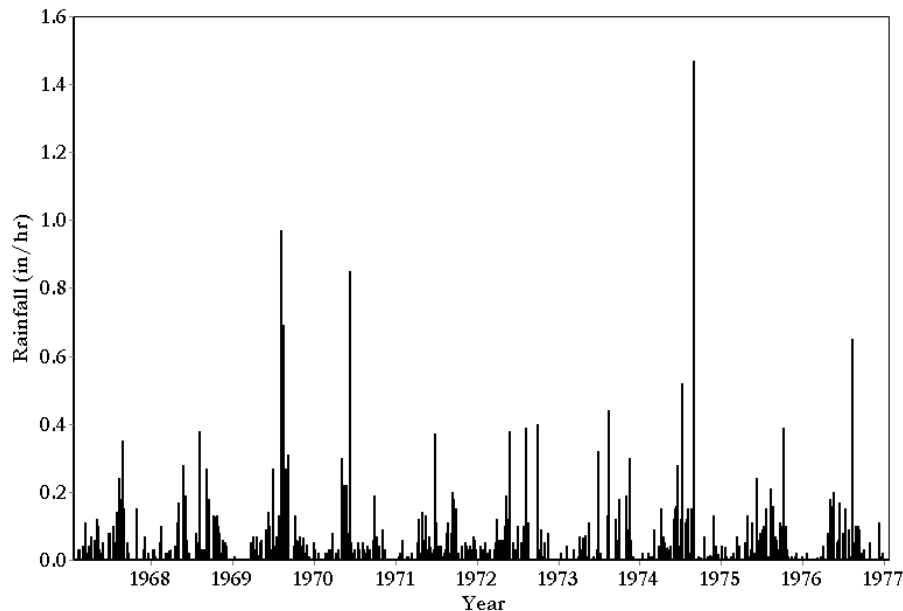


# Diseño y amenaza climática

- La ingeniería constantemente enfrenta problemas de diseño en el contexto de incertidumbre.
- **Cambio climático:** El clima del futuro no es igual al clima del pasado.
  - Clima futuro pareciera ser más variable, con ocurrencia de eventos extremos, y distintas condiciones promedios.
  - Impacto sobre la efectividad de infraestructura e instalaciones influenciadas directa o indirectamente por condiciones meteorológicas.
  - Ejemplos de infraestructura sensible: Abastecimiento y tratamiento de aguas, energía hidroeléctrica, estructuras, puentes, etc.
  - Se deben buscar diseños robustos frente a un rango de condiciones futuras, pero que a la vez se tenga la capacidad de adaptarlos a condiciones no anticipadas a medida que aparecen en el tiempo (flexibilidad).

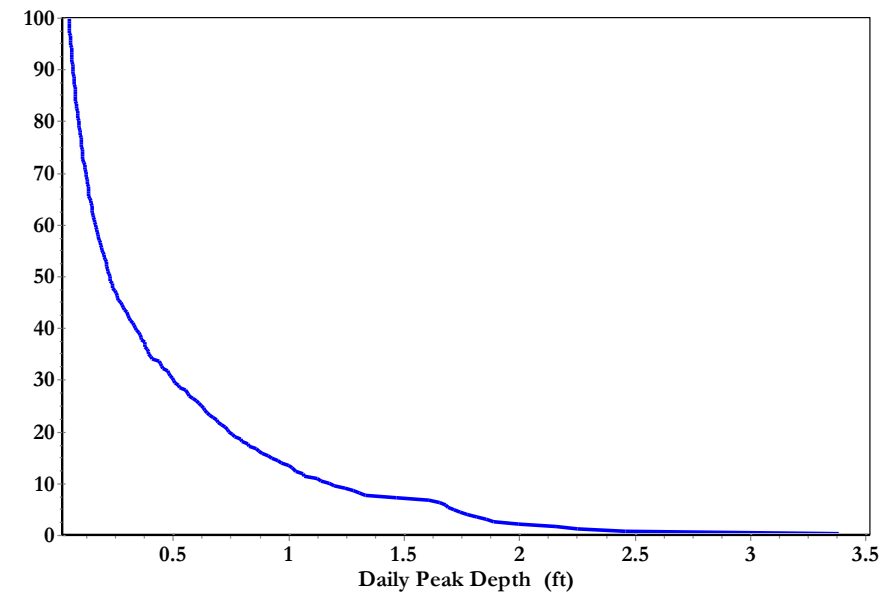
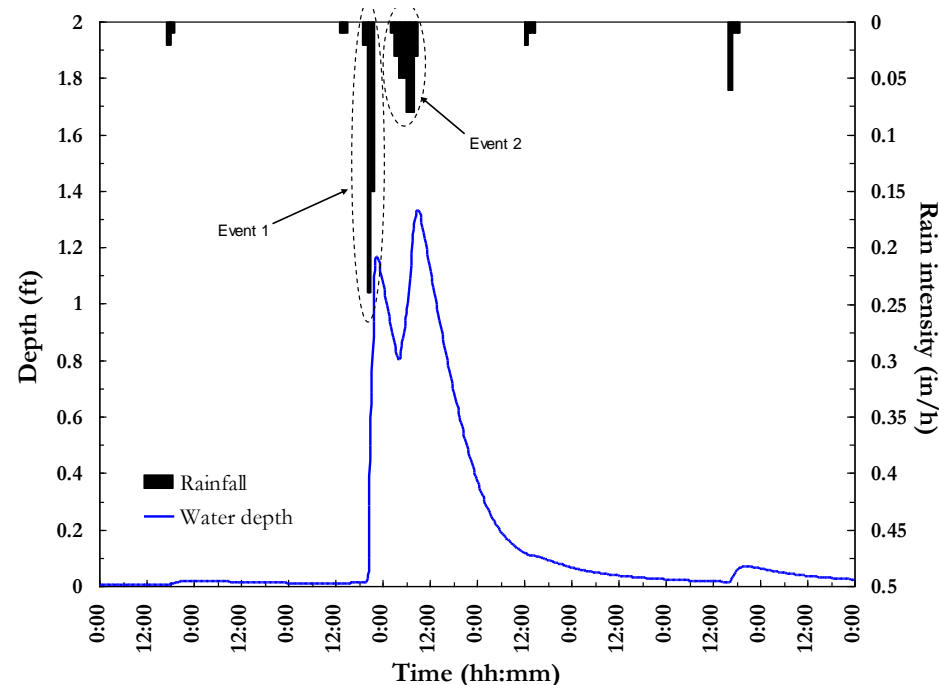
# Caracterización de la amenaza climática en el diseño

- Variabilidad de la amenaza climática y sus características. **Enfoque actual:**
  - Variabilidad futura estimable a partir de condiciones históricas (fenómenos estacionarios).
  - Caracterización estadística que permite estimar periodos de retornos, magnitudes con ciertas probabilidad de ocurrencia, etc.



# Caracterización de la amenaza climática en el diseño

- Variabilidad de la amenaza climática y sus características. **Enfoque actual:**
  - Generación de eventos sintéticos usados en el diseño.
  - Simulación continua y caracterización estadística de los resultados





# Caracterización de la amenaza climática en el diseño

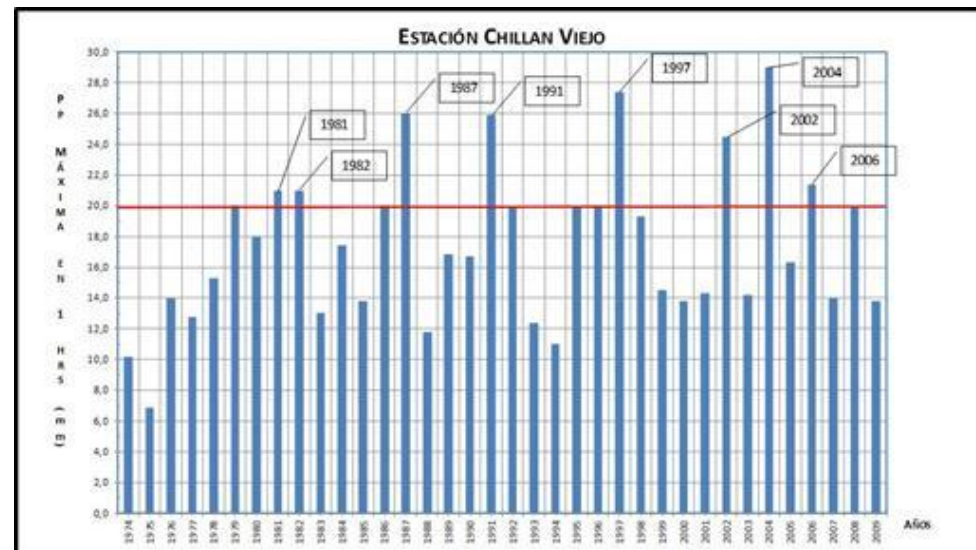
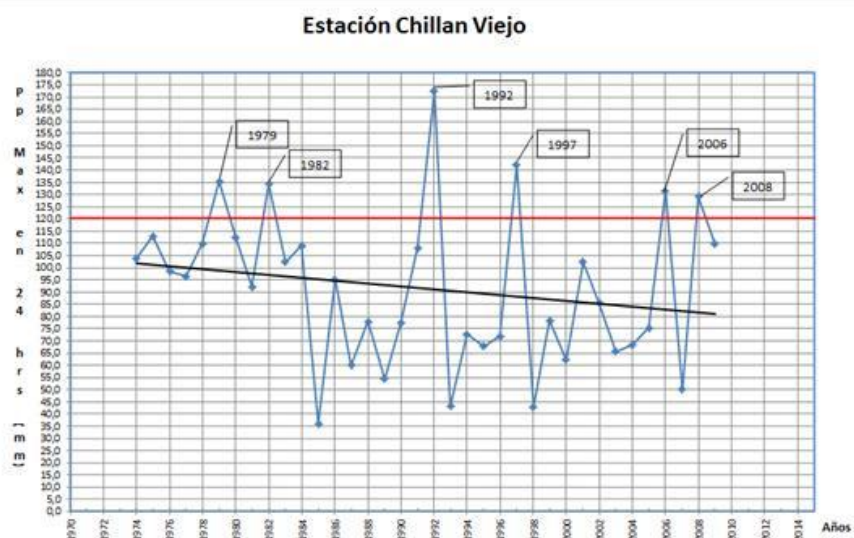
- **Metodologías para la incorporación del cambio climático en el diseño**
  - Amplio rango de alternativas de diversa complejidad. Relevancia de:
    - Datos disponibles
    - Precisión requerida
    - Capacidad técnica y humana
  - Dos grandes grupos: Métodos de screening y métodos avanzados
    - Métodos de **screening**: métodos simples de carácter inicial para determinar la posibilidad de existencia de riesgo (orden de magnitud). Ejemplos: factores de amplificación
    - Métodos **avanzados**: métodos más complejos que describen más en detalle los riesgos potenciales. Ejemplos: ajustes empíricos y estadísticos, simulación numérica del clima futuro y downscaling.

# Caracterización de la amenaza climática en el diseño

- **Metodologías para la incorporación del cambio climático en el diseño**
  - Tres etapas que pueden ser abordada con los enfoques descritos:
    - (1) Generación de series de tiempo y distribuciones espaciales con temperaturas y precipitaciones.
    - (2) Transformación de esta precipitación en escorrentía caracterizada por hidrogramas.
    - (3) Propagación hidráulica de hidrogramas a los puntos de interés
  - Información del pasado es crucial para la calibración y para detectar posibles condiciones de cambio climático previas, y sus efectos.
  - No sólo los máximos son importantes . Todo el régimen hidrológico puede ser relevante.

# Caracterización de la amenaza climática en el diseño

- **Actividades relevantes y desafíos**
  - **Selección de periodos de tiempo involucrados:** Parece razonable identificar periodos (corto, mediano y largo plazo) para la caracterización estadística de variables de interés. Paralelamente considerar la vida útil de obras.
  - **Identificar las escalas temporales apropiadas según la obra a diseñar,** y definir la relevancia del cambio climático.



# Caracterización de la amenaza climática en el diseño

- **Actividades relevantes y desafíos**
  - **Generar información relevante:** Instrumentar áreas piloto, recuperar información existente, difusión, etc.
  - **Identificar supuestos, simplificaciones y procedimientos relevantes** en las estimaciones de comportamiento futuro de variables relevantes.
  - **Caracterizar y reducir la incertidumbre y el error de las predicciones.**
  - **Formar capital humano.** El juicio profesional y la experiencia son relevantes para caracterizar y manejar fuentes de incertidumbre.
  - **Establecer escenarios tipos para el diseño y análisis.**
  - **Fortalecer la investigación en distintos tópicos relevantes:**
    - Cambios en eventos extremos de P, T , etc.
    - Caracterización espacial y temporal de tormentas y de cambios en intensidades en periodos cortos.

# Principios para la planificación y toma de decisiones

- Acciones en etapas tempranas del ciclo de vida son más económicas pero pueden tener elevado impacto.
- Algunos principios a considerar son:
  - Adoptar enfoque de precaución, de carácter integrado y sustentable.
  - Tener en cuenta que la manera más efectiva de gestionar el riesgo futuro es mediante la reducción de los niveles de exposición.
  - Asegurar una gestión adaptativa.
  - Adoptar un enfoque de bajo o nulo costo frente a adaptaciones futuras .
  - Apuntar hacia reducciones progresivas del riesgo.

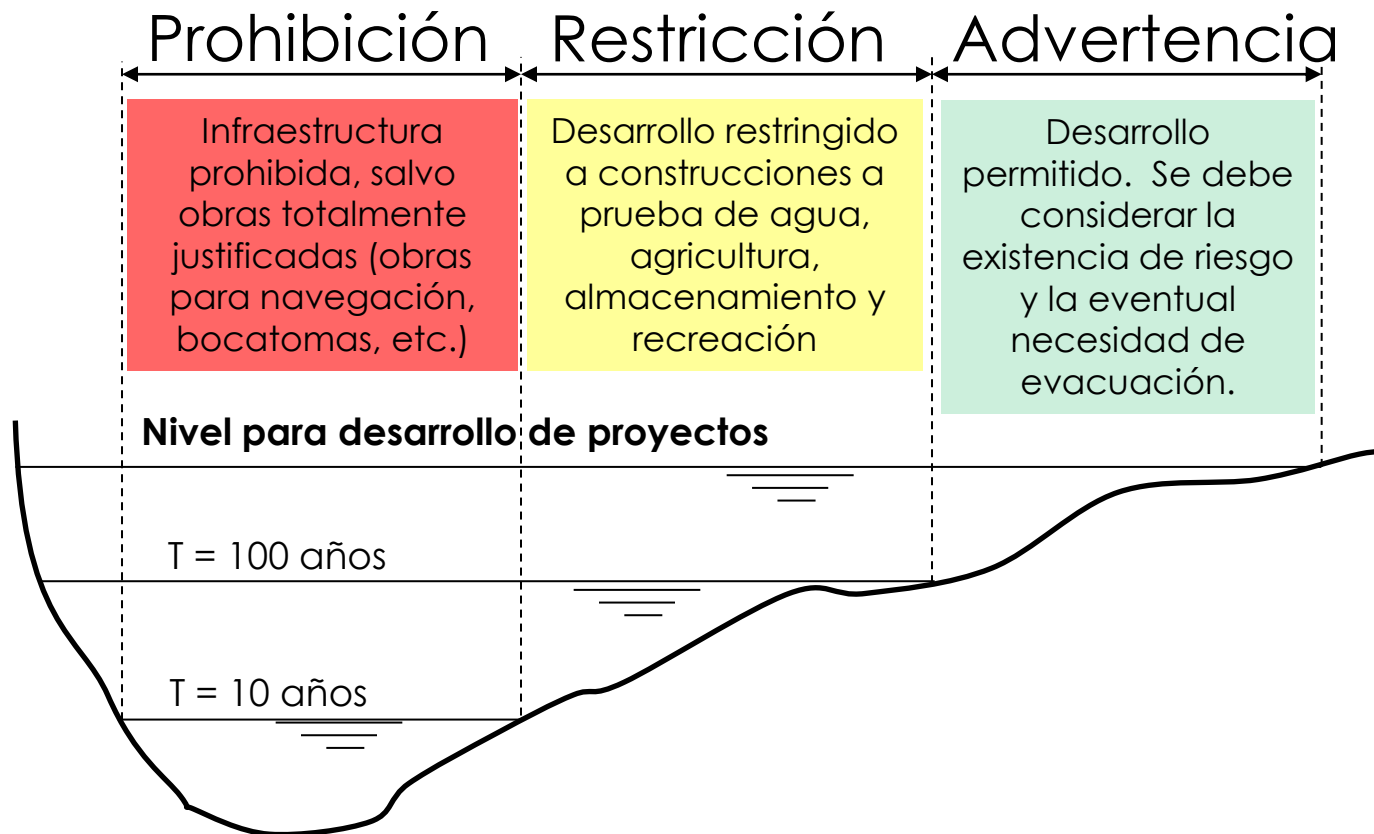
# Principios para la planificación y toma de decisiones

## Medidas Estructurales v/s No Estructurales

<b>Estructurales</b>	<b>No estructurales</b>
Implica <b>infraestructura</b> : embalses, colectores, tajamares, etc.	No son infraestructura: normas, reglamentos, estrategias, disposiciones, etc.
Modifican las <b>causas</b> de los daños (crecidas y sus propiedades)	Modifican las <b>consecuencias</b> (daños y sus costos)
<b>Rápidas</b> de adoptar si se dispone de recursos	Requieren de una <b>implementación en etapas</b>
<b>Efectos inmediatos</b> una vez adoptadas	<b>Acción lenta</b> hacia el futuro
Requieren grandes <b>inversiones</b>	Requieren coordinación y <b>voluntad política</b>
Efecto <b>reparador</b>	Efecto de <b>anticipación</b>

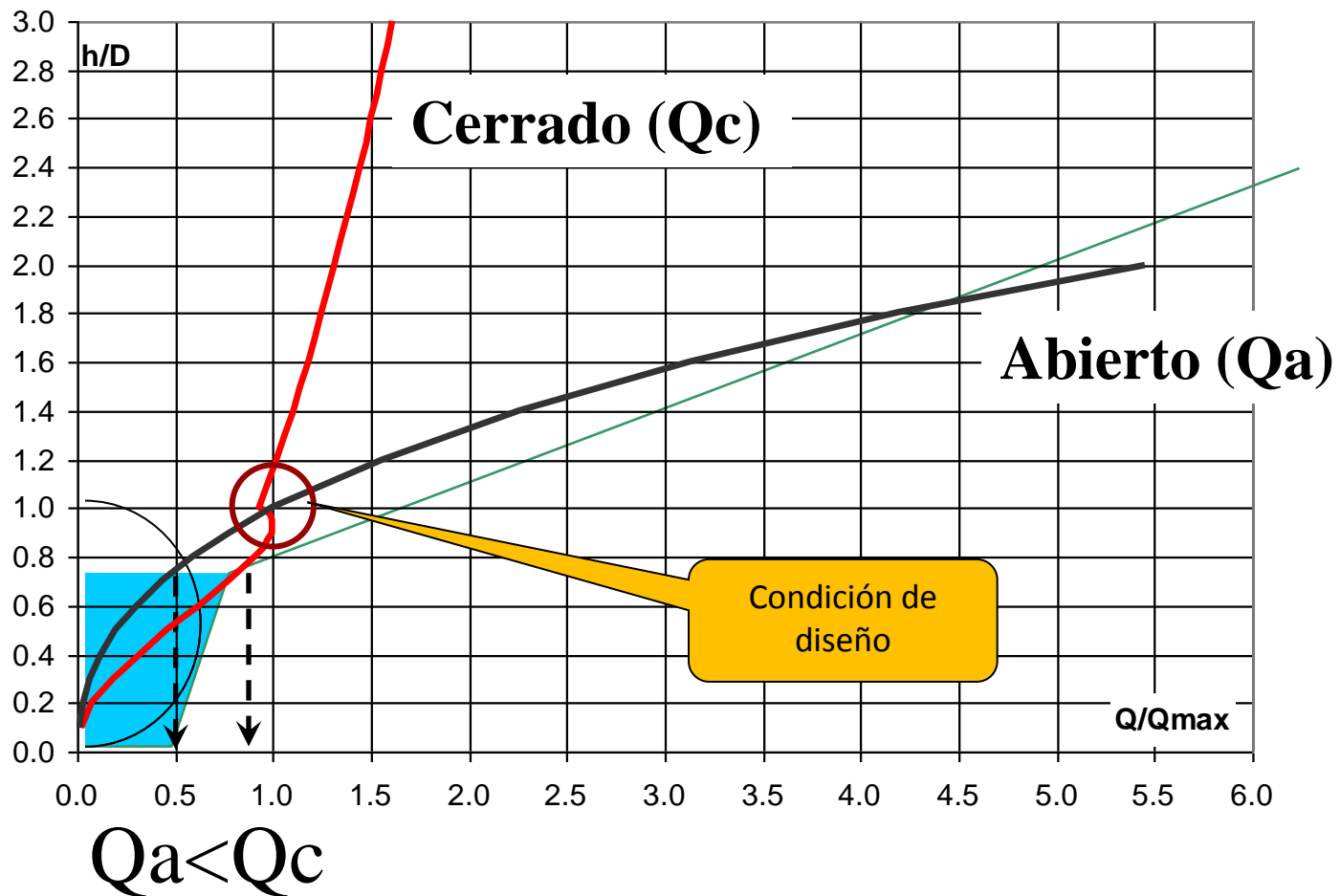
# Principios para la planificación y toma de decisiones

## Zonificación en planicies de inundación



# Principios para la planificación y toma de decisiones

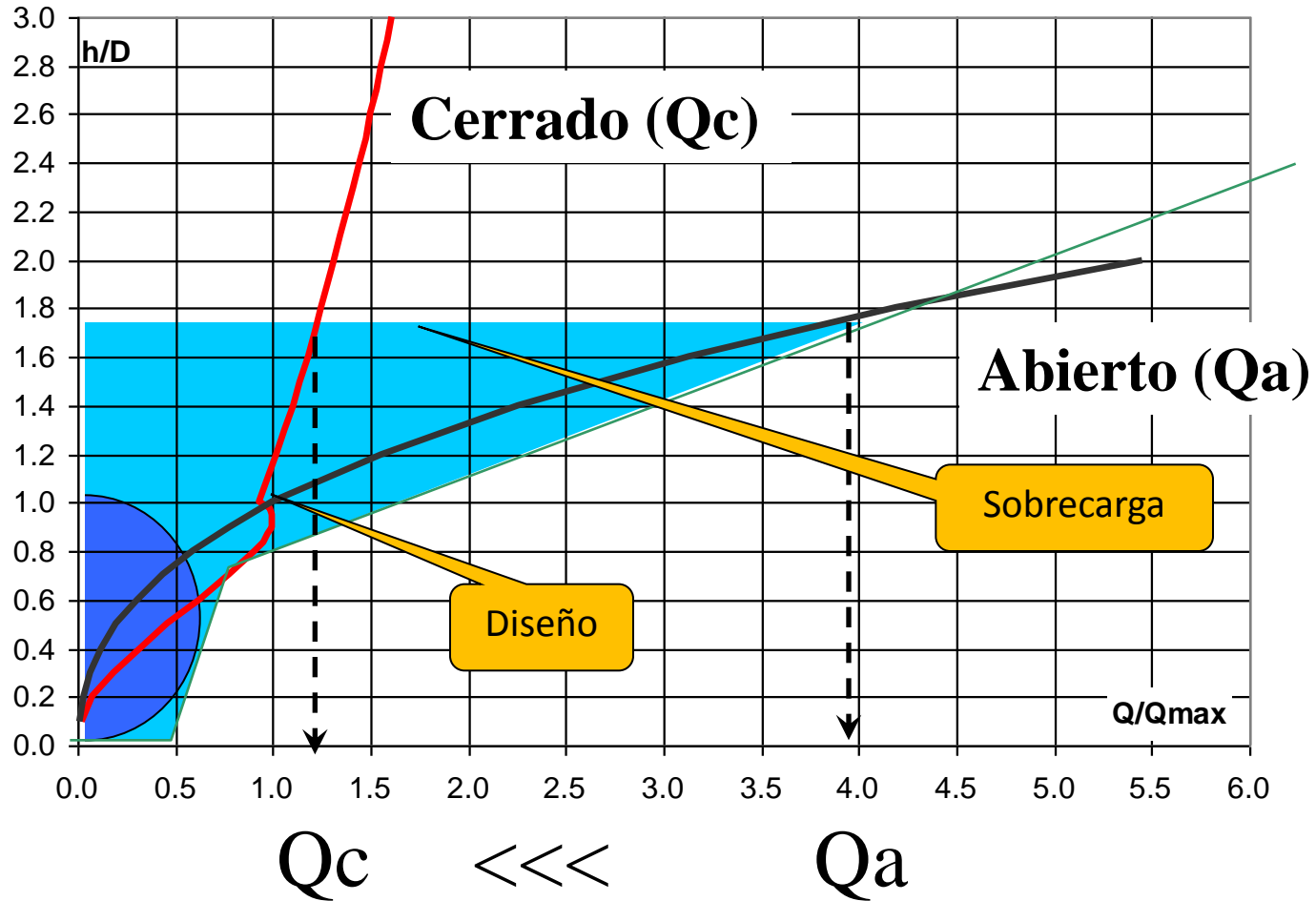
## Minimización del costo de adaptación frente a futuro incierto



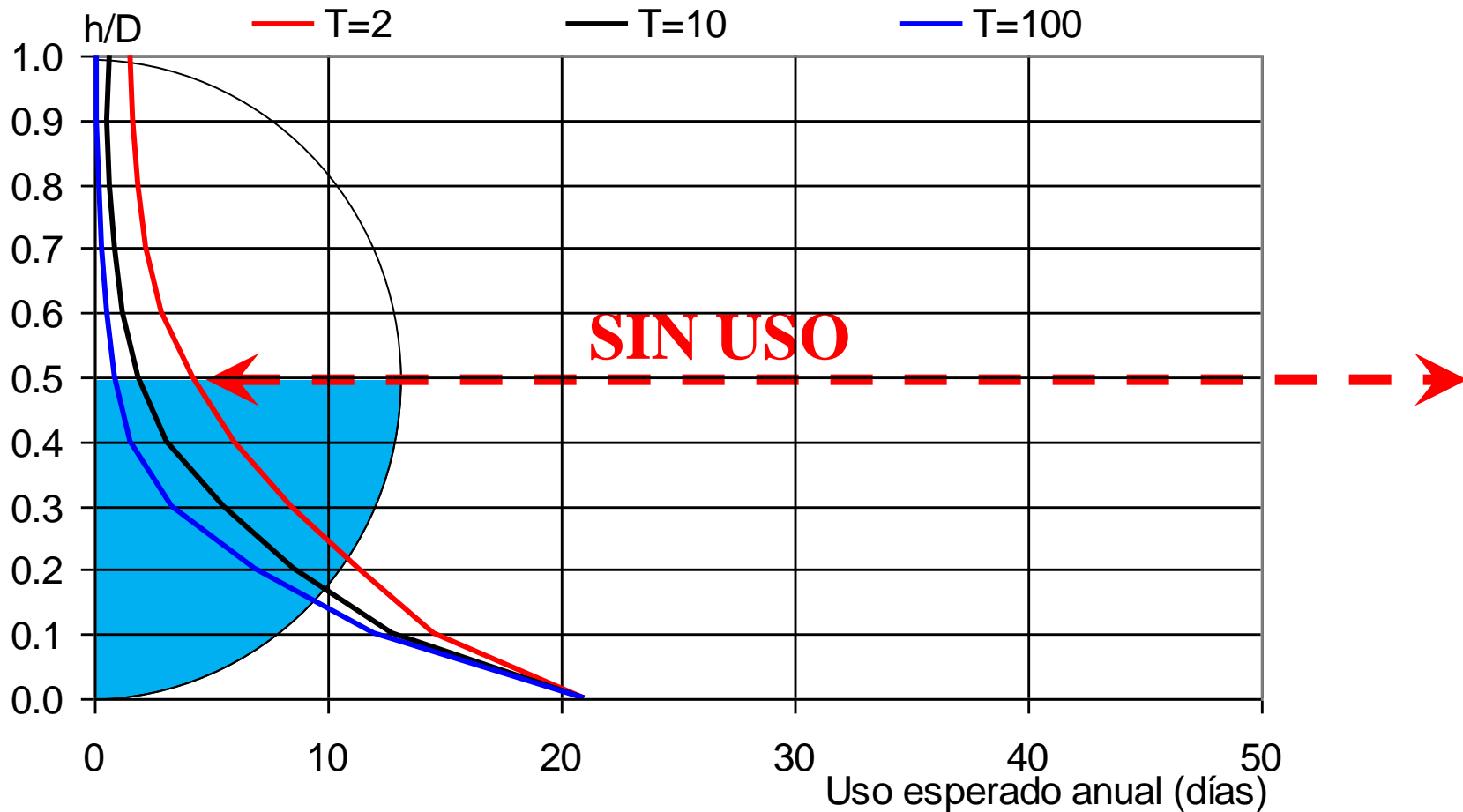


# Principios para la planificación y toma de decisiones

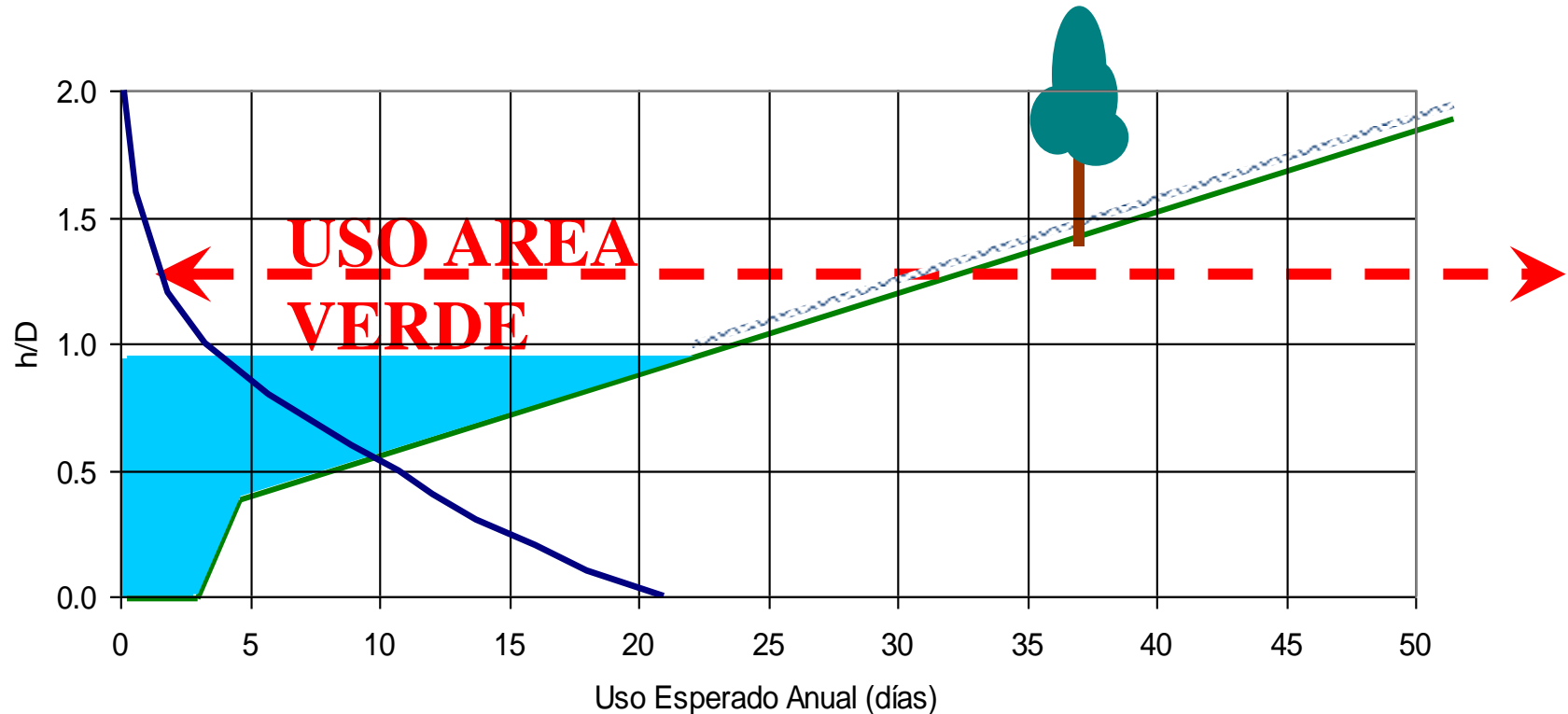
Las consecuencias de mayor necesidad de conducción son de 4 a 1,2



# Principios para la planificación y toma de decisiones



# Principios para la planificación y toma de decisiones



# Conclusiones

- Supuesto de estacionaridad pierde sustento (Milly et al., 2008. Stationarity Is Dead: Whither Water Management?)
- Desafíos en:
  - Definir el rol de la variabilidad climática a lo largo del ciclo de vida de proyectos, en particular en la planificación y diseño
  - Adoptar enfoques robustos para la incorporación de la amenaza climática en el diseño cuando se requiera.
  - Lograr diseños robustos y flexibles.
  - Fomentar y formalizar el uso de las medidas no estructurales en ciclos de vida de proyectos



# Amenazas climáticas y el diseño de ingeniería

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE



**Seminario “Cambio Climático e Infraestructura”  
Miércoles 21 de Noviembre**

**Jorge Gironás, PhD**

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Centro  
Interdisciplinario de Cambio Global, P. Universidad Católica de Chile