



Life Cycle



Initiative



## **CLAUDIA PEÑA U**

Profesora de Ecología Industrial  
Universidad Andrés Bello

Directora de Sustentabilidad  
ADDERE Investigación y Tecnología

Co-Directora Hub Latin America  
International EPD System

Entrenadora de PNUMA  
Huella de Agua y Huella de Carbono

[cpena@addere.cl](mailto:cpena@addere.cl)

[claudia@epd-americalatina.com](mailto:claudia@epd-americalatina.com)



Life Cycle



# Gestión de Ciclo de Vida

## Huella de Agua

Sesión: Introducción. Situación del Agua  
en el Mundo

Agosto 2013



Life Cycle



# Contenido



Life Cycle



Initiative



## Capacitación en Gestión de Ciclo de Vida en América Latina

## Huella de Agua

**Introducción: Situación del agua  
en el mundo**  
- ¡Ésta Sesión!

**Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua**  
- Segunda Sesión

**Evaluación de impacto: Huella de  
agua**  
- Tercera Sesión

**Interpretación y ejemplos**

- Cuarta Sesión

# Contenido



Life Cycle



Initiative



**Introducción: Situación del agua  
en el mundo  
- ¡Ésta Sesión!**

- 1. Conceptos básicos**
- 2. Problemática: contexto mundial**
- 3. ¿Qué es Huella de Agua?**

# Agua: líquido vital



Life Cycle



Initiative



“Si el siglo XX fue el de lucha por los combustibles fósiles, el siglo XXI lo será por el agua”.

Banco Mundial

El agua proviene del latín ‘aqua’. Es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O).

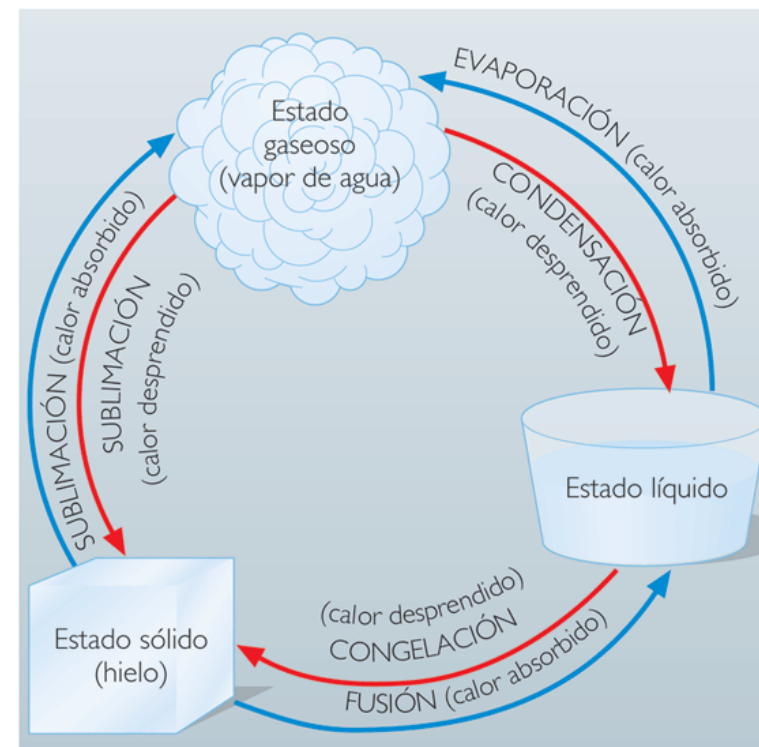
Es una de las pocas sustancias que pueden encontrarse en sus tres estados de forma natural: sólido, líquido y gaseoso.

Investigaciones recientes confirman que el agua es un elemento común del sistema solar, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas.

# Propiedades físicas del agua



- 1) Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- 2) Color: incolora
- 3) Sabor: insípida
- 4) Olor: inodoro
- 5) Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
- 6) Punto de congelación: 0°C
- 7) Punto de ebullición: 100°C
- 8) Presión crítica: 217,5 atm.
- 9) Temperatura crítica: 374°C



## Propiedades físicas del agua



Life Cycle



Initiative

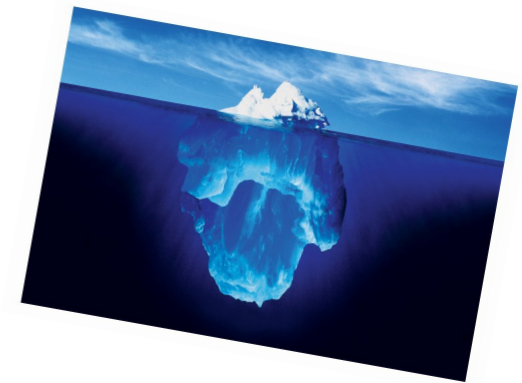


- El calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/gramo a 100°.
- La solidificación del agua requiere de 79,4 calorías por gramo de agua.
- A consecuencia de su elevado calor específico y de la gran cantidad de calor que pone en juego cuando cambia su estado, el agua es un excelente regulador de temperatura en la superficie de la Tierra y más en las regiones marinas.

## Propiedades físicas del agua

El agua se comporta anormalmente:

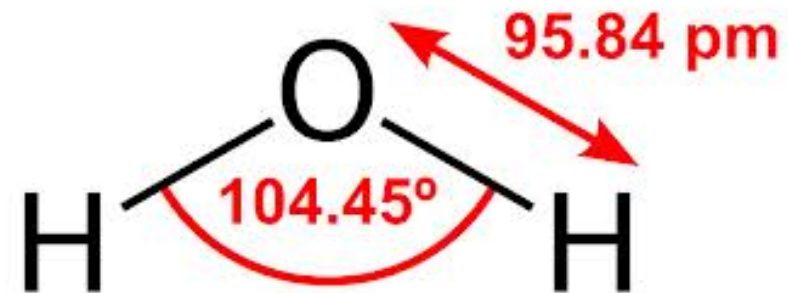
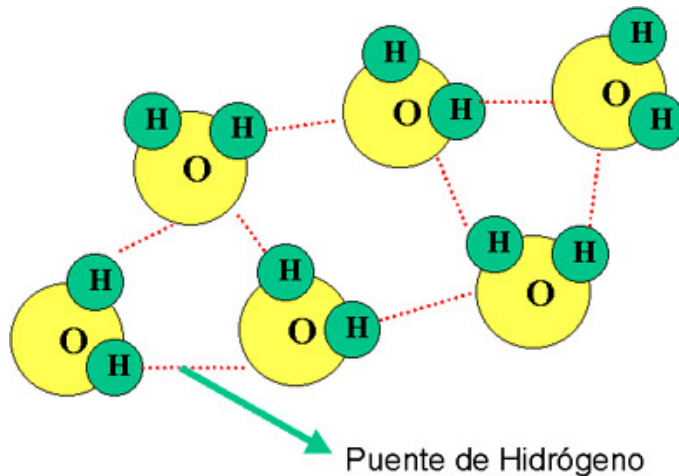
- Su presión de vapor crece con rapidez a medida que la temperatura se eleva.
- A la temperatura de  $4^{\circ}$ , su volumen es mínimo y su densidad es máxima.
- A partir de  $4^{\circ}$  no sólo se dilata cuando la temperatura se eleva, sino también cuando se enfría hasta  $0^{\circ}$ , en la cristalización su volumen aumenta en un 9 %.





# Propiedades físicas del Agua

- Las propiedades físicas del agua se atribuyen principalmente a los enlaces por puente de hidrógeno.



# Contenido



Life Cycle



Initiative



**Introducción: Situación del agua  
en el mundo  
- ¡Ésta Sesión!**

- 1. Conceptos básicos**
- 2. Problemática: contexto mundial**
- 3. ¿Qué es Huella de Agua?**

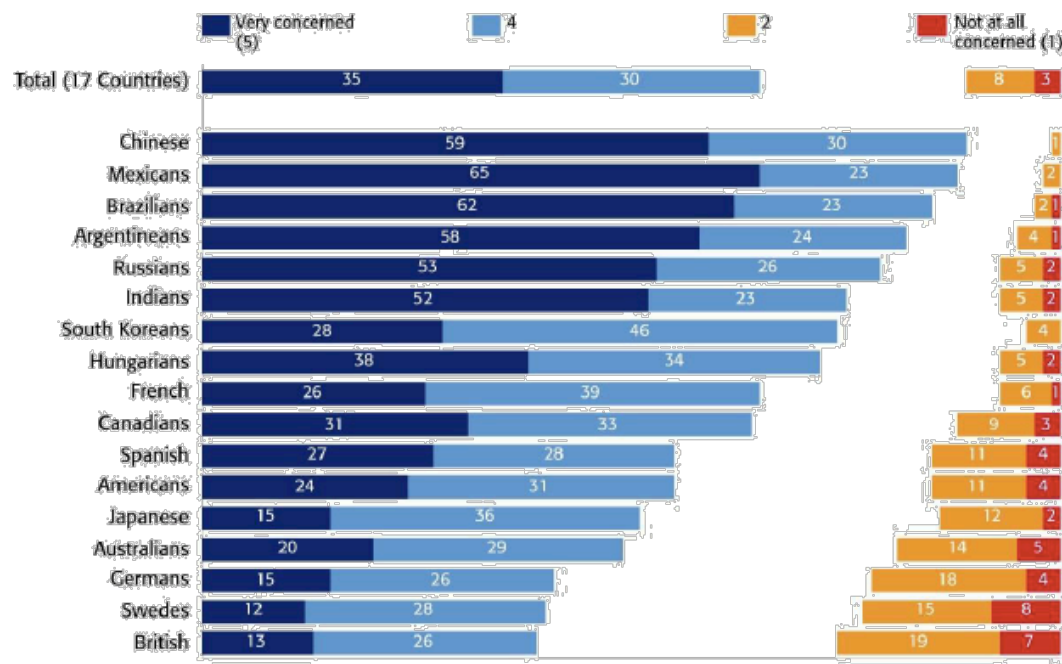
# ¿Qué tan preocupados están los ciudadanos por la contaminación del agua?



## Concern about Global Issues: Water Pollution



Percentage of Consumers in Each Country, 2012



NGS12\_02 Water Pollution

El tema de la contaminación del agua, es de de interés, en especial para China, México, Brasil y Argentina.

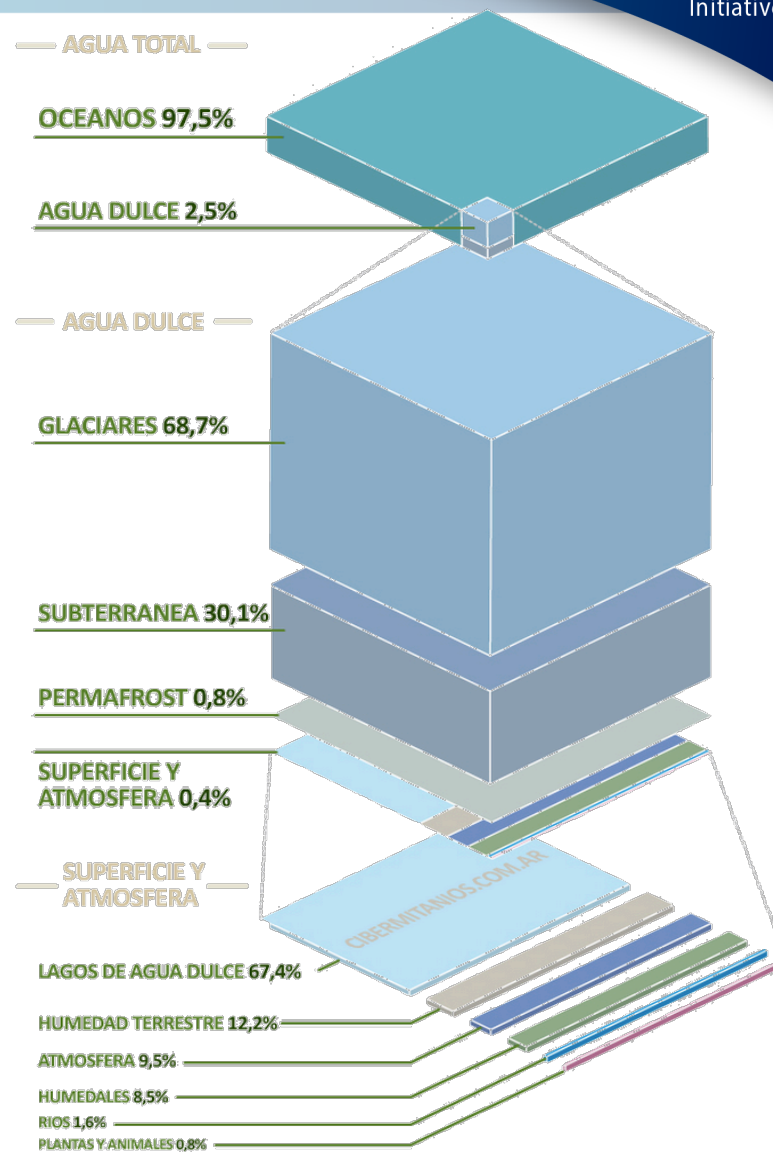


Consumer Choice and the Environment – A Worldwide Tracking Survey

# Problemática: contexto mundial

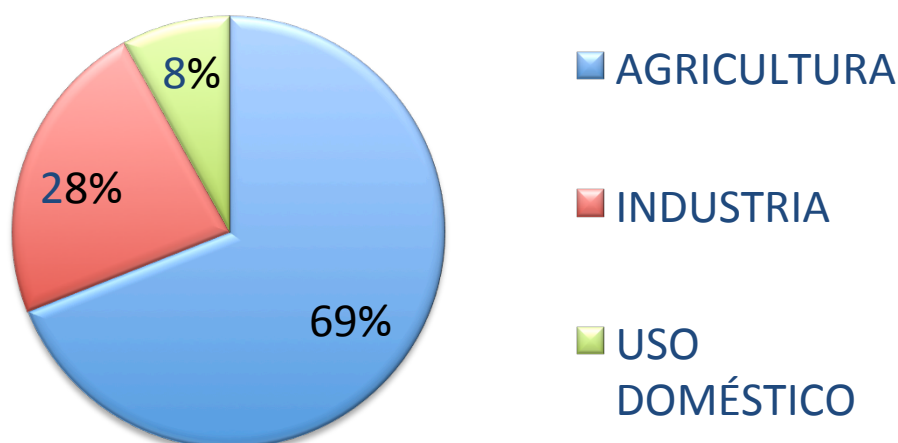
## Distribución desigual:

- 1.100 millones de personas carecen de infraestructura para su abastecimiento.
- 2.400 millones sin acceso a sistemas de saneamiento.
- El 48% de la población mundial vive en pueblos y ciudades. En el 2030 la proporción será de alrededor del 60%.



## Problemática: contexto mundial

Aproximadamente el 30% del agua es utilizable cuyo consumo se distribuye de la siguiente manera:



El agua es indispensable para preservar nuestras vidas

La FAO estima que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030; en esas naciones es esencial modernizar los sistemas de riego a fin de disminuir el gasto de agua en la agricultura.

## Problemática: contexto mundial



Life Cycle

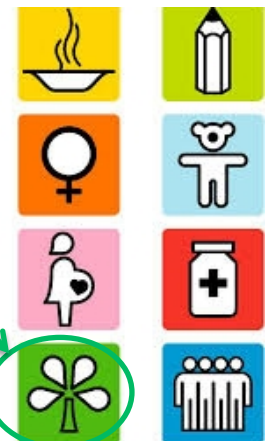


Objetivos del Milenio en el año 2000, los 192 países miembros de las Naciones Unidas fijaron ocho objetivos de desarrollo humano.

**El objetivo siete** se refiere al sustento del medioambiente en cuyas metas se consigna **reducir a la mitad para el año 2015 la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.**

El acceso a un agua potable segura garantiza :

- 🔹 Inmunidad frente a las enfermedades
- 🔹 Abastecimiento de alimentos, los recursos energéticos
- 🔹 Desarrollo de actividades industriales



# Problemática: contexto mundial



Life Cycle



Initiative



## Mala calidad:

- El agua contaminada alcanza en la actualidad 12.000 km<sup>3</sup>.
- Crisis mundial atribuida a una mala gestión
- El derecho humano al agua y al saneamiento

## Escasez:

- La escasez de agua es uno de los más importantes problemas ambientales
- escasez física de agua
- escasez económica de agua



General Assembly

Distr.: General  
3 August 2010

Sixty-fourth session  
Agenda item 48

### Resolution adopted by the General Assembly

[without reference to a Main Committee (A/64/L.63/Rev.1 and Add.1)]

64/292. The human right to water and sanitation



# Situación del agua en el mundo



Life Cycle



FUENTE: Pfister & Boulay, 2013



# HUELLA DEL AGUA



Agua salada

97%



Agua congelada

2%



Agua dulce

1%

## Situación del agua en el mundo

3.200 m<sup>3</sup>

es lo que puede disponer de agua un habitante de la union europea en un año normal, pero solo se utiliza 660m<sup>3</sup>



75%

de los pueblos afectados por desastres naturales fueron inundaciones



80%

de la enfermedades en los países en desarrollo, se debe al consumo de agua no potable y las malas condiciones sanitarias

9%

del agua dulce del mundo se encuentra en Canadá



6.000

niños mueren diariamente de alguna enfermedad relacionada con el agua no apta para consumo




90%

de aguas residuales sin tratamiento se suministra en los países en desarrollo



Africa, Oriente Merdio y Asia sufren una grave escasez de agua

A nivel mundial  
(millones de personas)

Privadas de acceso a un abastecimiento de agua potable adecuado  1.100

Carecen de instalaciones de saneamiento básicas  2.600

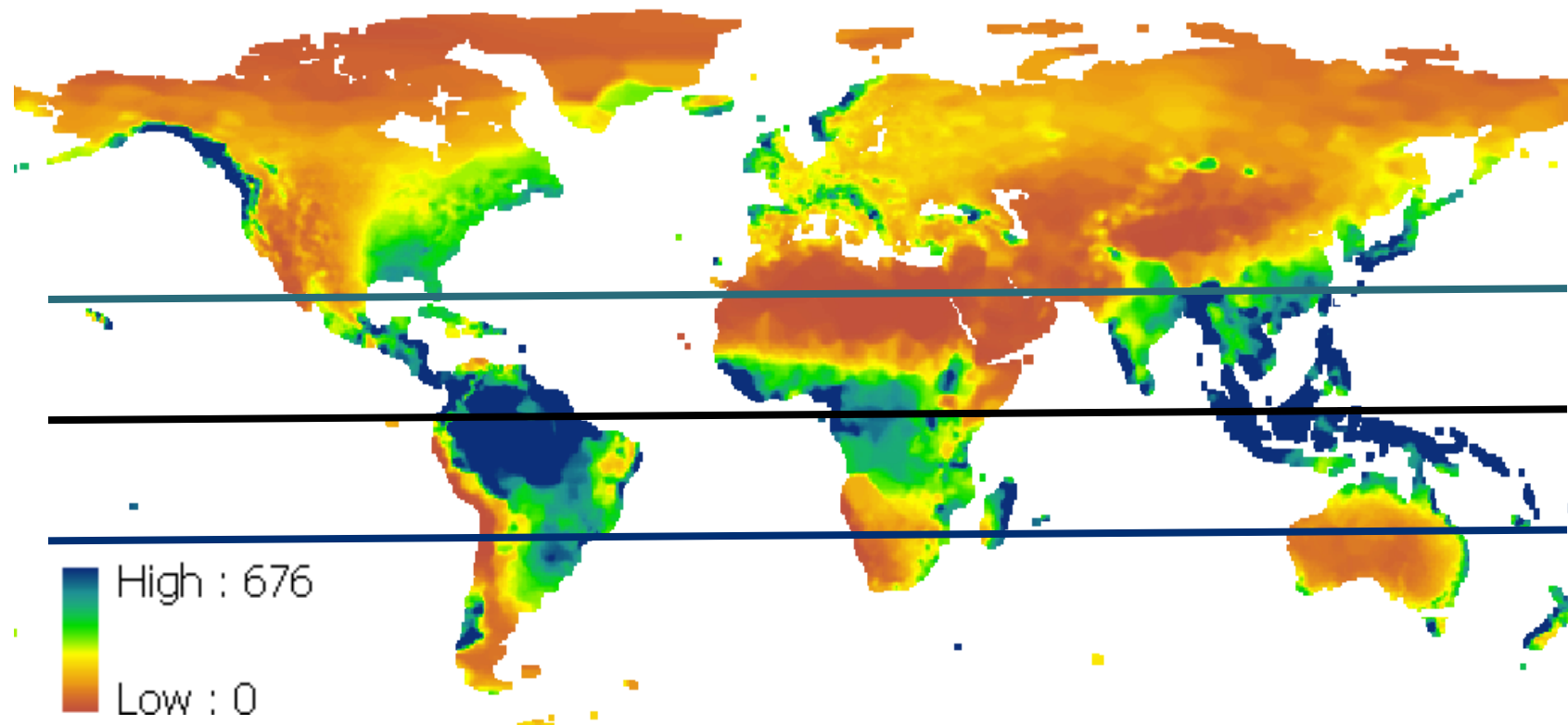
# Situación del agua en el mundo



Life Cycle



Initiative



High : 676  
Low : 0

Unidades cm/año

**¡¡La ubicación importa!!**

# Situación del agua en el mundo



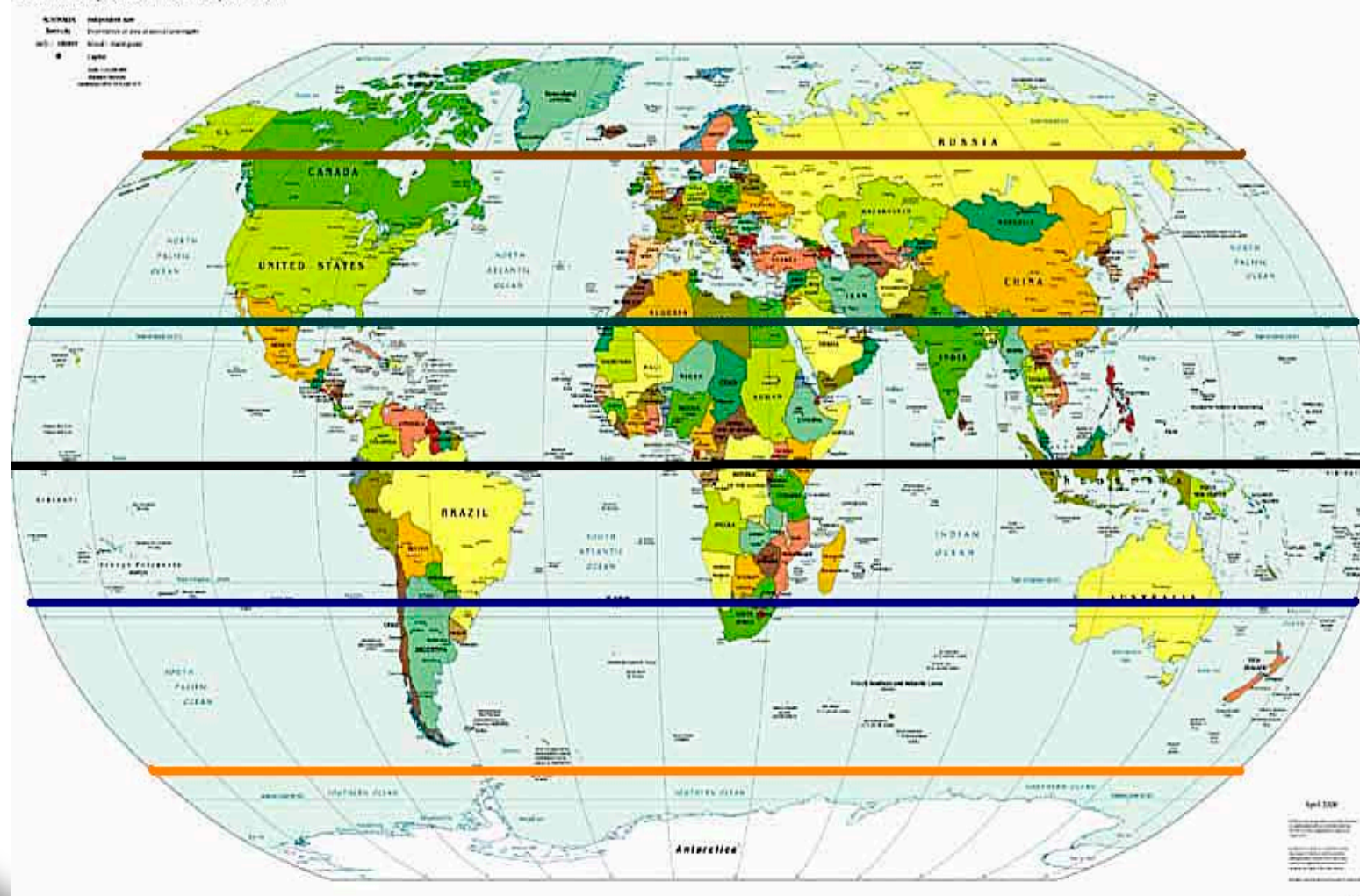
Life Cycle



Initiative



Political Map of the World, April 2000



FUENTE: Pfister & Boulay, 2013

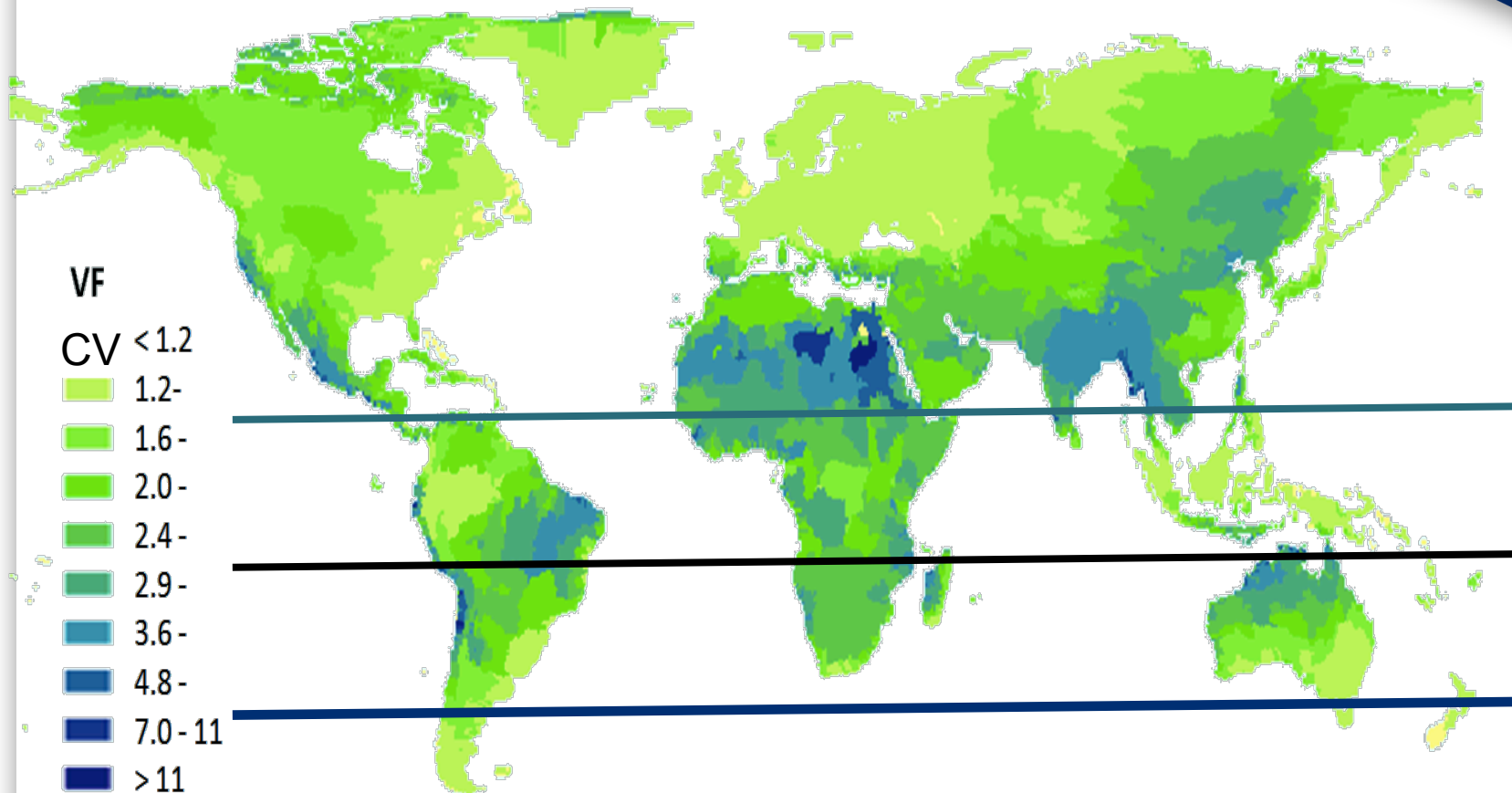
# Situación del agua en el mundo



Life Cycle



Initiative



CV= Coeficiente de variación (STD/media) de la precipitación mensual.

**¡¡La ubicación importa!!**

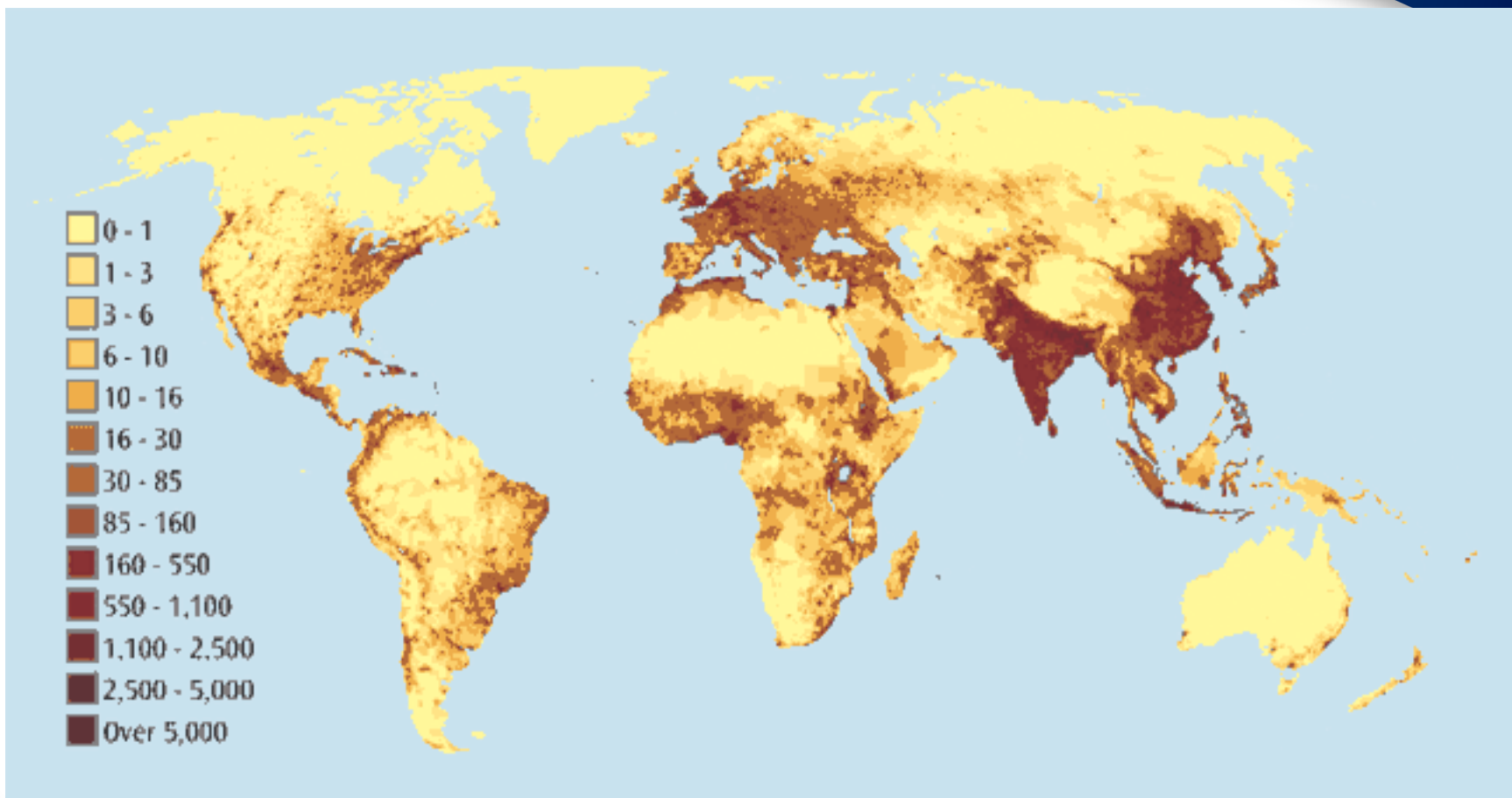
# Situación del agua en el mundo



Life Cycle



Initiative



Unidades: personas/km<sup>2</sup>

**Intensidad del uso del agua relacionado con la población.**

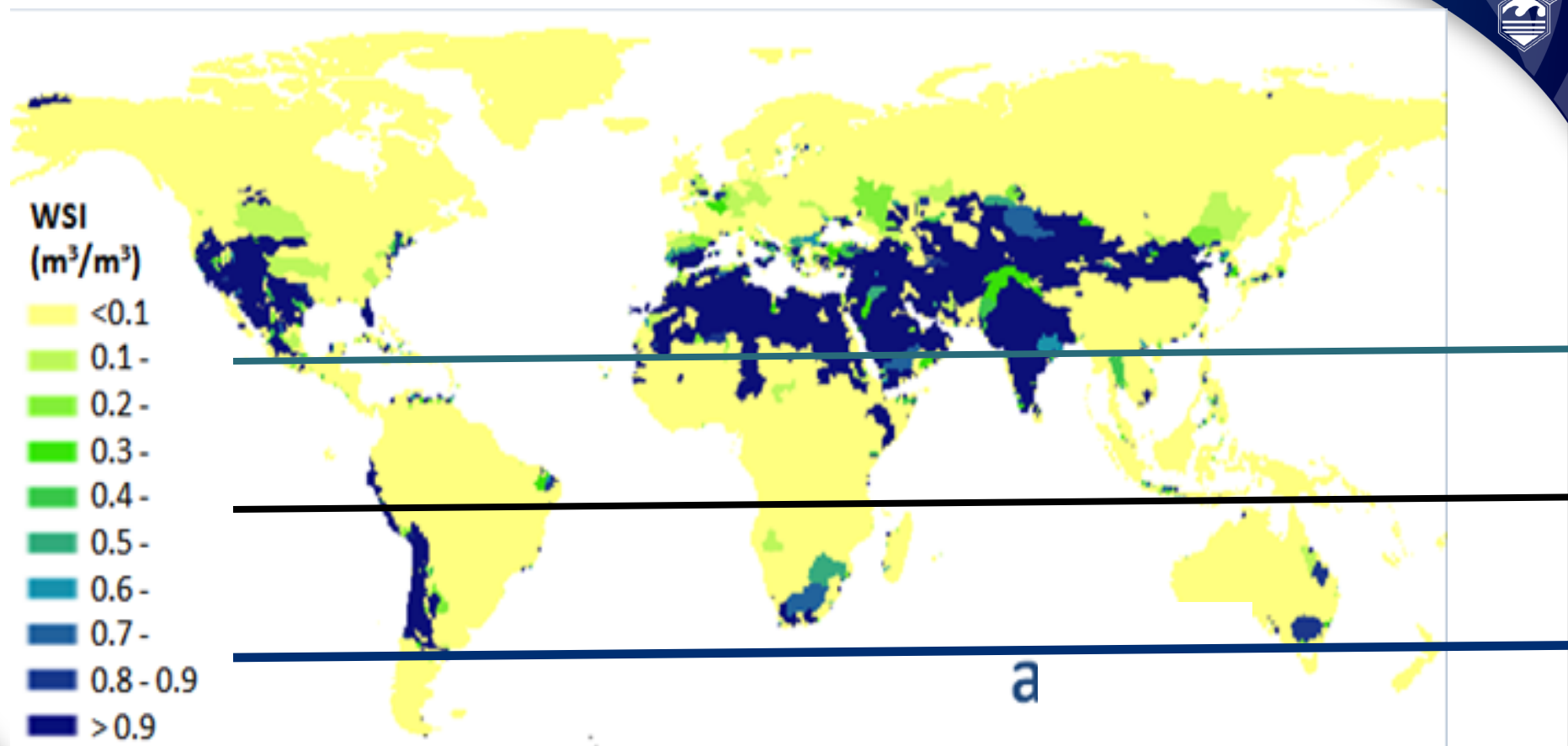
# Situación del agua en el mundo



Life Cycle



Initiative



## Demanda vs reposición de los recursos hídricos

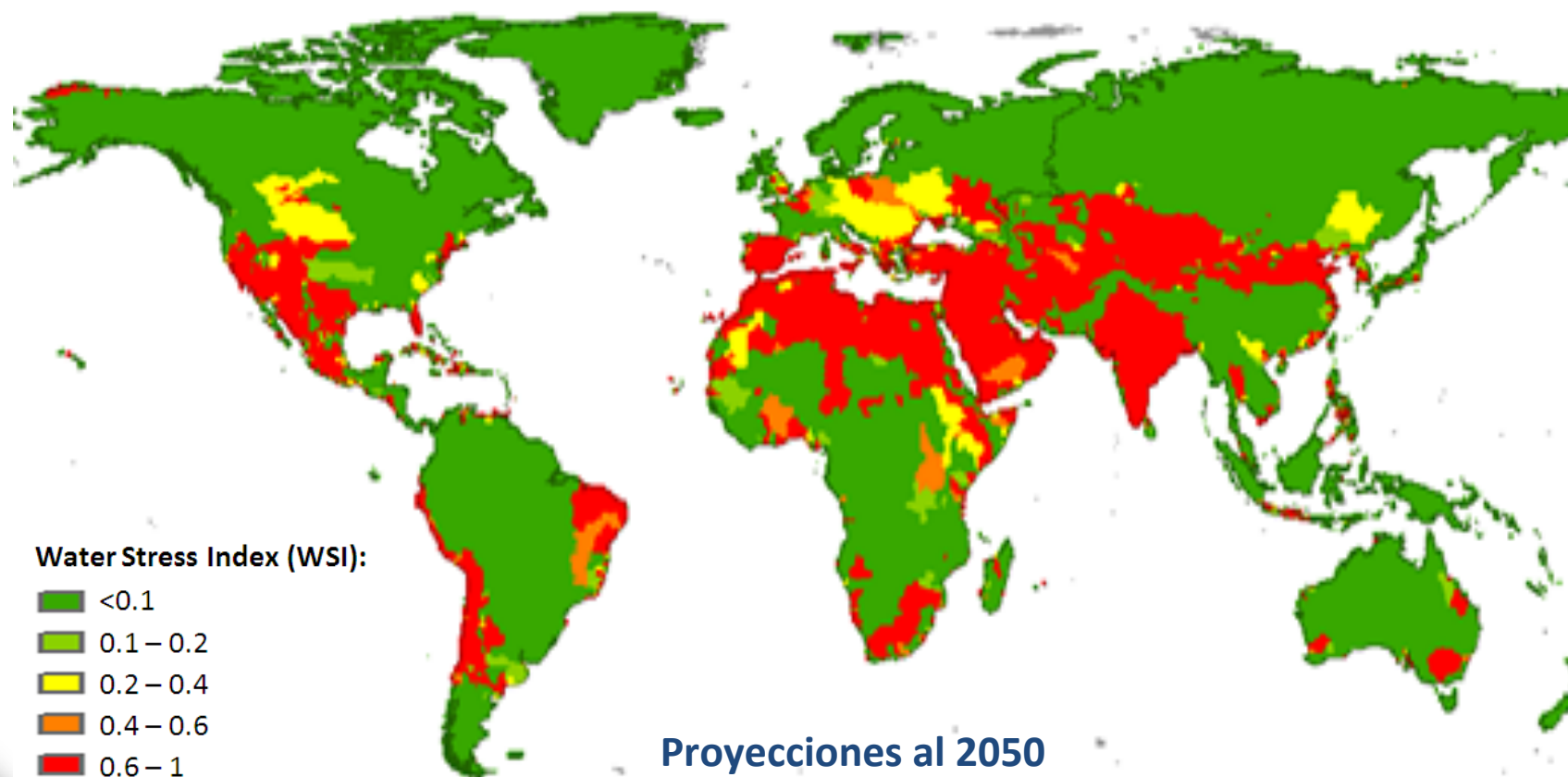
# Situación del Agua en el Mundo



Life Cycle



Initiative



FUENTE: Pfister & Boulay, 2013

## AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

-América Latina y el Caribe cuentan con **30%** de los recursos hídricos del mundo

-Las cuencas del Golfo de México, del Atlántico Sur y de la Plata cubren el **20%** del territorio, sostienen al **40%** de la población y sin embargo, poseen sólo el **10%** de los recursos hídricos de la región

-Brasil posee **13%** de las reservas mundiales de agua dulce. Pero el estado de Sao Paulo, donde vive **20%** de la población nacional, tiene menos del **2%** de los recursos hídricos de la región

-80 millones de los 570 millones de los pobladores de la región no tienen acceso a agua potable, y **51%** no cuenta con servicio de saneamiento

-**43%** de los niños latinoamericanos de 0 a 5 años tienen acceso inadecuado a saneamiento

-**20%** de los hogares más pobres de El Salvador, Jamaica y Nicaragua gastan en promedio más del **10%** de sus ingresos en agua.

Porcentaje de la población total con acceso a agua potable

0% - 50%

51% - 70%

71% - 80%

81% - 90%

91% - 100%



Fuentes de agua





Life Cycle



Initiative



## LA BUENA NOTICIA:

**GLOBALMENTE NO HAY UN PROBLEMA DE AGUA**

## LA MALA NOTICIA:

**EL AGUA NO SE ENCUENTRA EQUITATIVAMENTE DISTRIBUIDA EN TIEMPO Y EN ESPACIO**



Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

- 1) ¿A qué se debe que el agua sea un excelente regulador de la temperatura de la superficie terrestre?
- a) A su elevado calor específico
  - b) A su densidad
  - c) A la salinidad
  - d) Ninguna de las anteriores





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

2) ¿Qué porcentaje del agua presente en el planeta es agua dulce?

- a) 75%
- b) 96%
- c) 0.2%
- d) 2.5%



## Ejercicio de evaluación de conceptos



Life Cycle



Elige la respuesta correcta.

3) ¿Qué sector tiene mayor consumo de agua?

- a) Industrial
- b) Agrícola
- c) Doméstico
- d) Ninguno de los anteriores





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

3) ¿Cuál es la principal causa de la problemática relacionada al recurso hídrico a nivel mundial?

- a) Gestión inapropiada
- b) Cambio climático
- c) Contaminación
- d) Ninguno de los anteriores



# Contenido



Life Cycle



Initiative



**Introducción: Situación del agua  
en el mundo  
- ¡Ésta Sesión!**

- 1. Conceptos básicos**
- 2. Problemática: contexto mundial**
- 3. ¿Qué es Huella de Agua?**

## Definición



Life Cycle



Initiative



La Huella de agua es un indicador ambiental resultante de la evaluación cuantitativa de los impactos totales causados por los usos consuntivos y degradativos del agua fresca, directos e indirectos, asociados a procesos, servicios o productos durante cada etapa de su ciclo de vida.



**Huella del agua.  
Haciendo la conexión entre el consumo en  
un lugar y los impactos sobre los sistemas de  
agua en otro lugar.**





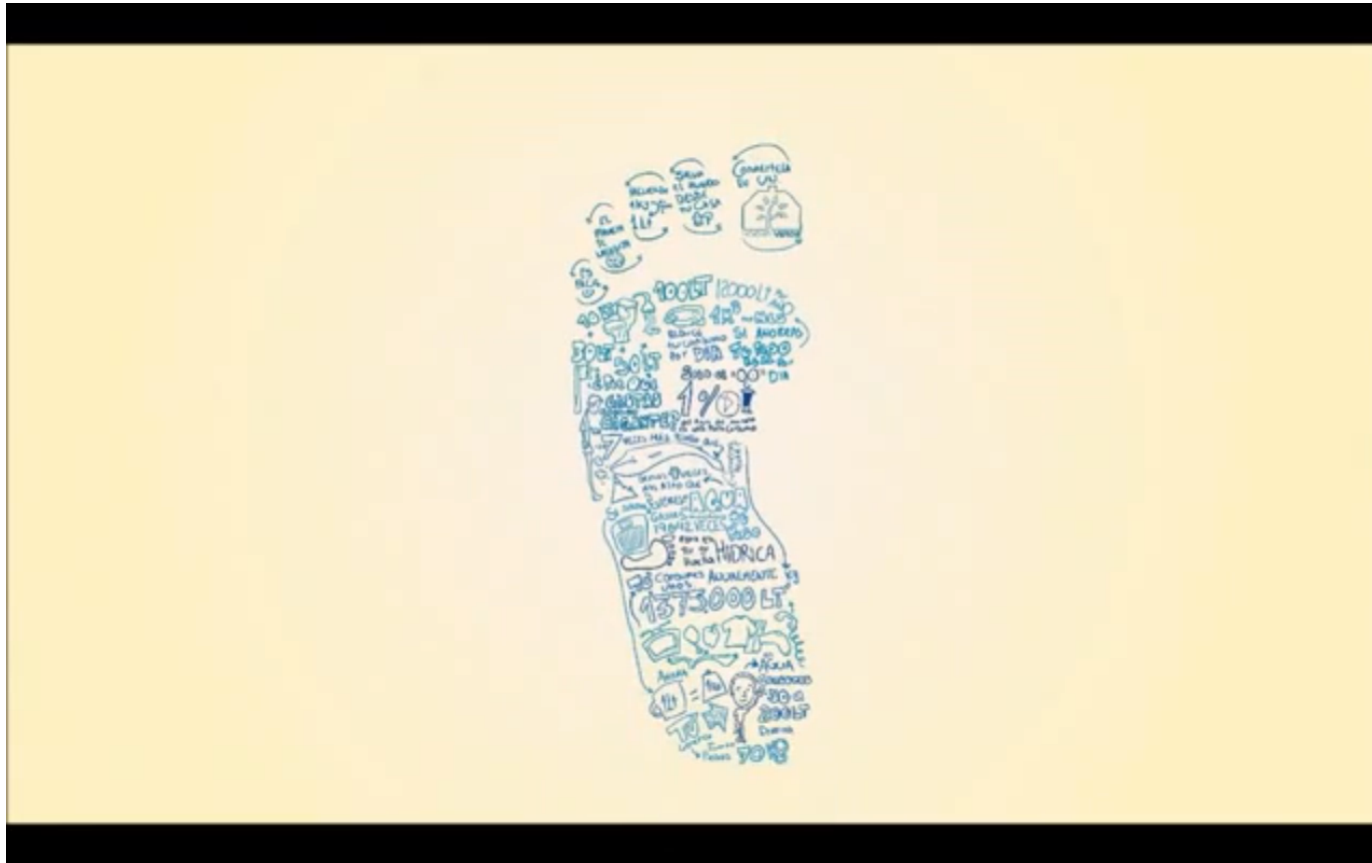
# Video: Tú Huella de Agua



Life Cycle



Initiative



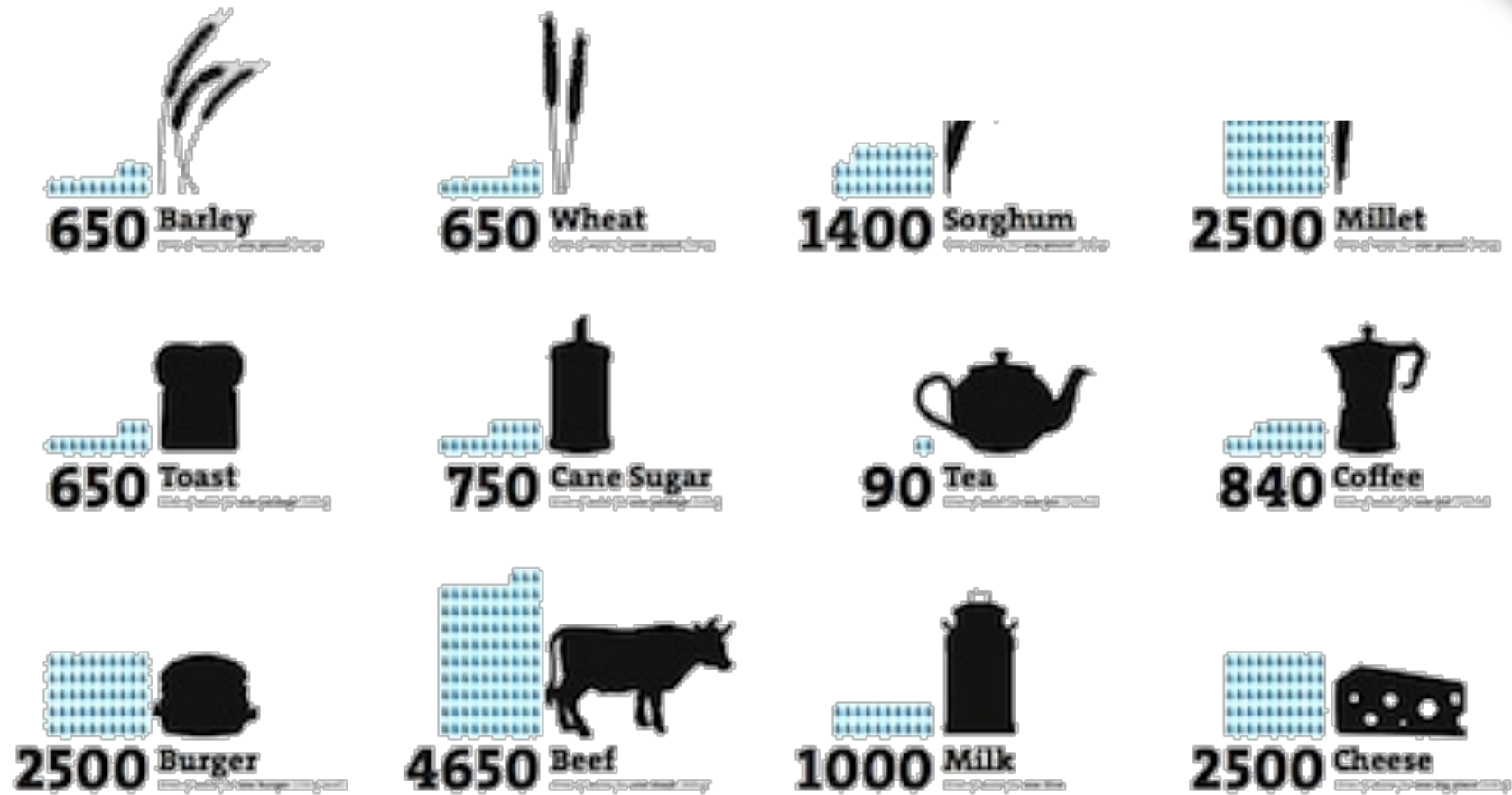
<http://www.youtube.com/watch?v=csOs4VSifR4>



Life Cycle Initiative



# Huella de Agua de productos de uso común



## Diferentes indicadores e índices



Life Cycle



Initiative



- Resources to population index (Falkenmark, 1989)
- Vulnerability of Water Systems (Gleick , 1990)
- Basic Human Needs Index (Gleick, 1996)
- Water Resources Vulnerability Index(Raskin, 1997)
- Indicator of Relative Water Scarcity (Seckler et al., 1998)
- Index of water scarcity (Heap et al., 1998)
- Water availability index WAI (Meigh et al., 1999)
- Indicator of water scarcity (OECD, 2001)
- Environmental Sustainability Index (ESI)
- Index of Watershed Indicators (EPA, 2002)
- The Water Poverty Index (Sullivan,2002)



Life Cycle



Initiative



# WULCA

WULCA  
A LIFE CYCLE  
INITIATIVE PROJECT



- ◆ Desarrollar un marco de **evaluación general para el recurso hídrico**
- ◆ Desarrollo de métodos de evaluación de impacto para el uso del agua con el marco **del análisis de ciclo de vida**



Life Cycle  
Initiative



# ISO & water

Global solutions to global challenges



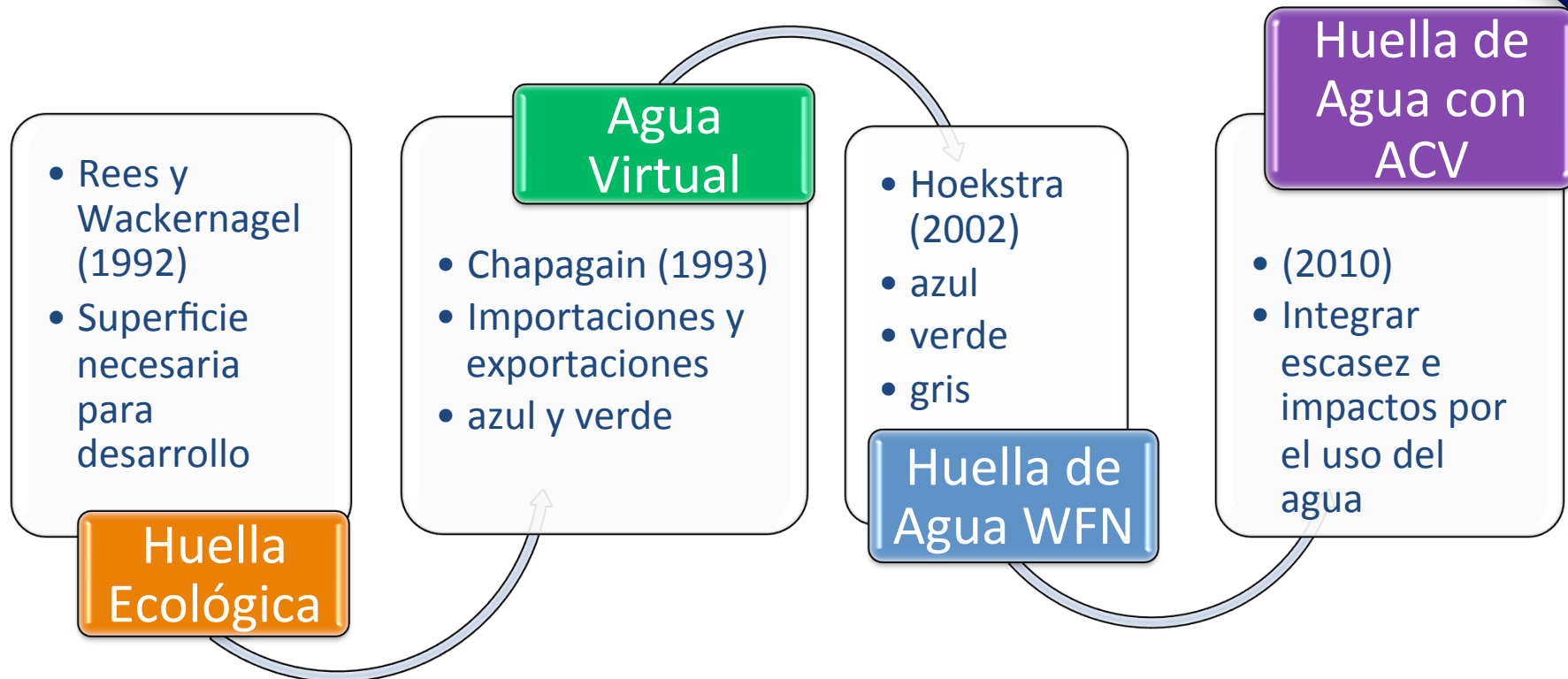
# Evolución del concepto de Huella de Agua



Life Cycle



Initiative



# ISO/DIS 14046 Water footprint Principles, requirements and guidelines



Life Cycle



Initiative



💧 Coordinador:  
Sebastien Humbert,  
Quantis, Lausanne, Suiza

💧 Co-coordinadora

Nydia Suppen Reynaga,  
Centro de Análisis de  
Ciclo de Vida y Diseño  
Sustentable, México

💧 Secretaria:  
Barbara Mullis, Suiza





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

1) ¿Cómo se conoce al indicador del impacto al agua a lo largo del ciclo de vida de un proceso o producto?

- a) Eutrofización
- b) Huella de agua
- c) Contaminación acuática
- d) Análisis de ciclo de vida





## Ejercicio de evaluación de conceptos



Life Cycle



Initiative



Elige la respuesta correcta.

1) ¿Qué diferencia existe el indicador reportado por la WFN y el calculado tomando en cuenta el marco del ACV?

- a) Es lo mismo
- b) Su validez
- c) La consideración de impactos ambientales
- d) La contabilización de volúmenes





Life Cycle



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

1) ¿Cuál es el estándar internacional que describe los principios, requerimientos y guías para el cálculo de la huella de agua?

- a) ISO/DIS 14046
- b) WFN
- c) WULCA
- d) Ninguna de las anteriores





Life Cycle



Initiative



# Gestión de Ciclo de Vida

## Huella de Agua

Sesión: Inventarios y contabilidad del agua

Agosto 2013



Life Cycle



Initiative

## Capacitación en Gestión de Ciclo de Vida en América Latina

## Huella de Agua

**Introducción: Situación del agua  
en el mundo**  
- Primera Sesión

**Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua**  
- ¡Ésta Sesión!

**Evaluación de impacto: huella de  
agua**  
- Tercera Sesión

**Interpretación y ejemplos**  
- Cuarta Sesión

# Contenido



Life Cycle



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos: tipos, disponibilidad y funcionalidad
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
7. Ejercicio práctico

# ¿Qué se mide y por qué?



- 💧 El agua está en constante movimiento de acuerdo a patrones complejos.
- 💧 El volumen de agua en la Tierra permanece más o menos constante.

## Presente en toda cadena de producción

### AGRICULTURA



El **90%** del consumo de agua es para uso agrícola

### MANUFACTURA



El **7%** se lo lleva el proceso industrial

### COMERCIO Y CONSUMO



El **3%** restante se utiliza en la venta y en los hogares

## EL AGUA QUE NO SE VE

*Un elevado consumo de carne o productos industriales y prácticos agrícolas ineficientes son unos de los principales factores que determinan una huella de agua elevada. Los países utilizan mucha agua para beber, cocinar y lavar, pero aún más para la producción de alimentos, prendas de algodón y papel.*



**14,8 lt.**  
2 minutos



**22 lt.**  
Tirar la cadena



**40,7 lt.**  
2 rebanadas



**114 lt.**  
Ensalada



**122 lt.**  
Un vaso de soda



**130 lt.**  
taza de café



**140 lt.**  
10 minutos de ducha



**148 lt.**  
Lavar ropa



**555 lt.**  
Lavar el auto



**555 lt.**  
100g manteca



**1.259 lt.**  
725g pizza



**1.849 lt.**  
Pasta seca



**2.345 lt.**  
Hamburguesa completa



**2.495 lt.**  
250g polera



**3.178 lt.**  
1kg de queso



**4.325 lt.**  
1kg de pollo



**15.415 lt.**  
1kg de carne



**17.196 lt.**  
1kg de chocolate

Infografía: José Antonio Lara Navarro

Fuente: Waterfootprint

# Contenido



Life Cycle



Initiative



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
7. Ejercicio de práctico



# Con cuanta agua “útil” disponemos



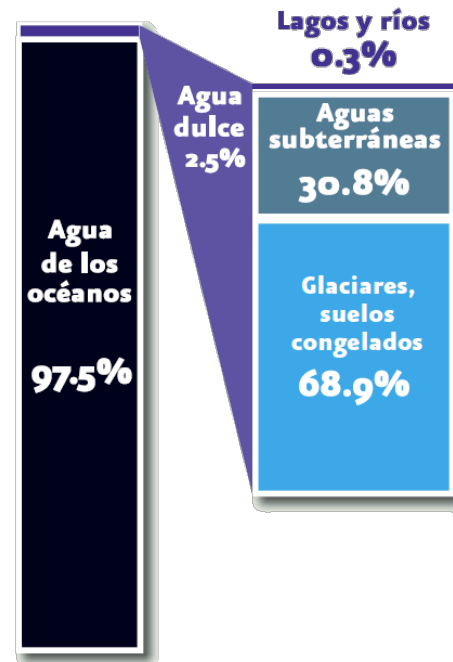
Life Cycle



Initiative

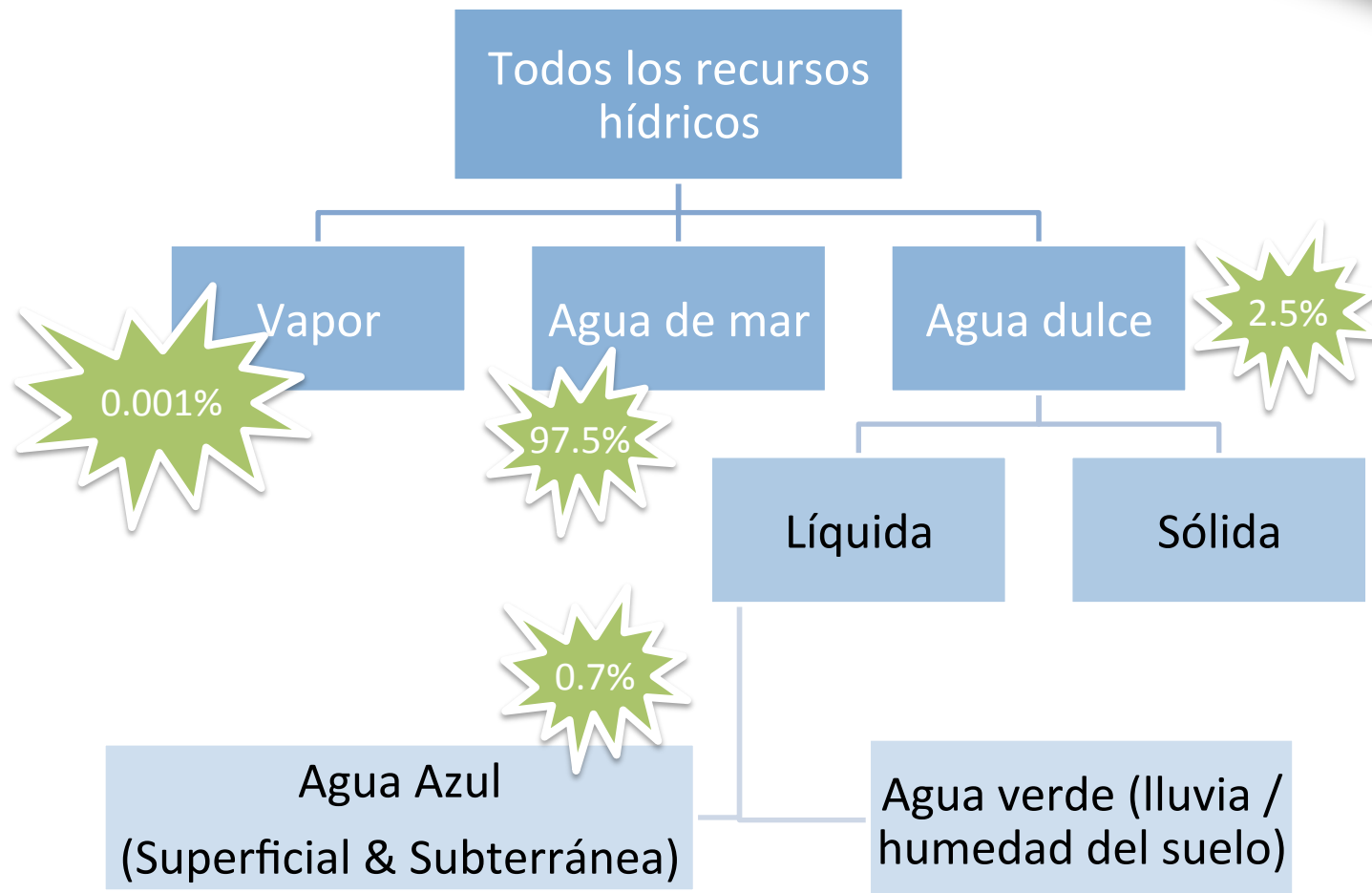


- El agua dulce es el agua “útil” para propósitos humanos.



- El agua dulce en la tierra es continuamente repuesta durante el ciclo del agua, sin embargo su disponibilidad no es ilimitada

# Tipos de recursos hídricos



# Aspectos de recarga o reposición



Life Cycle

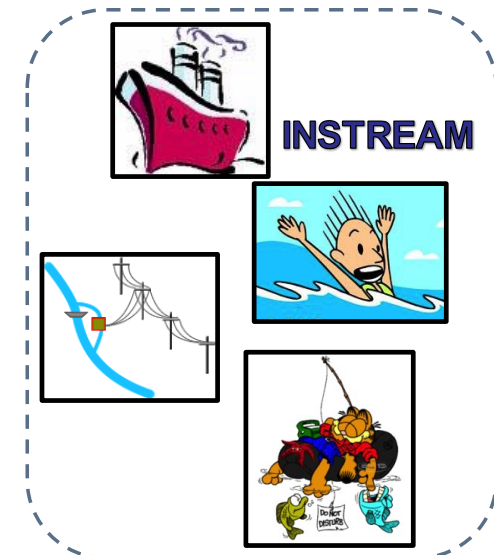


Initiative



## Periodos de renovación de los recursos hídricos en la tierra

Agua en la hidrósfera	Periodo de renovación
Agua del océano	2500 años
Agua subterránea	1400 años
Hielo polar	9700 años
Glaciares montañosos	1600 años
Hielo subterráneo ( en permafrost)	10000 años
Lagos	17 años
Pantanos	5 años
Humedad del suelo	1 años
Redes de canales	16 días
Humedad atmosférica	8 días
Agua biológica	varias



FUENTE: Pfister & Boulay, 2013

**Además de los aspectos espaciales y temporales, la calidad y las tasas de renovación de los recursos hídricos varían, especialmente considerando la escala de tiempo humano.**

## Aspectos funcionalidad de agua

17 categorías de agua descritas por:

- 💧 **Fuente** (superficial, subterránea o agua de lluvia)
- 💧 **Calidad** (137 parámetros, estándares ambientales de calidad de agua)
- 💧 **Usuarios** (a lo largo de la corriente, fuera de la corriente):

# Contenido



Life Cycle



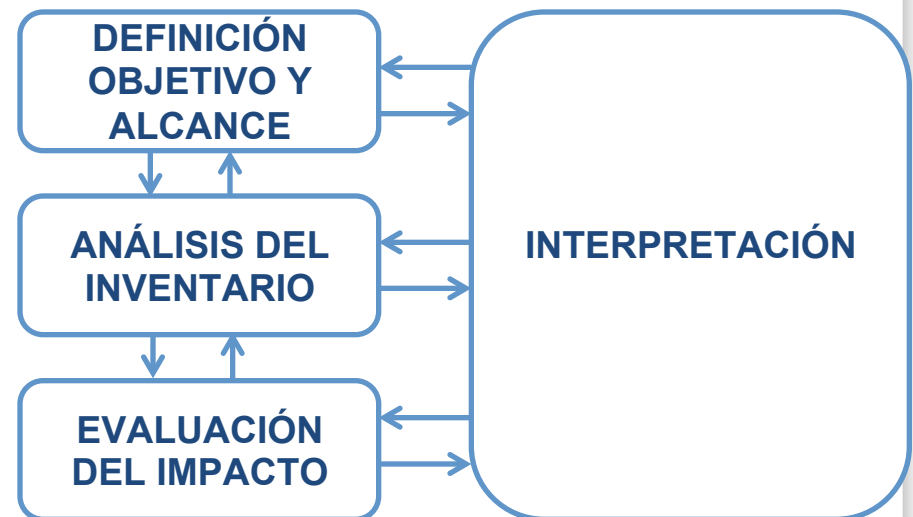
Initiative



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos: tipos, disponibilidad y funcionalidad
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto Suiza Agua Colombia
7. Ejercicio de práctico

# Huella de Agua desde una perspectiva ACV



Más allá de los volúmenes de agua

# Como calcular un ICV para Huella de Agua



Life Cycle



Initiative



La recopilación y análisis del inventario para el cálculo de la Huella de Agua acorde con ISO 14046 sigue la misma metodología descrita en la norma ISO 14044:2006.

Recordemos que metodología mencionada se compone de las siguientes etapas:

- Recopilación de datos
- Cálculo de datos
- Asignación

# Como calcular un ICV para Huella de Agua



Life Cycle



Initiative



Los datos para construir el inventario deben recopilarse para cada proceso unitario incluido dentro de los límites del sistema considerando los siguientes aspectos.

- Agua: volumen, calidad, y fuente
- Materiales
- Energía



# Como calcular un ICV para Huella de Agua



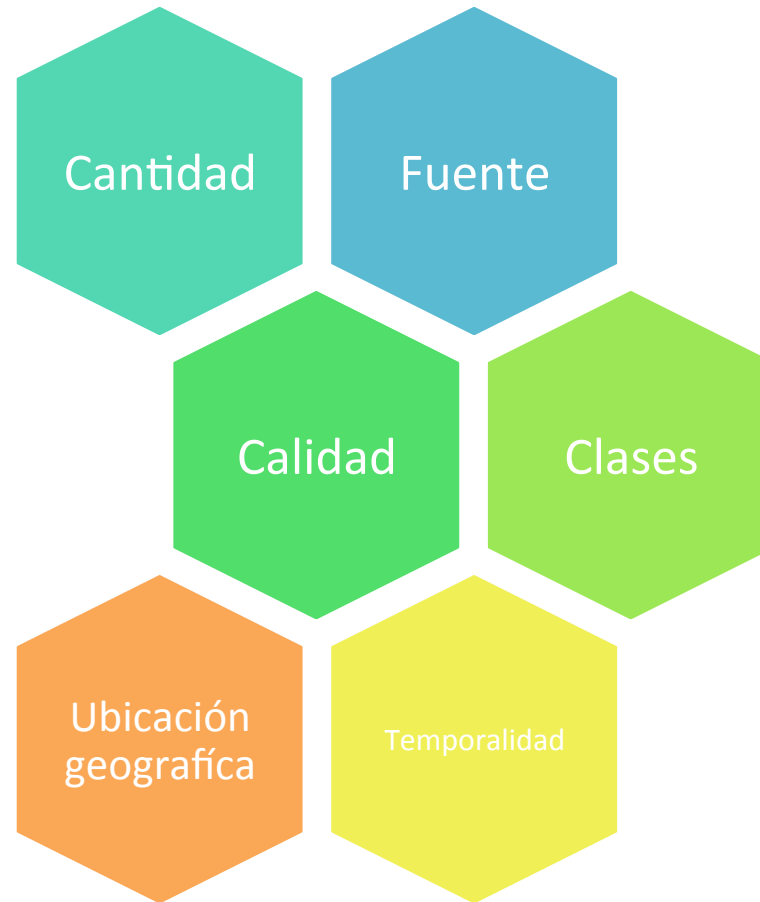
Life Cycle



Initiative



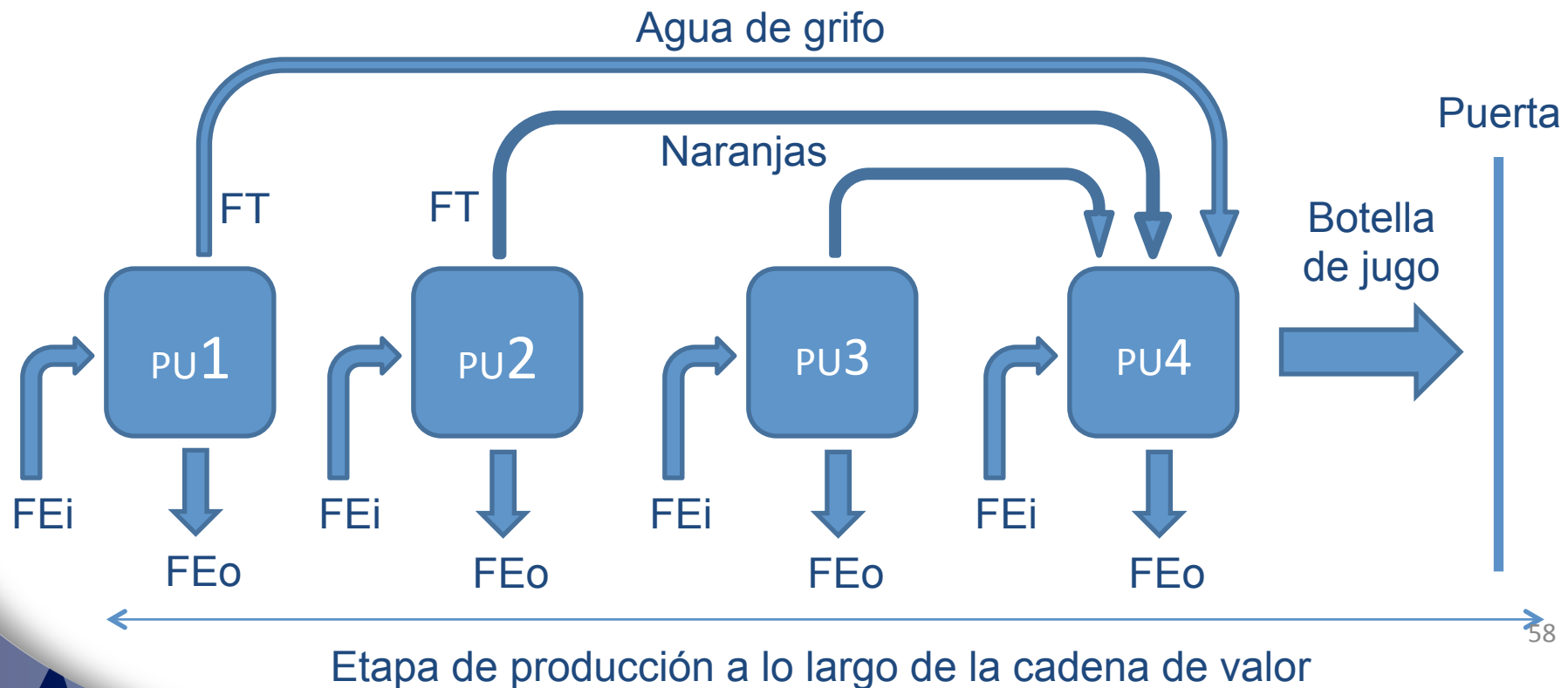
Generalmente la información para cada flujo elemental de agua incluirá los siguientes aspectos.



# Inventario para la Huella de Agua

Validación de datos de volúmenes de agua por balance de materiales para la producción de 1 litro de jugo de naranja

FE: Flujos Elementales  
FT: Flujos de la tecnosfera



# Inventario para la Huella de Agua



Life Cycle  
Initiative



FE: Flujos Elementales  
FT: Flujos de la tecnosfera

¿Qué es uso  
consuntivo del agua?

Contenido de agua  
en las naranjas  
1.2 litros

Agua de grifo  
0.2 litros

Agua superficial  
(enfriamiento)  
0.5 litros

Agua  
subterránea  
(Producción y  
limpieza)  
1 litro



Agua superficial  
(Enfriamiento)  
0.4 litros

Evaporación  
0.3 litros

Jugo de naranja  
1 litro

Agua de desecho  
1.2 litros

FE: Entradas:  $0.5 + 1.0 = 1.5$   
FT Salidas  $1.2 + 0.2 = 1.4$   
Total entradas:  $= 2.9$

FE: salidas:  $0.4 + 0.3 = 0.7$   
FT: salidas:  $1.0 + 1.2 = 1.2$   
Total salidas:  $= 2.9$

FE entradas:  $0.5 + 1.0 = 1.5$   
FE salidas no consuntivas =  $0.4$   
Consumo =  $1.5 - 0.4 = 1.1$

# Datos necesarios para un inventario de agua.

INVENTARIO

## Tipo y cantidad de los recursos hídricos usados

\*Precipitaciones    \*Agua superficial    \*Agua subterránea    \*Agua fósil    \*Agua solobre\*Agua de mar

## Parámetros de Calidad de Agua

(Físicos, químicos, bacteriológicos, cualitativos)

\*PH    \*SDT    \*SS    \*NDT    \*E-coli    \*Temperatura    \*Color    \*Turbidez    \*Fe,.....

## Usos consuntivos del agua:

\*Evaporación    \*Transpiración    \*Integración en un producto    \*Descargas al mar    \*Descargas en otra cuenca

## Usos no consuntivos del agua:

Descarga hacia otro tipo de fuente de agua dentro de la misma cuenca

\*Uso en corriente

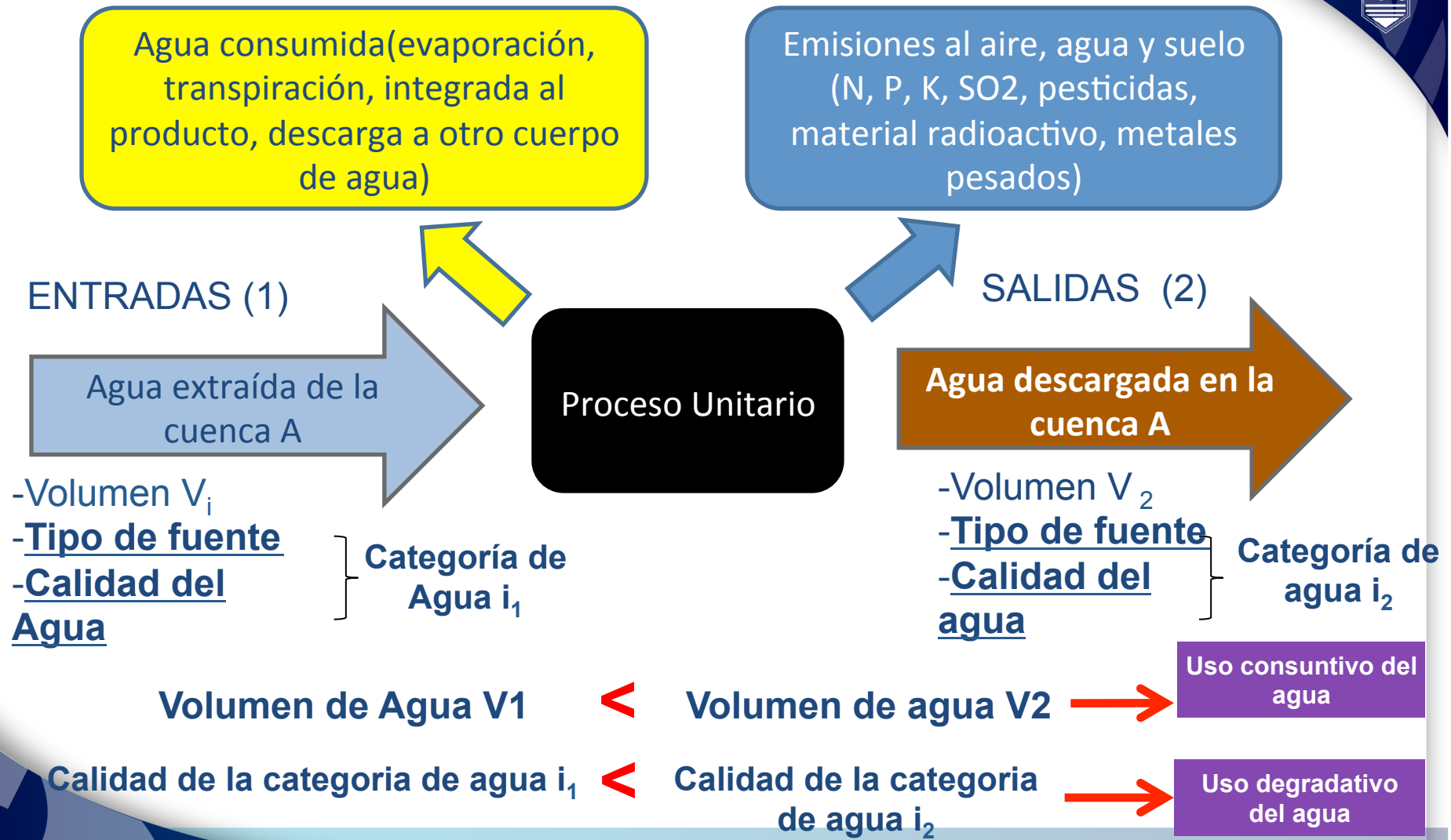
## Emisiones de relevancia para aire, agua y suelo:

\*SO<sub>2</sub>    \*Vn    \*Radioactivas    \* N    \*P    \*K    \*Bacteriologicas

El índice de escasez del agua y otros datos que pudieran ser de relevancia.

# Contabilidad de inventario para huella de agua

## Especificación de ubicación y tiempo



# Ejercicio de evaluación de conceptos



Life Cycle



Initiative



Responde correctamente

1) ¿Qué aspectos debe de considerar cada flujo de agua recolectado en el inventario?



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta

2) ¿Cómo se le llama al mecanismo natural en el que interviene la evaporación, precipitación, condensación, etc.?

- a) Ciclo del agua
- b) Flujo hídrico
- c) Cuantificación de agua
- d) Ninguna de las anteriores



## Ejercicio de evaluación de conceptos



Life Cycle



Responde correctamente

3) ¿ A qué se le conoce como doble contabilización al realizar un inventario para huella de agua?





# Contenido



Life Cycle



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos: tipos, disponibilidad y funcionalidad
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto Suiza Agua Colombia
7. Ejercicio de práctico

# Contabilidad de inventario para huella de agua



Life Cycle



Initiative



- Se establece una diferencia entre el agua superficial y el agua subterránea de uso consuntivo, ambas se consideran dentro del concepto de agua azul.
- No debe contabilizarse el agua utilizada para .
  - procesos cíclicos de enfriamiento
  - turbinas de las hidroeléctricas
- Debe considerarse de manera independiente el agua de origen pluvial y el de la humedad del ambiente. En este aspecto, recientemente se ha desarrollado el concepto de agua verde.

# Agua azul



Life Cycle



Initiative



Consumo de agua proveniente de aguas superficiales y subterráneas a lo largo de la cadena de suministro de un producto.





Life Cycle



## Contabilidad de los usos consuntivos del agua

Uso consuntivo se refiere al agua que se extrae de la fuente de agua (agua dulce superficial o subterránea), y no regresa totalmente en la misma cantidad y calidad. Ejemplos: riego, abastecimiento para consumo humano.

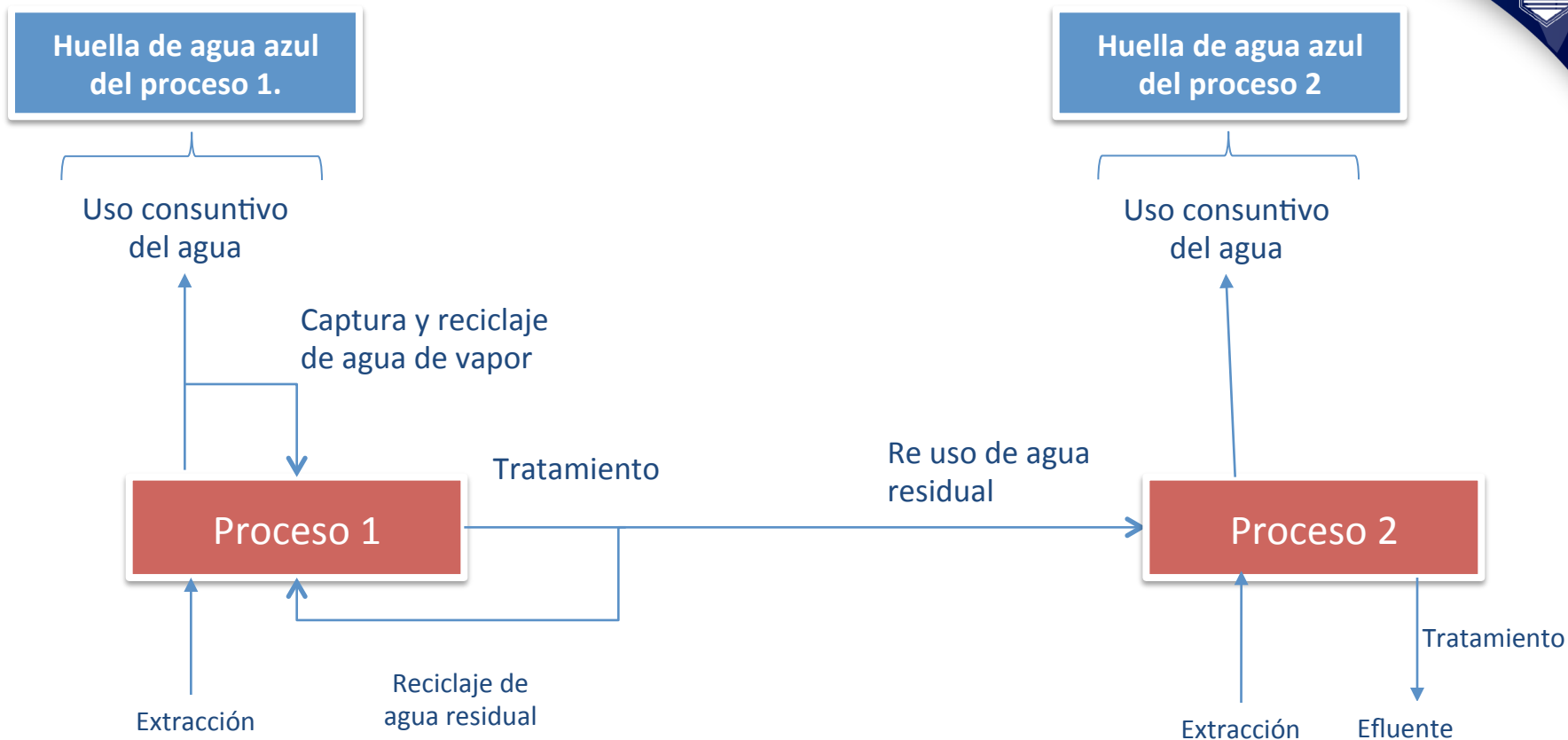


*El riego es un uso consuntivo, el agua se incorpora a los cultivos, es evapotranspirada y la mayor parte no regresa a la fuente original*

# Contabilidad de la huella de agua azul en el caso de reciclaje y re uso de agua



Life Cycle



# Agua roja



Life Cycle



Initiative



Indicador relacionado con el déficit de agua para el ser humano o los ecosistemas



**AGUA ROJA**

## Agua verde



Life Cycle



Initiative



Consumo de agua de lluvia durante el proceso de producción, ubicada en la zona superior del suelo y gracias a la cual existe la mayoría de la vegetación natural o cultivada.



## Agua verde



Life Cycle



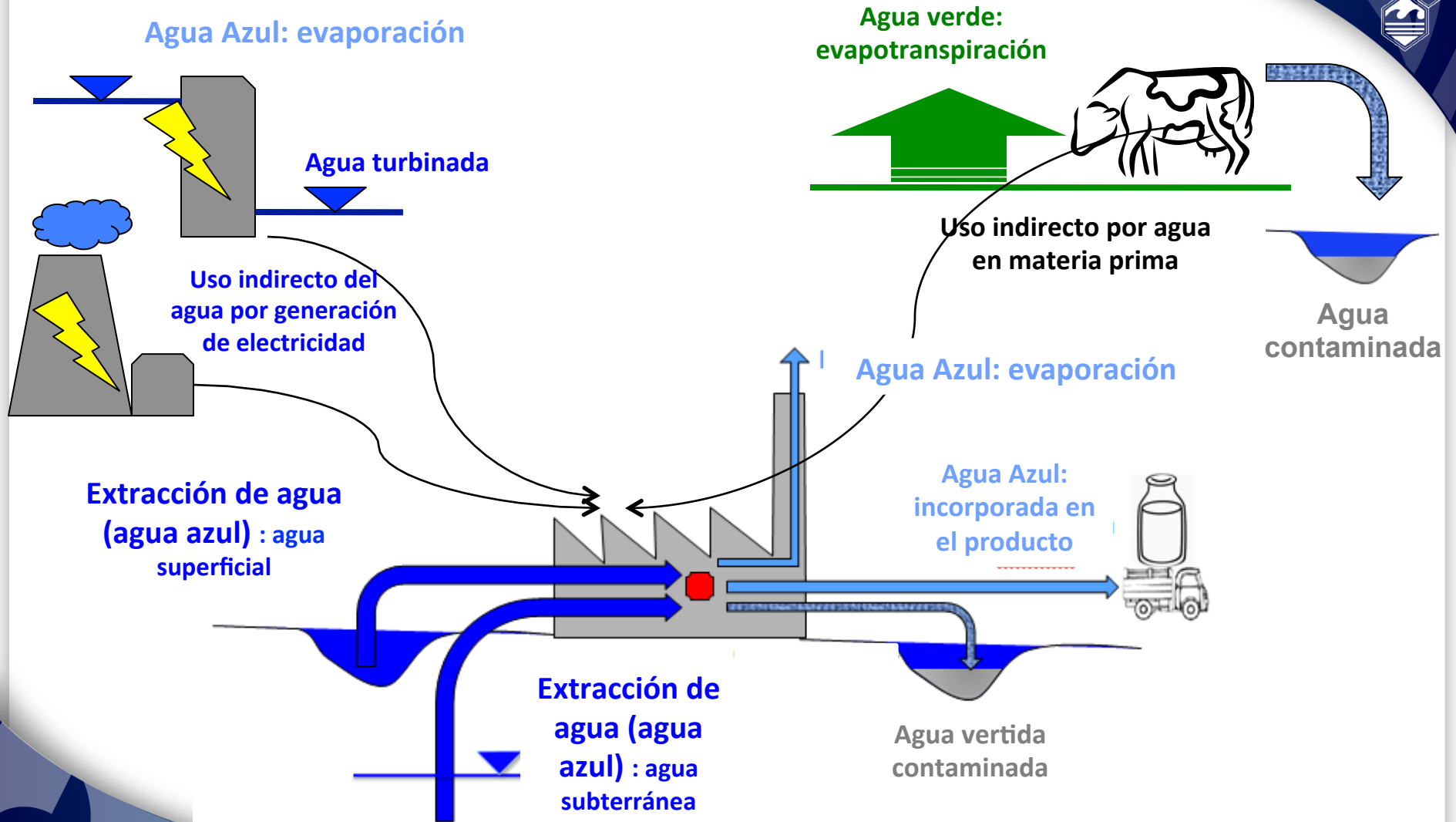
Initiative



- El agua de lluvia que no escurre o que no es recargada a un acuífero subterránea, se almacena en el suelo o se mantiene temporalmente en la capa superficial de suelo o vegetación.
- Con el tiempo esta agua se evapora o es transpirada por las plantas. El agua que se contabiliza para el cálculo de la huella de agua a verde es empleada en el crecimiento de los cultivos.



# Interrelación entre los distintos tipos de agua



# Proceso de Evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Evaporación.

Proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor).

El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada

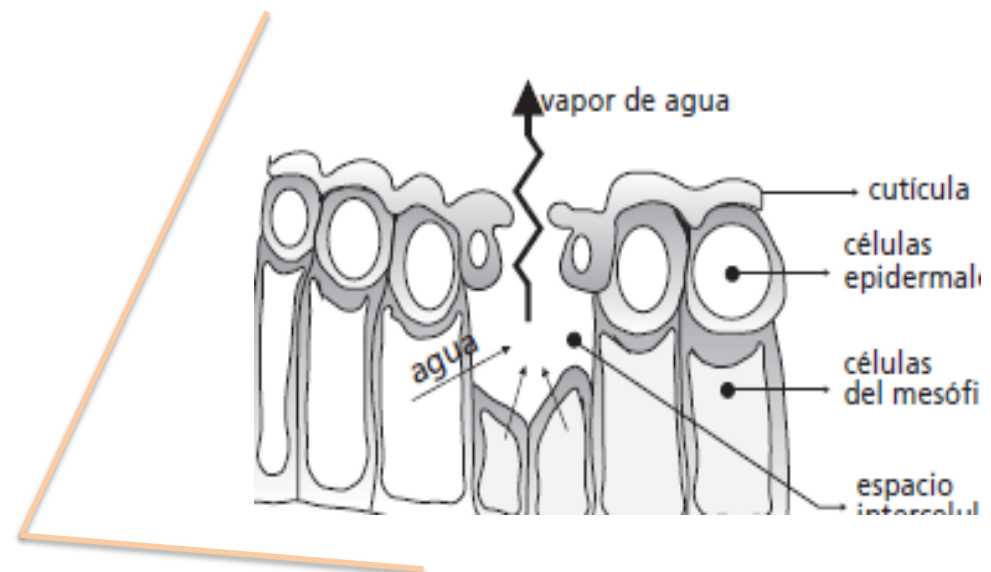
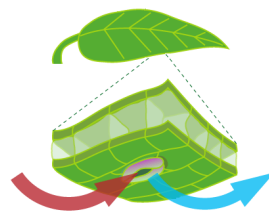


# Proceso de Evapotranspiración

## Transpiración.

Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas.

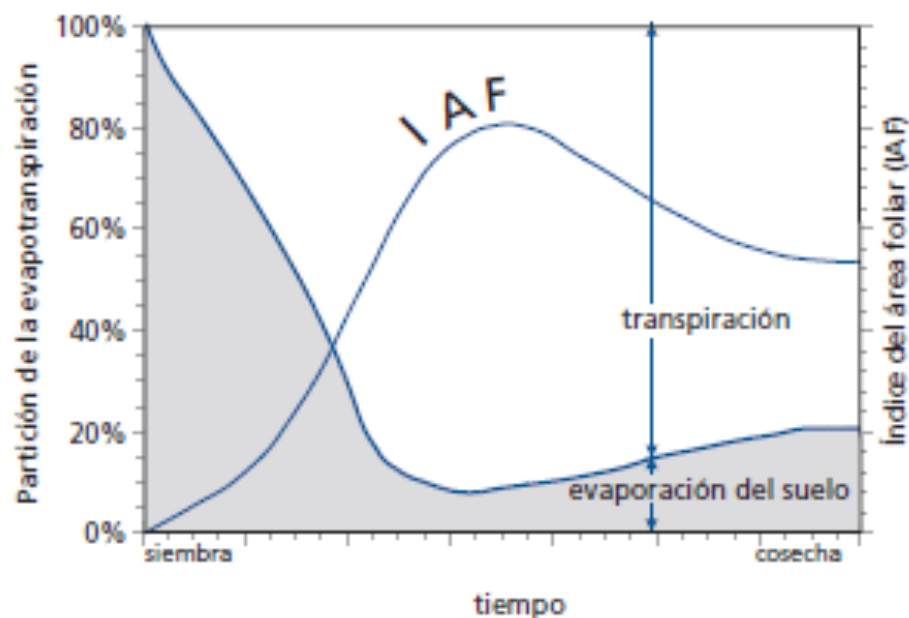
En la figura se muestra una esquematización de los estomas

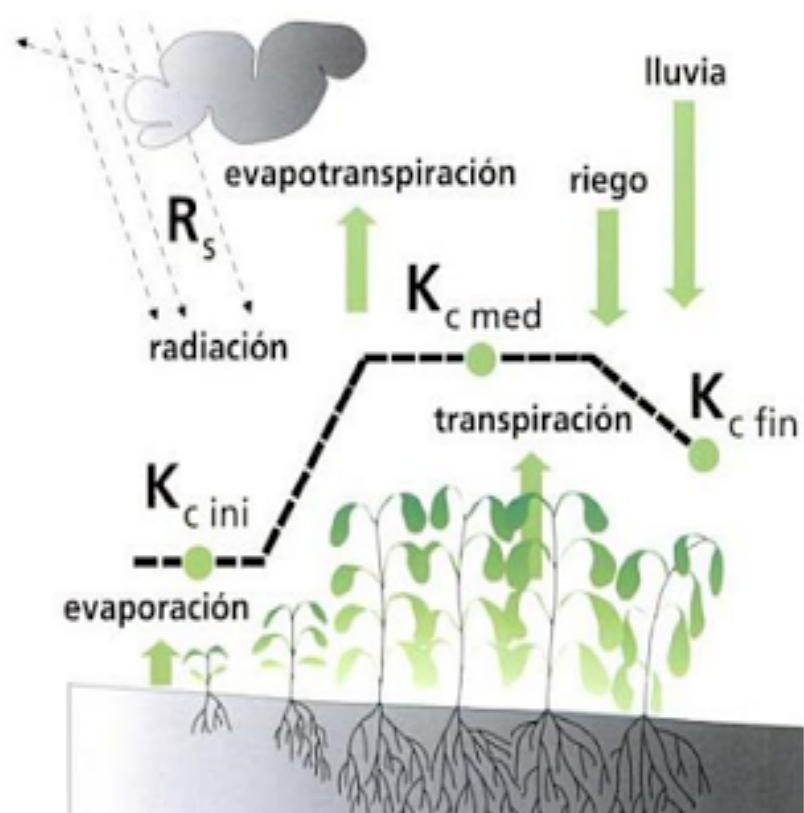


# Proceso de Evapotranspiración

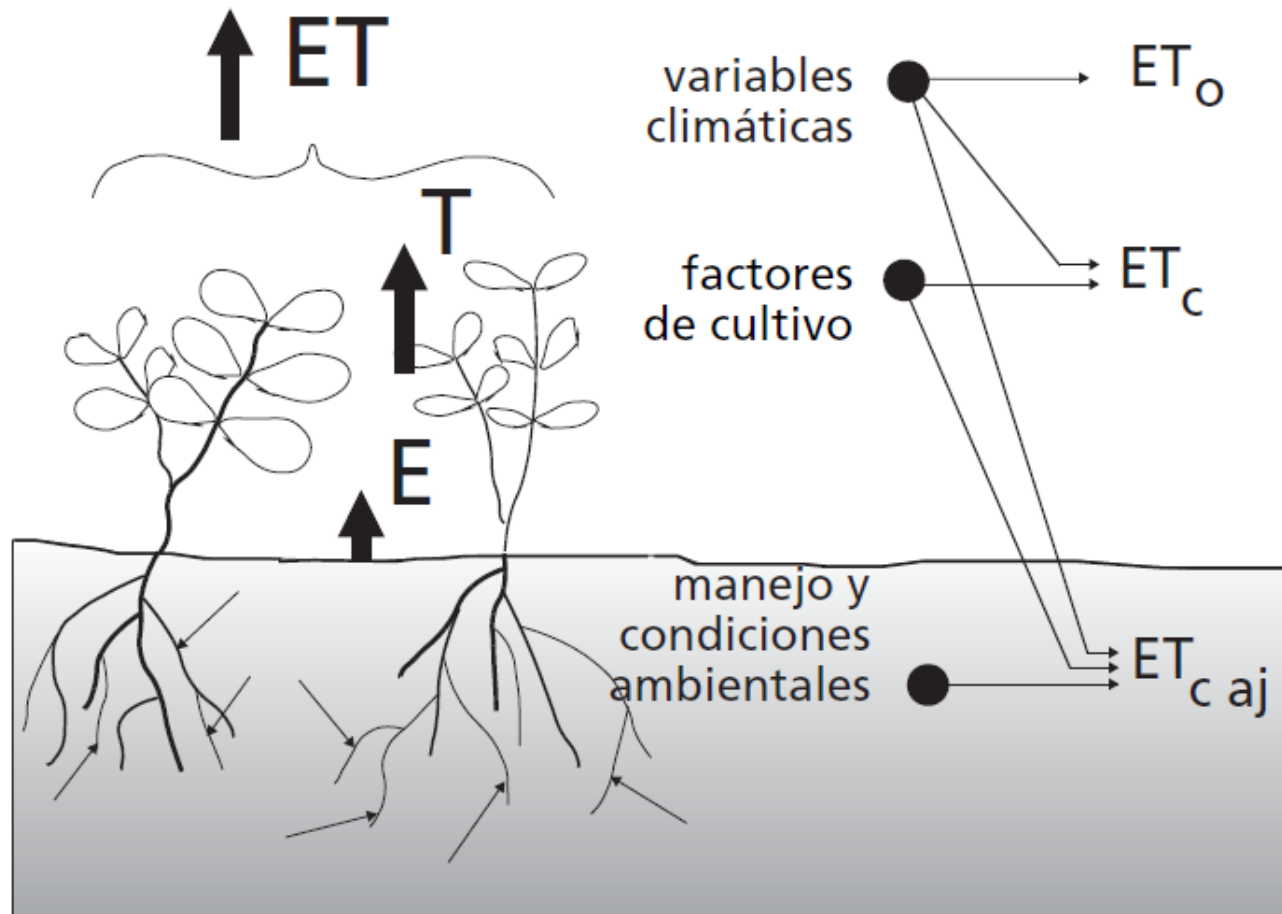


**Evapotranspiración (ET)** . Combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.





# Procesos que afectan la evapotranspiración



**Factores que afectan la evapotranspiración**

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Variables climáticas

Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros.

La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>).

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar.

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



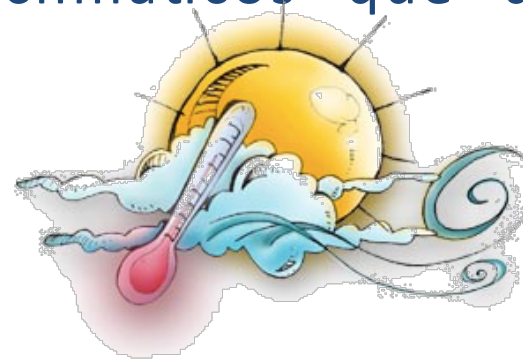
Initiative



## Variables climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son :

- radiación
- temperatura del aire
- humedad atmosférica
- velocidad del viento





# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Factores de cultivo

Aspectos a considerar deben cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas:

- 💧 tipo de cultivo
- 💧 variedad
- 💧 etapa de desarrollo



# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Factores de cultivo

Otros aspectos que dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas:

- diferencias en resistencia a la transpiración
- altura del cultivo
- rugosidad del cultivo
- el reflejo
- la cobertura del suelo
- características radiculares del cultivo

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Factores de cultivo

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas.

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Manejo y condiciones ambientales

Factores que pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración:

- Salinidad
- Baja fertilidad del suelo
- Uso limitado de fertilizantes
- Presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo,
- Ausencia de control de enfermedades y parásitos
- Mal manejo del suelo

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Manejo y condiciones ambientales

Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son :

- cubierta del suelo
- densidad del cultivo
- contenido de agua del suelo.

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Manejo y condiciones ambientales

Cuando se evalúa la tasa de ET, se debe considerar adicionalmente la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de ET. Las prácticas del cultivo y el método de riego pueden:

- alterar el microclima
- afectar las características del cultivo
- afectar la capacidad de absorción de agua del suelo y la superficie de cultivo.

# Procesos que afectan la evapotranspiración



Life Cycle



Initiative



## Manejo y condiciones ambientales

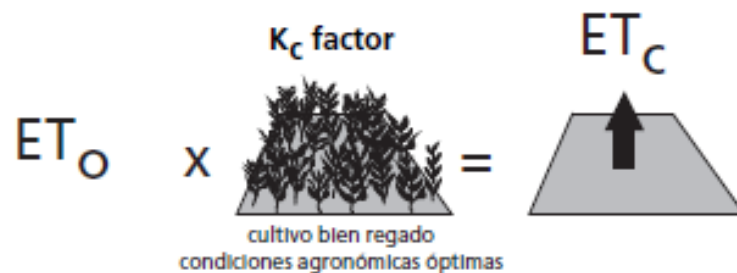
Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar, son necesarios factores de corrección para ajustar ETc (ETc aj).

**Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo.**

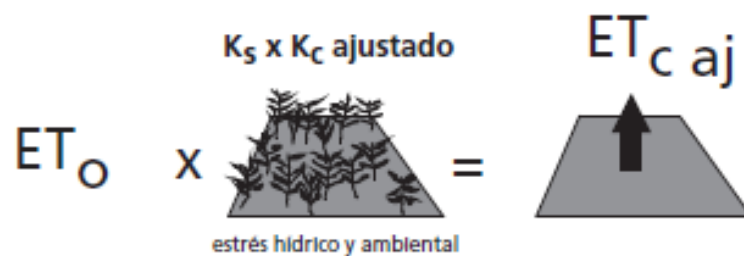
# Procesos que afectan la evapotranspiración



Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ),



Evapotranspiración bajo condiciones estándar ( $ET_c$ )



Evapotranspiración bajo condiciones no estándar ( $ET_{c\ aj}$ )



# Contabilidad de agua del crecimiento de un cultivo/árbol



Life Cycle



Initiative



## VOLUMEN DE AGUA VERDE}

$$HA_{verde, proceso} = \frac{CWU_v}{Y_v} \left[ \frac{\text{volumen (m}^3\text{)}}{\text{masa (ton)}} \right]$$


$$CWU_v = \text{componente verde en el uso de agua para el cultivo} \left[ \frac{\text{volumen (m}^3\text{)}}{\text{área (ha)}} \right]$$


$$Y_{verde} = \text{rendimiento del cultivo} \left[ \frac{\text{masa (ton)}}{\text{área (ha)}} \right]$$

# Contabilidad de agua del crecimiento de un cultivo o un árbol



Los componentes verde y azul en el uso de agua de los cultivos ( $CWU$ ,  $m^3/ha$ ) se calculan teniendo en cuenta la acumulación de la evapotranspiración diaria ( $ET$ ,  $mm/día$ ) durante el período de crecimiento completo:

 No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.

 No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.

$ET_{verde}$  = evapotranspiración del agua verde

$Et_{azul}$  = evapotranspiración de agua azul.

Factor 10 convierte la profundidad del agua medida en mm a volúmenes de agua de superficie en  $m^3/ha$ .

$\Sigma$  = comprende desde el día de la siembra (día 1) hasta el día de la cosecha.

$lgp$  = la duración del período de crecimiento (en días).

# Contabilidad de agua del crecimiento de un cultivo/árbol



Life Cycle



El factor  $\Sigma$  puede influir significativamente en el cálculo del uso de agua del cultivo, debido a las diferencias sustanciales en la duración del período de crecimiento entre las diferentes variedades de cultivos.

Con el propósito de explicar las diferencias en la evapotranspiración a lo largo de todo el ciclo de vida de un cultivo permanente o un árbol, se debe buscar el promedio anual de evapotranspiración a lo largo de su ciclo de vida.

Uso del agua "verde" : representa el total de **agua de lluvia** evaporada desde el campo durante el período de crecimiento.

Uso de agua "azul": indica el total de **agua de riego** evaporada desde el campo.



Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta

1) Combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

- a) Ciclo de agua
- b) Condensación
- c) Evapotranspiración
- d) Clima



# Ejercicio de evaluación de conceptos



Life Cycle



Initiative



Responde adecuadamente

2) ¿Qué variables afectan la evapotranspiración?



## Ejercicio de evaluación de conceptos



Life Cycle



Initiative



Responde apropiadamente

3) ¿ A qué se refiere el uso consuntivo del agua?



# Contenido



Life Cycle



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos: tipos, disponibilidad y funcionalidad
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
7. Ejercicio práctico



Life Cycle



Initiative



## CROPWATER 8.0C

Alternativas para establecer un modelo que describe la ET y el crecimiento de los cultivos:

- Modelo EPIC (Williams et al, 1989;. Williams, 1995)
- Modelo EPIC en formato matriz (Liu et al, 2007).
- **CROPWAT (FAO, 2009), basado en el método descrito en Allen et al. (1998).**
- AQUACROP, diseñado específicamente para crecimiento de cultivos y ET en condiciones deficitarias de agua (FAO, 2010e).



# CROPWATER 8.0



Life Cycle



Initiative



CROPWAT 8.0 es un programa de computación usado para:

- El cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos
- La elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo
- El cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

La presente versión de Windows se basa en las versiones en sistema DOS del CROPWAT 5.7 de 1992 y CROPWAT 7.0 de 1999.

**CROPWAT**  
**8.0**

# CROPWATER 8.0



NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT DEPARTMENT

FAO WATER

Software : Cropwat

**Download Information**

E-mail Address: \*

Job Title: \*

First Name:

Last Name:

Organization:

Country: --Please Select--

SEARCH

RELATED LINKS

Revised methodology for crop water requirements

Topics: Irrigation

Topics: Water Productivity

Publications: Irrigation

Publications: Productivity

DOWNLOADS

CropWat 8.0

Example of CropWat 8.0 use

CONTACT US

QUICKLINK TO

Databases & Software

Publications & CD-ROMs

Educational Material

Our Regional Offices

IPTRID

AQUACROP

<http://www.fao.org/nr/water/jsp/download/index.htm?dUrl=http://www.fao.org/nr/water/docs/CRW8.ZIP&saved=1>

# Requerimiento de agua



**ET**

Estimar

e.g. CROPWAT  
(recomendado)  
AQUACROP

Medir

$$HA_{verde, proceso} = \frac{CWU_v}{Y_v} \left[ \frac{\text{volumen (m}^3\text{)}}{\text{masa (ton)}} \right]$$

e.g. FAOSTAT

$$CWU_v = \text{compenente verde en el uso de agua para el cultivo} \left[ \frac{\text{volumen (m}^3\text{)}}{\text{área (ha)}} \right]$$

$$Y_{verde} = \text{rendimiento del cultivo} \left[ \frac{\text{masa (ton)}}{\text{área (ha)}} \right]$$

# ¿Para qué CROPWAT?



Life Cycle  
Initiative



CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

- Considera datos regionales de **clima, cultivo y suelo.**
- Tiene por objetivo calcular el requerimiento hídrico de un cultivo y la necesidad de riego
- Está diseñado para organizar planes de riego en diferentes condiciones de manejo del cultivo. CROPWAT se puede usar para evaluar las prácticas de riego de los productores y el desempeño del cultivo en seco e irrigado.

Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de suelo Siembra Archivo pat. de cultivo Arch. de progr.

# Datos de entrada



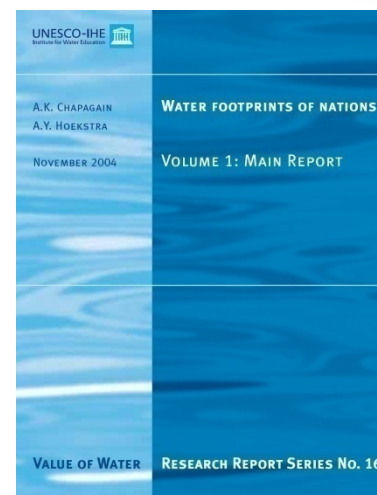
CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

- Si no se dispone de información climática local se puede usar **CLIMWAT**.
- CROPWAT incluye datos de suelo y cultivo por defecto.
- Información detallada de patrones de cultivo

# Software, bases de datos, documentos



# Clima/ETo:



CROPWAT - Sesión: untitled - [ETo Penman-Monteith Mensual - untitled]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones Estimación F6

País  Estación

Altitud  m. Latitud  °N Longitud  °E

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							
Promedio							

Opciones de CROPWAT

Clima/ETo | Precipitac. | Progr. de cultivos no inund | Program. de arroz | Preparac. suelo (arroz)

Configuración de datos

ETo Penman-Monteith

Temperatura

Cambios a esta config. afectan solo a datos NUEVOS

Unidades

Humedad

Vel. de viento

Insolación

ETo

Guardar como por defecto | Volver a conf. FAD por defecto | OK | Cancelar | Ayuda

Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de suelo Siembra Archivo pat. de cultivo Arch. de progra.

untitled



Life Cycle Initiative



# CLIMWAT 2.0 para CROPWAT

▶ text only version ▶ print friendly

helping to build a world without hunger

NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT DEPARTMENT



## FrontPage

### Topics

#### Information Resources

Publications & CD-ROMs

Graphs & Maps

Multimedia

Video

#### Databases & Software

AquaCrop

Aquastat

AquaMaps

CropWat

ClimWat

ETo Calculator

Wastewater

### Projects

### Hot Issues

#### QUICKLINK TO ↓

Databases & Software

Publications & CD-ROMs

Educational Material

Our Regional Offices

IPTRID

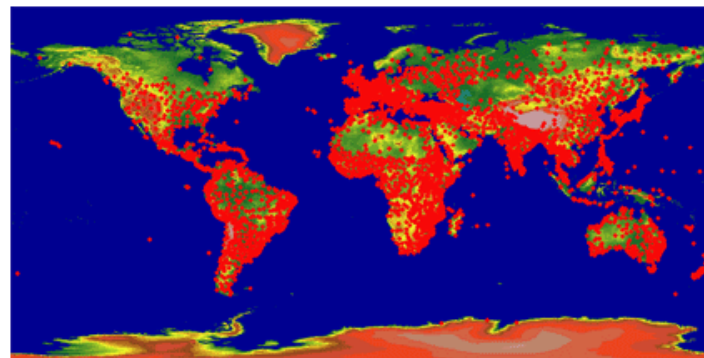
## Databases

### CLIMWAT 2.0 for CROPWAT

CLIMWAT is a climatic database to be used in combination with the computer program CROPWAT, and allows the calculation of crop water requirements, irrigation supply and irrigation scheduling for various crops for a range of climatological stations worldwide.

CLIMWAT 2.0 for CROPWAT is a joint publication of the **Water Development and Management Unit** and the **Climate Change and Bioenergy Unit** of FAO.

CLIMWAT 2.0 offers observed agroclimatic data of over 5000 stations worldwide distributed as shown below.



Location of stations included in CLIMWAT 2.0.

SEARCH

### RELATED LINKS

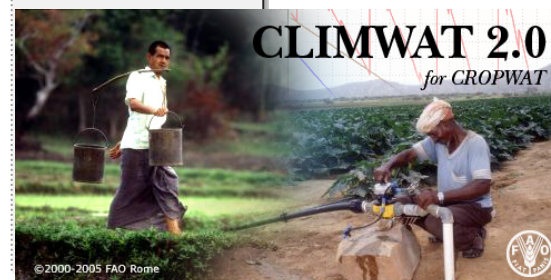
Climate Change and Bioenergy Unit

Revised FAO Methodology for Crop Water Requirements

### DOWNLOADS

ClimWat 2.0 for Cropwat

### CONTACT US

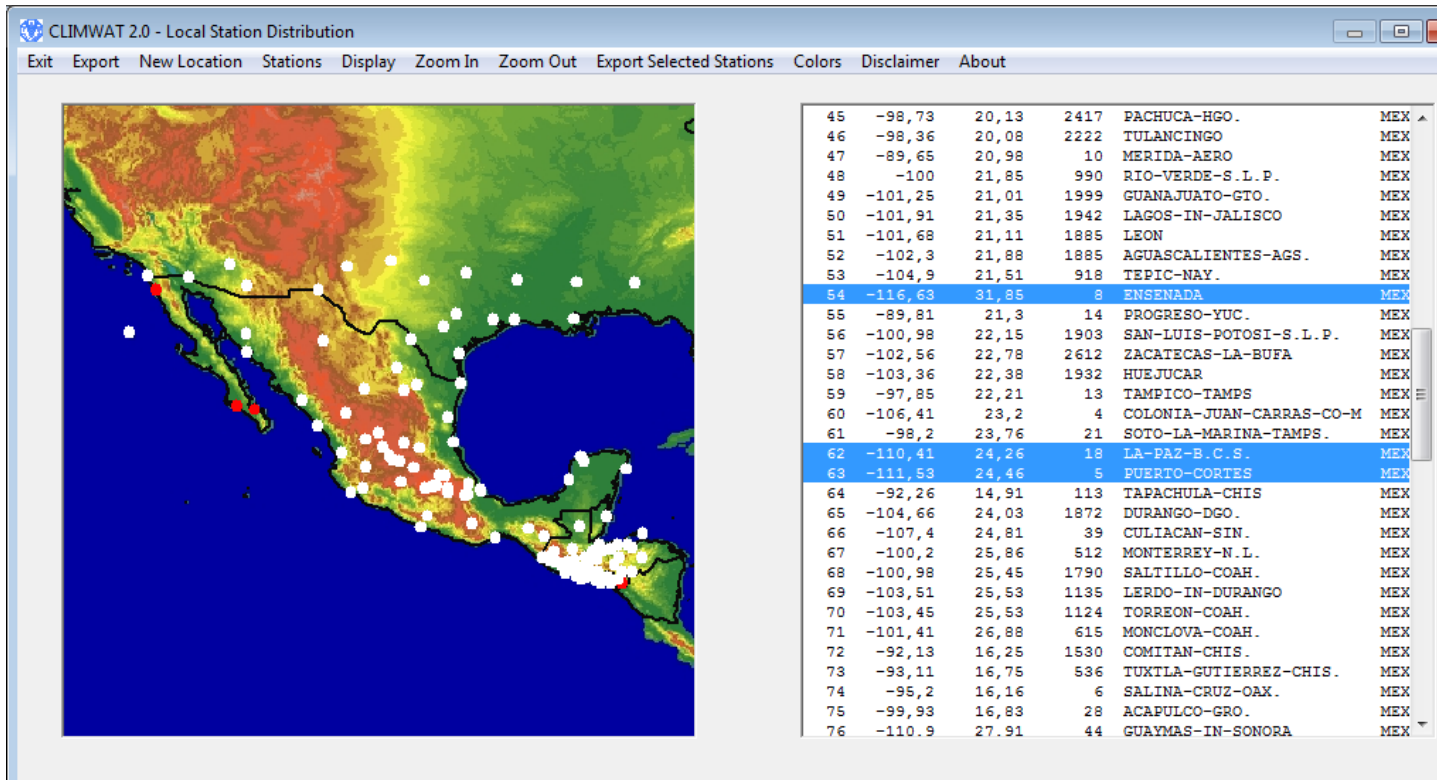




# CLIMWAT 2.0 para CROPWAT



Life Cycle  
Initiative



# Modulo precipitación



Life Cycle Initiative



CROPWAT - Sesión: untitled - [Precipitación mensual - untitled]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Estación  Método Prec. Ef **Fórmula FAO/AGLW**

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Total		

Opciones de CROPWAT

Clima/ETo    Precipitac.    Progr. de cultivos no inund    Program. de arroz    Preparac. suelo (arroz)

Método para Prec. Efectiva para cálculo de RAC

Porcentaje fijo: 80 %

**Precip. confiable (formula FAO/AGLW)**  
 $P_{ef} = 0.6 * P - 10$  /3 para Pmonth <= 70 /3 mm  
 $P_{ef} = 0.8 * P - 24$  /3 para Pmonth > 70 /3 mm

**Fórmula empírica**  
 $P_{ef} = 0.5 * P + -5$  /3 para P <= 50 /3 mm  
 $P_{ef} = 0.7 * P + 20$  /3 para P > 50 /3 mm

**USDA servicio de conservación de s**  
 $P_{ef} = (P * (125 - 0.2 * P)) / 125$  para P <= 250 /3 mm  
 $P_{ef} = 125 /3 + 0.1 * P$  para P > 250 /3 mm

**Precipitación no considerada en los cálculos de riego (precipitación efe**

Nota: en rojo se muestran factores de corrección que CROPWAT aplica para ajustar formulas en el caso de datos de prec. diaria y decadal (para cálculo de prec. efectiva diaria, los datos son agregados por década)

Guardar como por defecto    Volver a conf. FAD por defecto    OK    Cancelar    Ayuda

Archivo ET0    Arch. de prec.    Archivo de cultivo    Archivo de suelo    Siembra    Archivo pat. de cultivo    Arch. de progra.

# Ejemplo



Life Cycle



Initiative



$ET_0^*$  (mm/día)      Precipitación mensual(mm/mens)      Precipitación mensual efectivas\* (mm/mes)

```

GRONINGEN-AP-EELDE.cli - Notepad
File Edit Format View Help
"GRONINGEN-AP-EELDE", "", " 4", 0,0,0,0,0,0,0,0
0.21      66.60      59.50
0.39      45.20      41.93
0.86      57.50      52.21
1.58      48.20      44.48
2.43      57.80      52.45
2.82      68.80      61.23
2.75      76.30      66.99
2.53      66.40      59.35
1.59      70.60      62.63
0.83      68.70      61.15
0.44      77.10      67.59
0.22      75.50      66.38
    
```

Radiación solar promedio (MJ/m<sup>2</sup>/día)

La velocidad promedio del viento (km/día)

$ET_0^*$  (mm/día)

La temperatura promedio diaria máxima. (°C)

```

GRONINGEN-AP-EELDE.pen - Notepad
File Edit Format View Help
"Location 7", "GRONINGEN-AP-EELDE", 4, 53.13, "N.L.", 6.58, " 01"
3.7      -1.5      95.4      457.9      0.45      2.06      0.21
4.5      -1.4      91.9      423.4      2.05      4.60      0.39
7.9      0.5      86.7      449.3      2.85      7.93      0.86
11.8     2.5      81.7      397.4      5.01      13.22     1.58
16.6     6.3      79.1      354.2      6.22      17.06     2.43
19.5     9.3      80.6      345.6      6.11      17.95     2.82
20.7    10.9     83.0      354.2      5.71      16.92     2.75
21.2    10.8     82.5      319.7      5.83      15.05     2.53
18.2     8.7      87.2      337.0      4.06      10.18     1.59
13.7     5.9      90.8      354.2      2.45      5.78      0.83
8.3      2.3      92.5      440.6      1.06      2.77      0.44
4.9     -0.2     95.7      449.3      0.13      1.53      0.22
    
```

Temperatura promedio diaria mínima (°C)

Humedad relativa promedio(%)

Horas de sol promedio por día

# Módulo de cultivo



CROPWAT - Sesión: untitled - [Cultivo - untitled]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Nombre del Cult.  Siembra 05/10 Cosecha

Clima/ETo

Prec.

**Cultivo**

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

Kc Valores

Etapa (días) inicial  desarrollo  med  fin de temporada  total

Prof. radicular (m)

Agotam. crítico (fracción)

F. respuesta rend.

Altura de cult. (m)      (opcional)

\*Si se dispone del alto de la máxima Altura del cultivo debe ser proporcionada.

El módulo de cultivos requiere los siguientes datos obligatorios:

- Fecha de siembra
- Coeficiente de cultivo(Kc)
- Etapas de crecimiento
- Profundidad radicular
- Fracción de agotamiento crítico (p)
- Factor de respuesta del rendimiento (Ky)

Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de suelo Siembra 05/10 Archivo pat. de cultivo Arch. de progra.

# Módulo de cultivo



Life Cycle  
Initiative

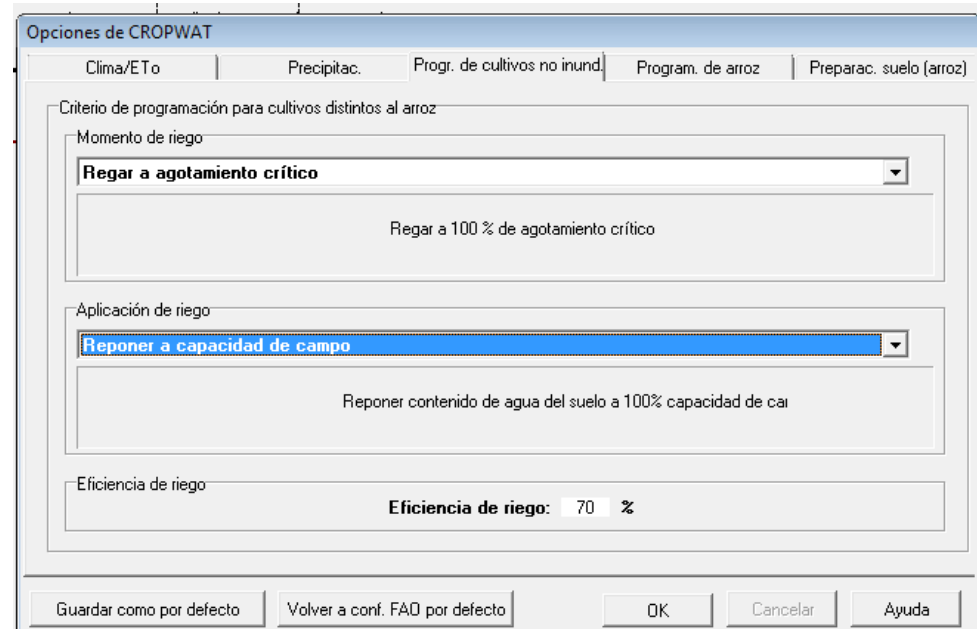
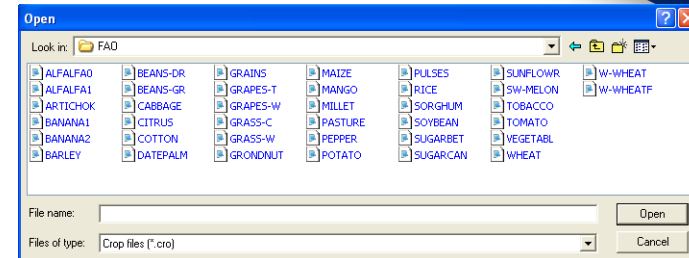
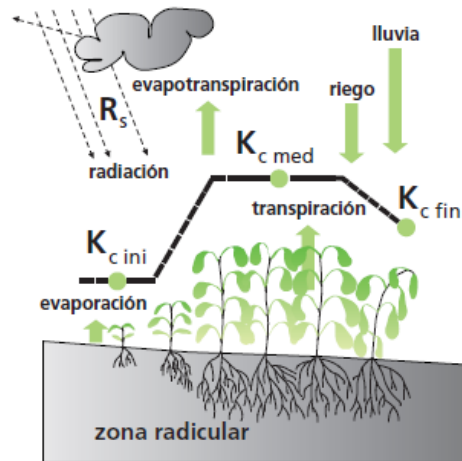


ESTUDIO FAO  
RIEGO Y  
DRENAJE

56

## Evapotranspiración del cultivo

Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos



Documento disponible en <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

# Módulo de suelo, cultivo diferente al arroz



CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

**Suelo - untitled**

Nombre del suelo

Datos generales de suelo

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	<input type="text"/>	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	<input type="text"/>	mm/día
Profundidad radicular máxima	<input type="text"/>	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	<input type="text"/>	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	<input type="text"/>	mm/metro

**Opciones de CROPWAT**

Clima/ETo | Precipitac. | Progr. de cultivos no inund | Program. de arroz | Preparac. suelo (arroz)

Criterio de programación para arroz

Momento de riego

Regar a altura de agua fijada

Regar a 5 mm altura de agua

Aplicación de riego

Reponer a altura de agua fija

Reponer lámina de agua a 100 mm

Eficiencia de riego

Eficiencia de riego: 70 %

Guardar como por defecto | Volver a conf. FAO por defecto | OK | Cancelar | Ayuda

# Módulo de suelo arroz



En caso de cálculos para el arroz, los siguientes datos adicionales se requieren:

- Porosidad de drenaje
- Agotamiento crítico para agrietamiento en anegamiento
- Agua disponible en la siembra
- Altura máxima de agua

# Módulo de suelo



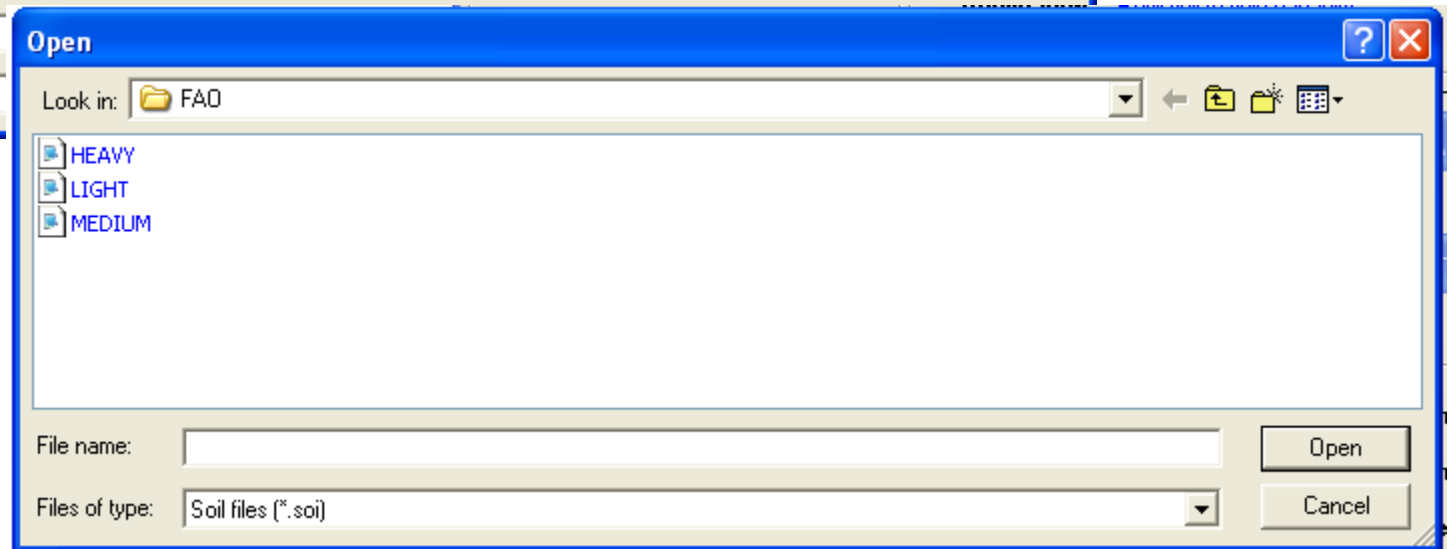
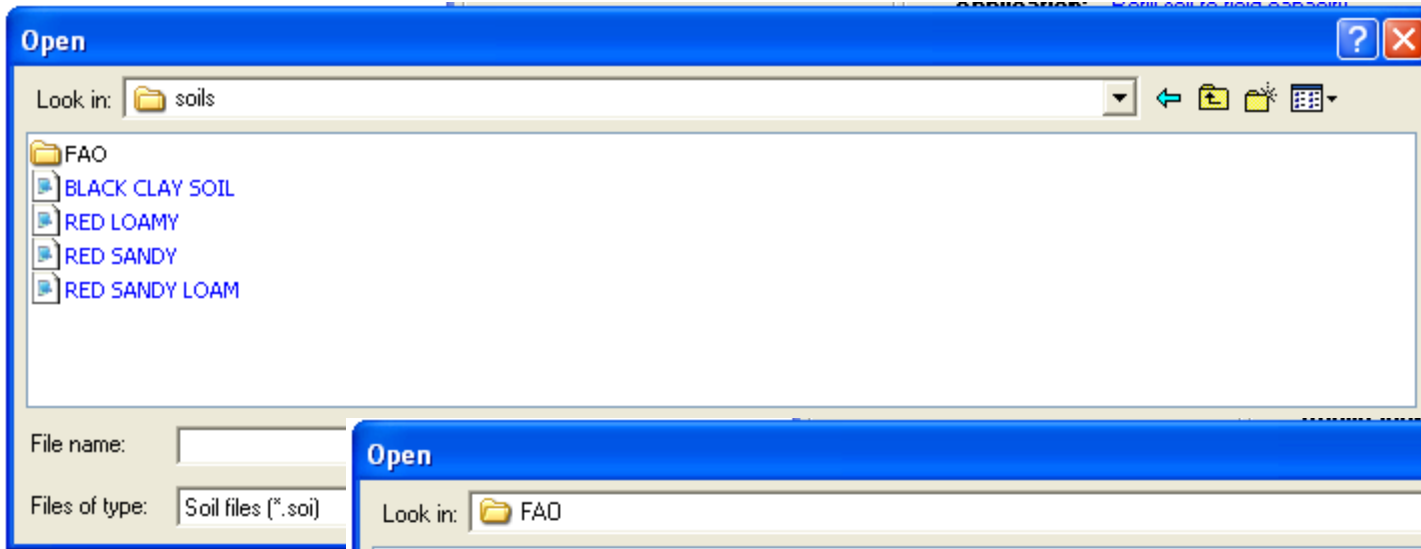
Life Cycle



Initiative



SETAC





# Módulo de patrón de cultivo



CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Patrón de cultivo - untitled

Nombre de patrón de cultivo

No.	Archivo de cultivo	Nombre del cult.	Siembra fecha	Cosecha fecha	Área %
1.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
13.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
17.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
18.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	05/10	<input type="text"/>	<input type="text"/>

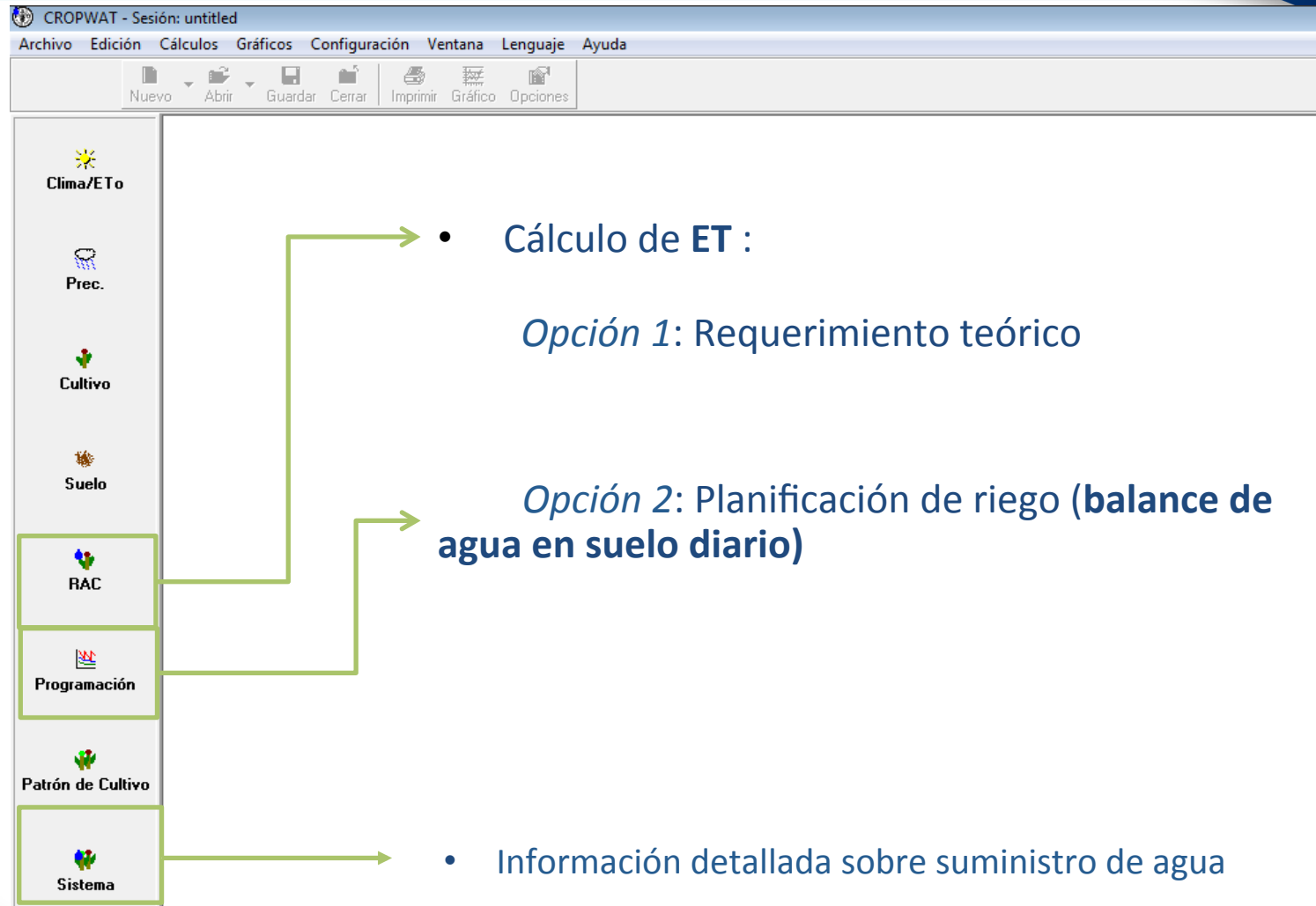
Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de suelo Siembra Archivo pat. de cultivo Arch. de progra.

El módulo de patrón de cultivos es un dato primario de entrada, requiere la información sobre los cultivos (1 a 20) que forman parte del esquema.

Con referencia a cada cultivo, los siguientes datos son necesarios:

- **Archivo de cultivo:**
- **Fecha de siembra:**
- **Área**

# Datos de salida de CROPWAT



# Requerimientos de agua de cultivo



CROPWAT - Sesión: untitled - [Requerimiento de Agua del Cultivo]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Estación ETo: KURNOOL Cultivo: COTTON  
 Est. de lluvia: KURNOOL Fecha de siembra: 23/03

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Mar	3	Inic	0.35	2.16	19.4	0.9	18.4
Abr	1	Inic	0.35	2.25	22.5	1.4	21.0
Abr	2	Inic	0.35	2.33	23.3	1.9	21.4
Abr	3	Des	0.43	3.04	30.4	5.6	24.7
May	1	Des	0.60	4.61	46.1	9.9	36.3
May	2	Des	0.78	6.33	63.3	13.3	50.0
May	3	Des	0.96	7.52	82.8	15.9	66.9
Jun	1	Des	1.15	8.52	85.2	18.5	66.8
Jun	2	Med	1.22	8.80	88.0	21.2	66.9
Jun	3	Med	1.22	8.21	82.1	23.5	58.6
Jul	1	Med	1.22	7.54	75.4	26.4	49.0
Jul	2	Med	1.22	6.91	69.1	29.1	40.0
Jul	3	Med	1.22	6.84	75.2	29.1	46.1
Ago	1	Fin	1.19	6.64	66.4	28.4	38.0

kurnool.pen    kurn-av.crm    kurn-cotton.cro    medium soi    23/03

# Requerimientos de agua de cultivo



Life Cycle



CROPWAT - Session: untitled - [Crop Water Requirements]

File Edit Calculations Charts Settings Window Language Help

New Open Save Close Print Chart Options

ETo station: KURN00L  
Rain station: KURN00L  
Crop: COTTON  
Planting date: 23/03

Month	Decade	Stage	Kc coeff	ETc mm/day	ETc mm/dec	Eff rain mm/dec	Irr. Req. mm/dec
Mar	3	Init	0.35	2.16	19.4	0.9	18.4
Apr	1	Init	0.35	2.25	22.5	1.4	21.0
Apr	2	Init	0.35	2.33	23.3	1.9	21.4
Apr	3	Deve	0.43	3.04	30.4	5.6	24.7
May	1	Deve	0.60	4.61	46.1	9.9	36.3
May	2	Deve	0.78	6.33	63.3	13.3	50.0
May	3	Deve	0.96	7.52	82.8	15.9	66.9
Jun	1	Deve	1.15	8.52	85.2	18.5	66.8
Jun	2	Mid	1.22	8.80	88.0	21.2	66.9
Jun	3	Mid	1.22	8.21	82.1	23.5	58.6
Jul	1	Mid	1.22	7.54	75.4	26.4	49.0
Jul	2	Mid	1.22	6.91	69.1	29.1	40.0
Jul	3	Mid	1.22	6.84	75.2	29.1	46.1
Aug	1	Late	1.19	6.64	66.4	28.4	38.0
Aug	2	Late	1.06	5.80	58.0	28.5	29.5
Aug	3	Late	0.91	4.79	52.7	30.4	22.3
Sep	1	Late	0.76	3.84	38.4	33.6	4.8
Sep	2	Late	0.63	3.06	24.5	28.7	0.0
					1003.1	346.4	660.7

ETo file: kurnool.pen  
Rain file: kurn-av.crm  
Crop file: kurn-cotton.cro  
Soil file: medium soi  
Planting date: 23/03  
Crop pat file:

# Programación



CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

Este módulo incluye esencialmente los cálculos y la elaboración de un Balance hídrico de suelo en forma diaria. Esto permite:

- Elaborar programaciones de riego indicativas que permitan mejorar la gestión del agua
- Evaluar las actuales prácticas de riego y la asociada productividad de agua de los cultivos
- Evaluar la producción de cultivos bajo condiciones de secano y la viabilidad del riego suplementario
- Desarrollar alternativas de programación de entrega de agua para condiciones de limitado suministro de agua.

Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de suelo Siembra Archivo pat. de cultivo Arch. de progra.

# Programación



Life Cycle Initiative



File Edit Calculations Charts Settings Window Language Help

New Open Save Close Print Chart Options

Climate/ETo  
Rain  
Crop  
Soil  
CWR  
**Schedule**  
Crop Pattern  
Scheme

**Crop Form**  
Crop Name: CITRUS 70% ca b  
Kc Values: 0.7  
Stage: init  
Stage (days): 60  
Rooting depth (m): 1.40  
Critical depletion (fraction): 0.5  
Yield response f.: 1.0  
Cropheight (m):

**Crop irrigation schedule**

ETo station: SAO-PAULO    Crop: CITRUS 70% ca bare    Planting date: 07/09    Yield red.: 0.0 %  
Rain station: SAO-PAULO    Soil: Medium (loam)    Harvest date: 06/09

Table format:  
 Irrigation schedule  
 Daily soil moisture balance  
 Timing: No irrigation (rainfed)  
 Application: -  
 Field eff.: 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr
			mm	fract.	mm/day	%	mm	mm	mm	mm
7 Sep	1	Init	11.1	1.00	1.5	0	0.0	1.5	0.0	0.0
8 Sep	2	Init	0.0	1.00	1.5	1	0.0	3.0	0.0	0.0
9 Sep	3	Init	0.0	1.00	1.5	1	0.0	4.4	0.0	0.0
10 Sep	4	Init	0.0	1.00	1.5	1	0.0	5.9	0.0	0.0
11 Sep	5	Init	0.0	1.00	1.7	2	0.0	7.6	0.0	0.0
12 Sep	6	Init	0.0	1.00	1.7	2	0.0	9.3	0.0	0.0
13 Sep	7	Init	13.4	1.00	1.7	0	0.0	1.7	0.0	0.0
14 Sep	8	Init	0.0	1.00	1.7	1	0.0	3.4	0.0	0.0
15 Sep	9	Init	0.0	1.00	1.7	1	0.0	5.1	0.0	0.0
16 Sep	10	Init	0.0	1.00	1.7	2	0.0	6.8	0.0	0.0
17 Sep	11	Init	13.4	1.00	1.7	0	0.0	1.7	0.0	0.0

Total irrigation losses: 0.0 mm    Total rain loss: 863.8 mm  
 Actual water use by crop: 599.2 mm    Moist deficit at harvest: 8.3 mm  
 Potential water use by crop: 599.2 mm    Actual irrigation requirement: 8.3 mm  
 Efficiency irrigation schedule: - %    Efficiency rain: 40.6 %  
 Deficiency irrigation schedule: 0.0 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Yield response factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Yield reduction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Cumulative yield reduction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %

# Programación



Life Cycle  
Initiative



CROPWAT - Sesión: untitled - [Programación de riego de cultivo]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

**ETo estación** KURNOOL **Cultivo** COTTON **Siembra** 23/03 **Red. Rend.**  
**Est. de lluvia** KURNOOL **Suelo** Medium (loam) **Cosecha** 18/09 **0.0 %**

Formato de Tabla  
 **Program. de riego** **Momento:** [Regar a agotamiento crítico](#)  
 **Bal. diario de agua de suelo** **Aplicación:** [Reponer a capacidad de campo](#)  
**Ef. campo** 70 %

Fecha	Día	Etap	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Jun	72	Des	0.0	1.00	100	65	244.2	0.0	0.0	348.8	0.56
26 Jul	126	Med	0.0	1.00	100	66	268.9	0.0	0.0	384.1	0.82
18 Sep	Fin	Fin	0.0	1.00	0	19					

**Uso real de agua del cultivo** 1000.0 mm **Def. de hum. en cosecha** 75.1 mm  
**Uso pot. de agua del cultivo** 1000.0 mm **Requer. reales de riego** 588.2 mm  
**Efic. de programación de riego** 100.0 % **Efic. de precipitación** 93.1 %  
**Deficiencia de programación de riego** 0.0 %

Archivo ETo	Arch. de prec.	Archivo de cultivo	Archivo de suelo	Siembra	Archivo pat. de cultivo	Arch. de progra.
kurnool.pen	kurn-av.crm	kurn-cotton.cro	medium soi	23/03		

# Programación



Life Cycle  
Initiative



The screenshot displays the CROPWAT software interface. On the left sidebar, the 'Schedule' button is highlighted with a green circle. The main window shows the 'CROPWAT options' dialog box with the 'Non-rice crop scheduling' tab selected. The 'Irrigation timing' dropdown menu is set to 'Irrigate at critical depletion'. Below it, the 'Irrigation application' dropdown menu is set to 'User defined application depth'. The 'Irrigation efficiency' is set to 70%. The dialog box also includes buttons for 'Save as default', 'Reset to FAO defaults', 'OK', 'Cancel', and 'Help'.



# Programación



Life Cycle  
Initiative



CROPWAT - Sesión: untitled - [Programación de riego de cultivo]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

**ETo estación** KURNOOL **Cultivo** COTTON **Siembra** 23/03 **Red. Rend.** 0.0 %  
**Est. de lluvia** KURNOOL **Suelo** Medium (loam) **Cosecha** 18/09

**Formato de Tabla**  
 Program. de riego **Momento:** Regar a agotamiento crítico  
 Bal. diario de agua de suelo **Aplicación:** Reponer a capacidad de campo  
**Ef. campo** 70 %

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	ET verde	mm.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%		mm	l/s/ha
2 Jun	72	Des	0.0	1.00	100	65	244.2	0.0	0.56
26 Jul	126	Med	0.0	1.00	100	66	268.9	0.0	0.82
18 Sep			0.0	1.00	0	19			

**Totales**  
 Lámina bruta total 732.9 mm  
 Lámina neta total 513.1 mm  
 Pérdida total de riego 0.0 mm  
 Uso real de agua del cultivo 1000.0 mm  
 Uso pot. de agua del cultivo 1000.0 mm  
 Precipitación total 442.2 mm  
 Precipitación Efectiva 411.8 mm  
 Def. de ET azul 5.1 mm  
 Requer. reales de riego 588.2 mm

**Patrón de Cultivo**  
 Archivo ETo kurnool.pen  
 Arch. de prec. kurn-av.crm  
 Archivo de cultivo kurn-cotton.cro  
 Archivo de suelo medium soi  
 Siembra 23/03  
 Archivo pat. de cultivo  
 Arch. de progra.

# Programación



CROPWAT - Sesión: untitled - [Programación de riego de cultivo]

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

**Clima/ETo** ETo estación KURNOOL Cultivo COTTON Siembra 23/03 Red. Rend. 0.0 %  
 Est. de lluvia KURNOOL Suelo Medium (loam) Cosecha 18/09

Program. de riego **Momento:** Regar a agotamiento crítico  
 Bal. diario de agua de suelo **Aplicación:** Reponer a capacidad de campo  
**Ef. campo** 70 %

Fecha	Día	Etap	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
2 Jun	72	Des	0.0	1.00	100	65	244.2	0.0	0.0	348.8	0.56
26 Jul	126	Med	0.0	1.00	100	66	268.9	0.0	0.0	384.1	0.82
18 Sep	Fin	Fin	0.0	1.00	0	19					

**Uso pot. de agua del cultivo** 1000.0 mm **Requer. reales de riego** 588.2 mm  
**Efic. de programación de riego** 100.0 % **Efic. de precipitación** 93.1 %  
**Deficiencia de programación de riego** 0.0 %

Reducción de rendimiento

Archivo ETo	Arch. de prec.	Archivo de cultivo	Archivo de suelo	Siembra	Archivo pat. de cultivo	Arch. de progra.
kurnool.pen	kurn-av.crm	kurn-cotton.cro	medium soi	23/03		

# CROPWATER 8.0



Life Cycle



Initiative



Para obtener la información más actualizada de CROPWAT visite su sitio web en:

[http://www.fao.org/nr/water/  
infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html)





# Contenido



Life Cycle



Initiative



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos: tipos, disponibilidad y funcionalidad
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
7. Ejercicio práctico

# Casos de estudio en América Latina



Life Cycle



Initiative



## Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia

### Introducción



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC



Public-private partnership for assessment and reduction  
of water footprint, and its communication.

Fuente: Rojas et al., 2013)

CLARIANT



Holcim



Nestlé

syngenta

# Casos de estudio en América Latina

## Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia.

### Proyecto SuizAgua Colombia



## Metodología

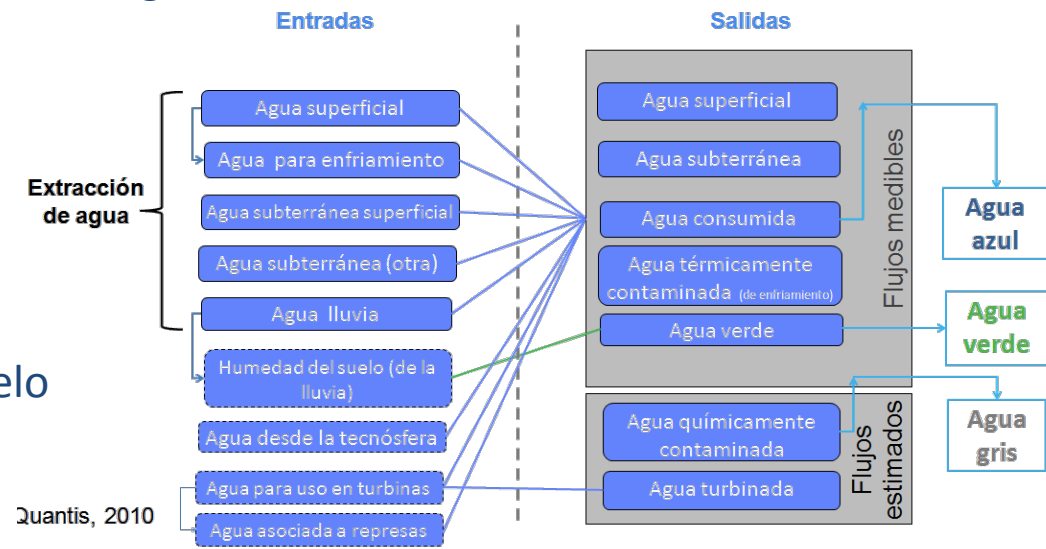
- Inventario de datos provisto directamente por la compañías
- Periodo : 2009-2011
- Operaciones contempladas:



- Contabilidad de usos directos e indirectos de agua virtual



- Contaminación del agua contabilizada para el modelado de:
  - ✓ emisiones directas al: agua
  - ✓ emisiones indirectas al: aire y suelo



Fuente: (Rojas et al., 2013)

Esquematzación de la clasificación de los usos de agua para el inventario

Fuente: COSUDE (2013b).

## Casos de estudio en América Latina



Life Cycle



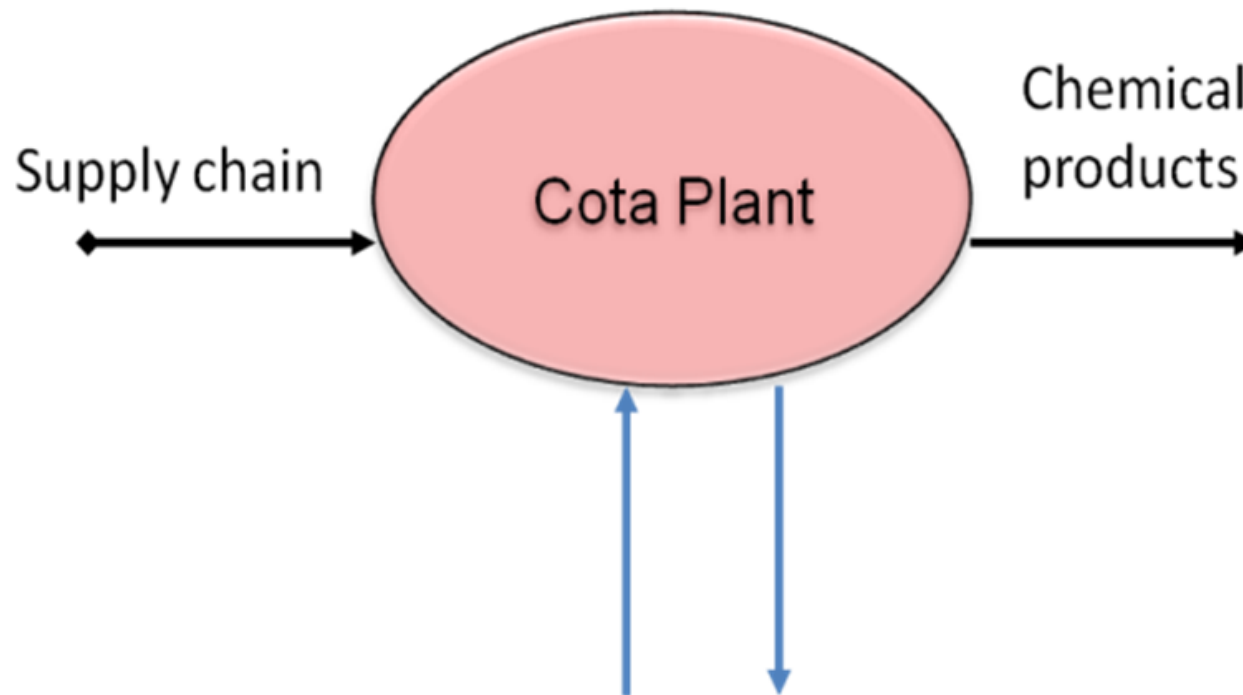
Initiative



### Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia

#### Alcance y límites del sistema

**CLARIANT** 



Esquema para el sistema analizado de Clariant

Fuente: (Rojas et al., 2013)



## Casos de estudio en América Latina



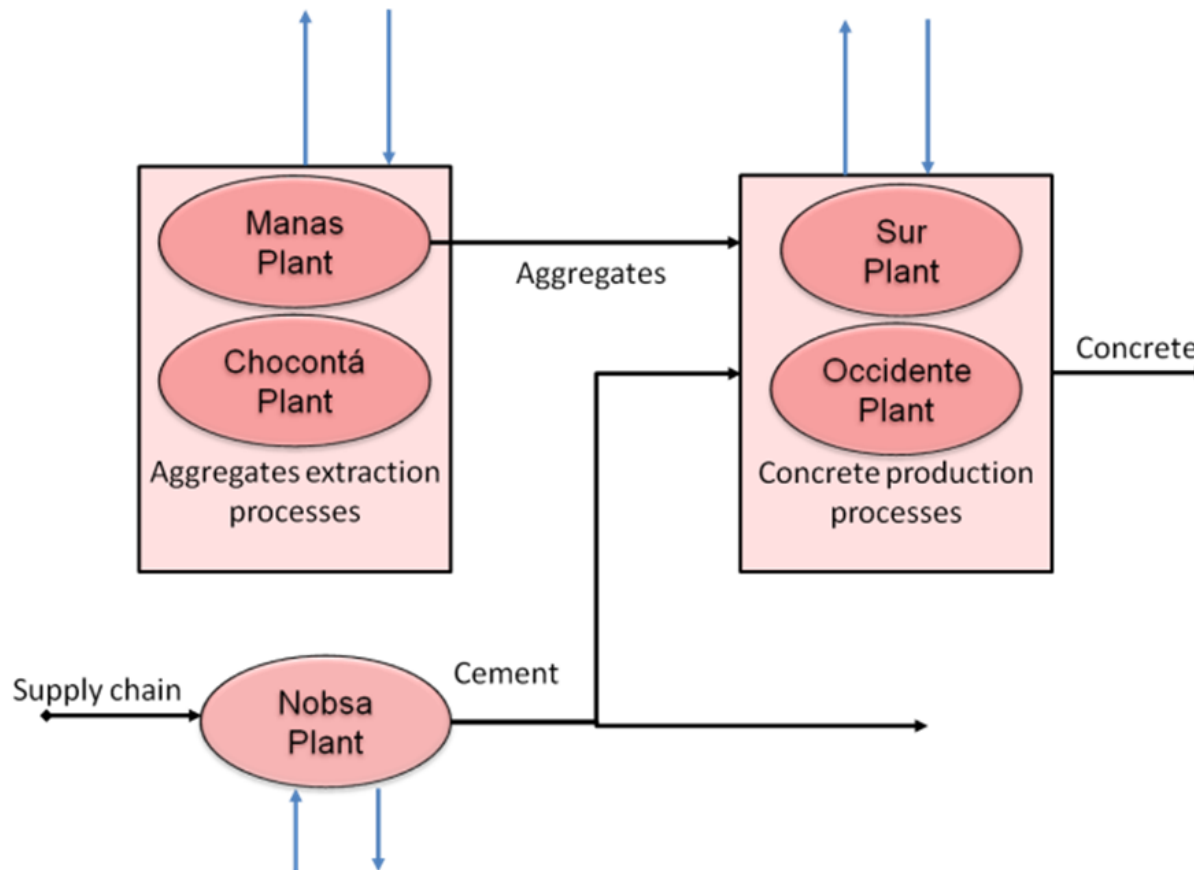
Life Cycle



Initiative



### Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia Alcance y límites del sistema



Esquema para el sistema analizado de Holcim

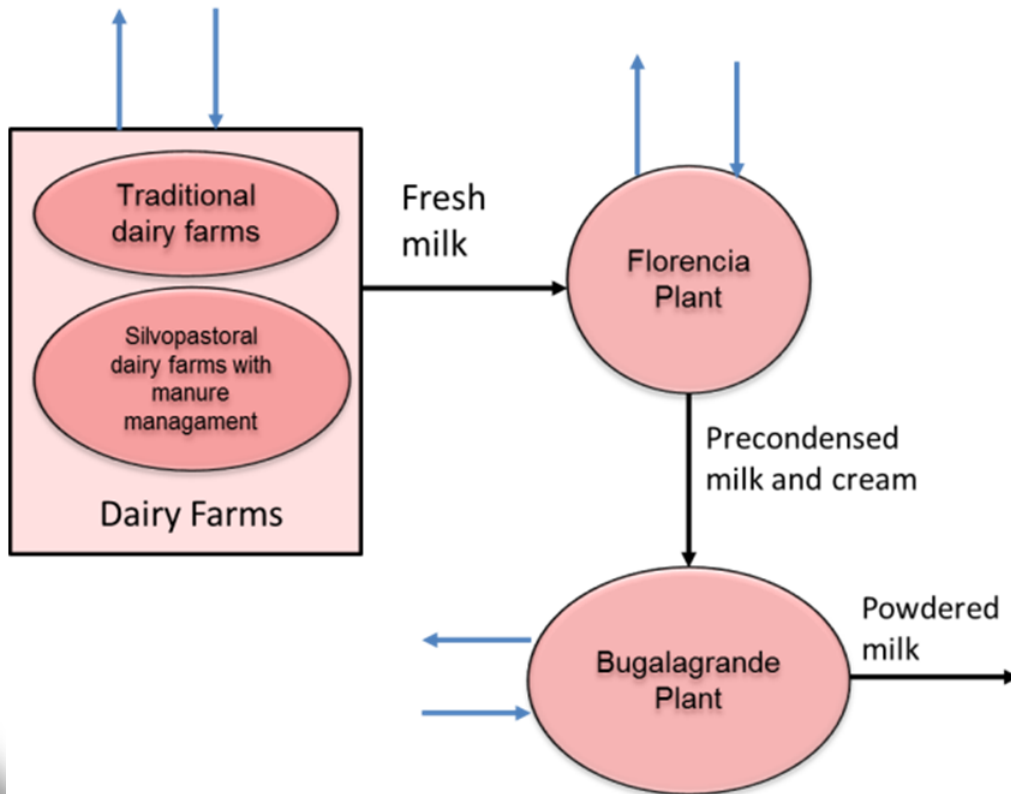
Fuente: (Rojas et al., 2013)

## Casos de estudio en América Latina



### Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia

#### Alcance y límites del sistema



**Nestlé**

Fuente: (Rojas et al., 2013)

Esquema para el sistema analizado de Nestlé

## Casos de estudio en América Latina



Life Cycle

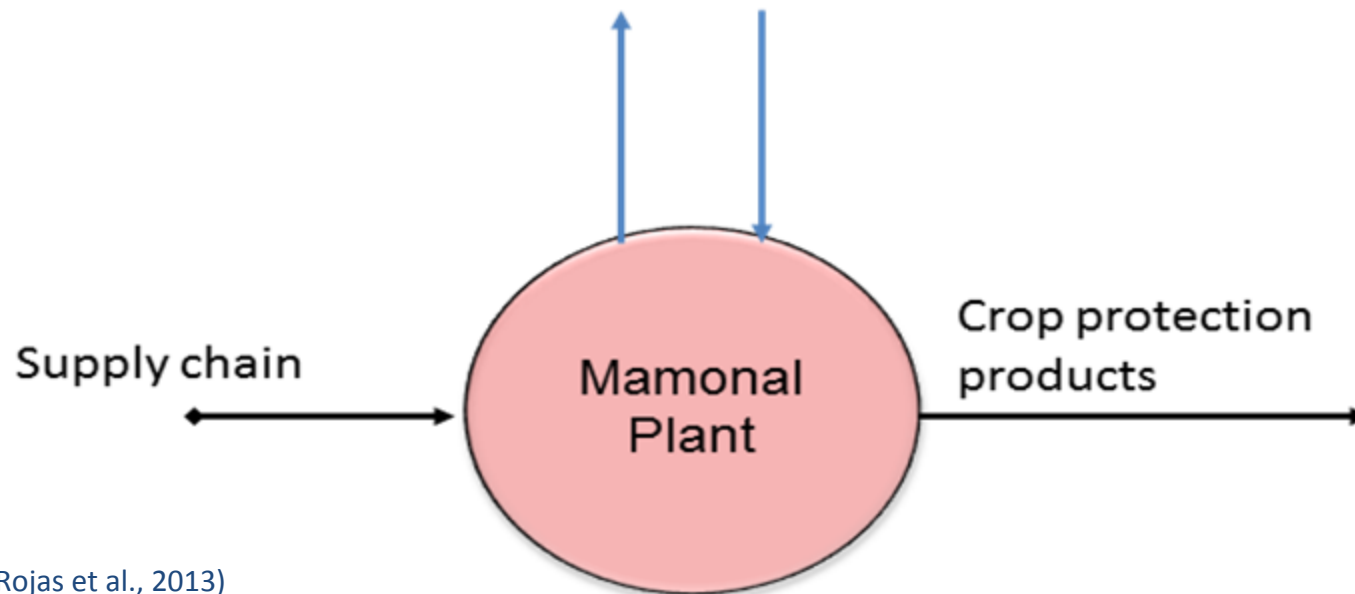


Initiative



## Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia

### Resultados



Fuente: (Rojas et al., 2013)

Esquema para el sistema analizado de Syngenta

# Contenido



Life Cycle



Initiative



Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua  
- ¡Ésta Sesión!

1. El agua que no se ve y el ciclo del agua
2. Recursos hídricos: tipos, disponibilidad y funcionalidad
3. Huella de Agua desde una perspectiva ACV
4. Contabilizando el agua
5. Uso de CROPWATER 8
6. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
7. Ejercicio práctico

## Ejercicio práctico (silla)

### Mueble escolar fabricado en Oaxaca, México

Ixtlán de Juárez se encuentra en medio de la Sierra Madre, en Oaxaca. Actualmente, está certificado por el Forest Stewardship Council (FSC) para el manejo .



## Ejercicio práctico (silla)

### Mueble escolar fabricado en Oaxaca, México



En septiembre del 2005, comuneros de esta región instalaron una fábrica de muebles escolares mediante una política gubernamental que apoyaba la compra de mobiliario proveniente de bosques certificados por la FSC.

En julio del 2006, tres comunidades desarrollaron la empresa “TIP Muebles” por medio del cuál se comercializan los productos.

## Bosque

- Ixtlán cuenta con 19,180 hectáreas de bosque de pino y roble bajo la certificación FSC.
- Las actividades de tala se realizan en un área autorizada por el programa de manejo forestal (PMF), autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente.
- Los troncos son transportados 40 km hacia el aserradero en un camión de 28 toneladas. Se requieren 21 kg de troncos de pino para fabricar un mesabanco.



# Producción del mesabanco



Life Cycle



Initiative



## Aserradero

- En el proceso de corte se consume energía eléctrica 6.5 kWh por cada tonelada de troncos, el 35% del peso total del tronco se convierte en aserrín, el cual se vende como co-producto. El aserrín tiene un valor del 20% de las ventas totales de madera aserrada.
- Una vez cortada la madera se verifica que no tenga defectos, nudos, gradientes ni manchas, etc.
- Enseguida, a las tablas cortadas se les aplica fenol, sustancia que las protege de hongos y le da un acabado brillante. Por cada tonelada de madera aserrada se requieren 0.11 gramos de fenol.



# Producción del mesabanco



Life Cycle



Initiative



## Secado

- Las tablas se transportan hacia el proceso de secado a 1 km de distancia en un camión de 16 toneladas.
- Las tablas son secadas en un horno que usa aserrín como combustible. Una tonelada de madera requiere 110 kg de aserrín para el proceso de secado.

# Producción del mesabanco



Life Cycle



Initiative



## Manufactura

- El mesabanco terminado pesa 9.5 kg, el resto del material se convierte en aserrín, el cual es vendido como co-producto, siendo el 5% de las ventas de la fábrica de muebles.
- Para cada mesabanco se requieren aproximadamente 0.34 kg de laca y 0.4 kg de tornillos galvanizados.
- Se estima que por cada millar de mesabancos se requieren 8,570 kWh de energía eléctrica.

## Transporte del mesa banco



- El mesabanco se transporta 60 km hacia un almacén en la ciudad. Posteriormente, se distribuye a las escuela a una distancia promedio de 20 km. En camiones de 16 toneladas en ambos casos.

## Disposición final



- Considere que los mesabancos tienen una vida útil de ocho años. Los mesabancos desechados se utilizan como combustible en una caldera que se encuentra a 60 km de distancia. La madera del mesabanco provee la misma cantidad de energía que 2.57 m<sup>3</sup> de gas natural.

## Ejercicio práctico (silla)



### Tabla de inventario

Material o proceso	Base de datos	Cantidad	Unidad	m <sup>3</sup> agua
Madera de pino	ELCD	1	kg	0.00083
Transporte camión de 28 toneladas	Ecoinvent	1	tkm	0.00075
Electricidad	Ecoinvent	1	kWh	0.004
Fenol	Ecoinvent	1	kg	0.037
Transporte camión de 16 toneladas	Ecoinvent	1	tkm	0.00054
Laca	Ecoinvent	1	kg	0.0129
Tornillos	Ecoinvent	1	kg	0.0186
Gas natural	Ecoinvent	1	m <sup>3</sup>	0.0001



Incluye agua verde y azul

## Construyendo el ICV



Life Cycle



Initiative



Construya el ICV del mesabanco escolar.

- 1) Elabore un diagrama de flujo con los proceso unitarios que pueda incluir en el análisis de acuerdo a la información proporcionada. Identifique las posibles entradas y salidas.
- 2) Recolecte la información de las diapositivas anteriores.
- 3) Relacione los datos a la siguiente unidad funcional y a los procesos unitarios que haya planteado.

Unidad funcional:

*Usar un mesabanco de escuela primaria durante ocho años.*

Flujo de referencia: 1 mesabanco



Life Cycle



# Gestión de Ciclo de Vida

## Huella de Agua

Sesión: Evaluación de impactos al agua –  
Cálculo de la Huella de Agua

Agosto 2013



Life Cycle



# Contenido



Life Cycle



Initiative



## Capacitación en Gestión de Ciclo de Vida para América Latina

## Huella de Agua

**Introducción: Situación del agua  
en el mundo**  
- Primera Sesión

**Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua**  
- Segunda Sesión

**Evaluación de impacto: huella de  
agua**  
- ¡Esta Sesión!

**Interpretación y ejemplos**  
- Cuarta Sesión

# Contenido



Life Cycle



Initiative



Evaluación de impacto: huella de agua  
-¡Ésta Sesión!

1. Huella de Agua como categoría de impacto
2. Impactos ambientales asociados al agua
3. Índice de escasez de Agua (WSI)
4. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
5. Ejercicio práctico





## Water Use in LCA

- ✓ **Desarrollo de métodos de evaluación de impacto para el uso del agua con el marco del análisis de ciclo de vida**
- ✓ Fomentar el desarrollo de métodos de evaluación de impacto para la **caracterización de uso del agua** y los impactos relacionados con el medio ambiente (en consonancia con el marco puntos intermedios y finales de la Iniciativa de Ciclo de Vida)
- ✓ Establecer una **práctica recomendada y orientación a los profesionales del ACV**



# ISO/DIS 14046

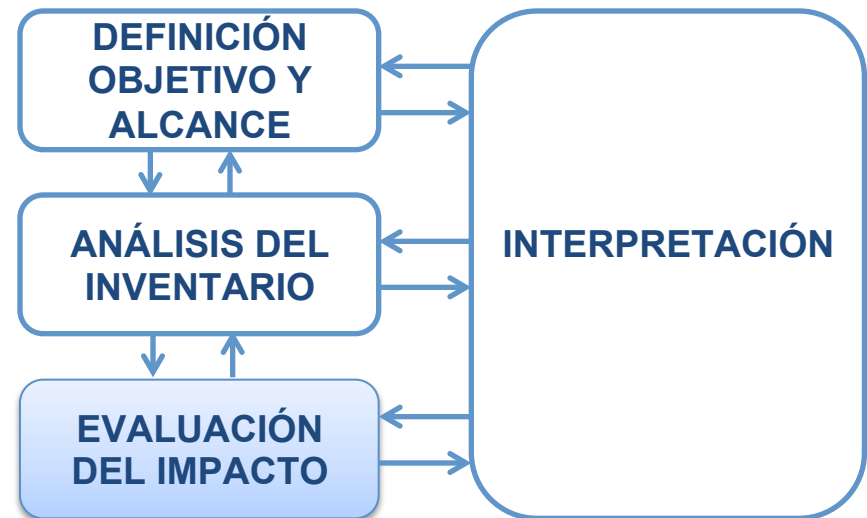
## Environmental management -- Water footprint -- Principles, requirements and guidelines



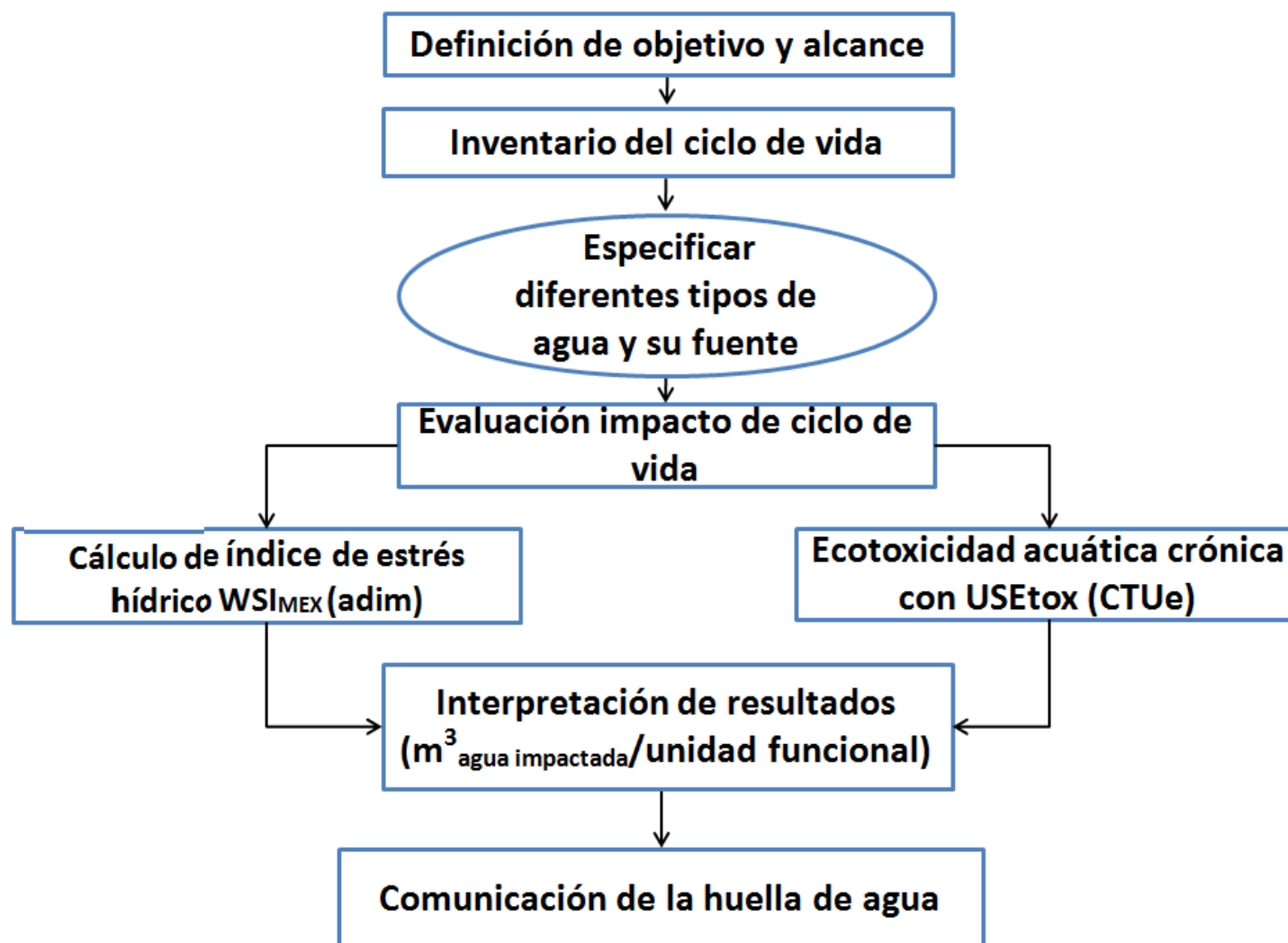
Life Cycle



Initiative



Más allá de los volúmenes de agua



# Concepto básico



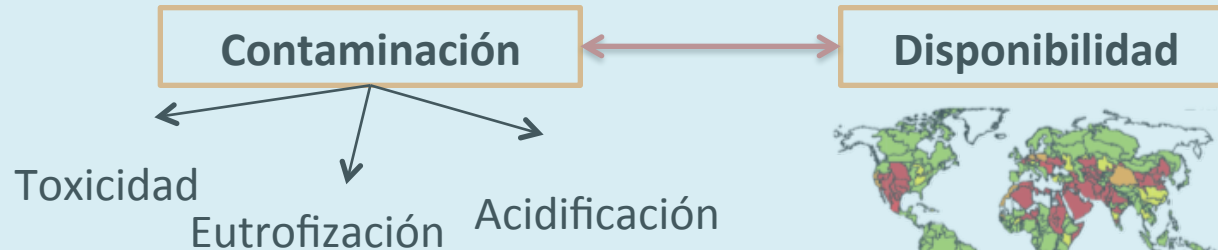
Life Cycle Initiative



Inventario de uso de agua



Evaluación de estrés



## Huella de Agua

Impactos (daños)



Salud Humana



[DALY / y]

Calidad del ecosistema



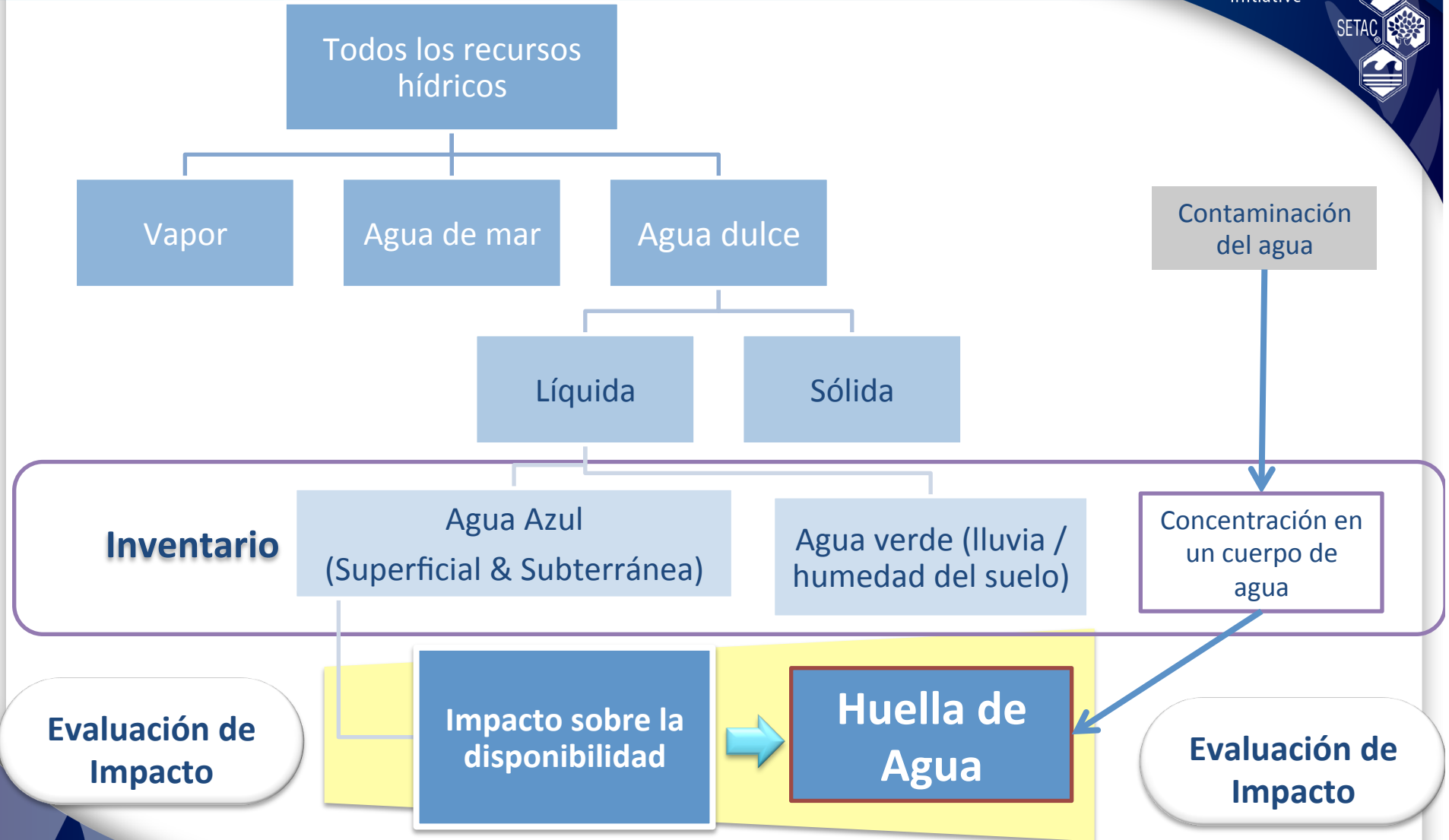
[PDF-m<sup>2</sup>-y / y]

Recursos



[MJ / y]

# Evaluación de Impacto de Huella de Agua



# Contenido



Life Cycle



Initiative



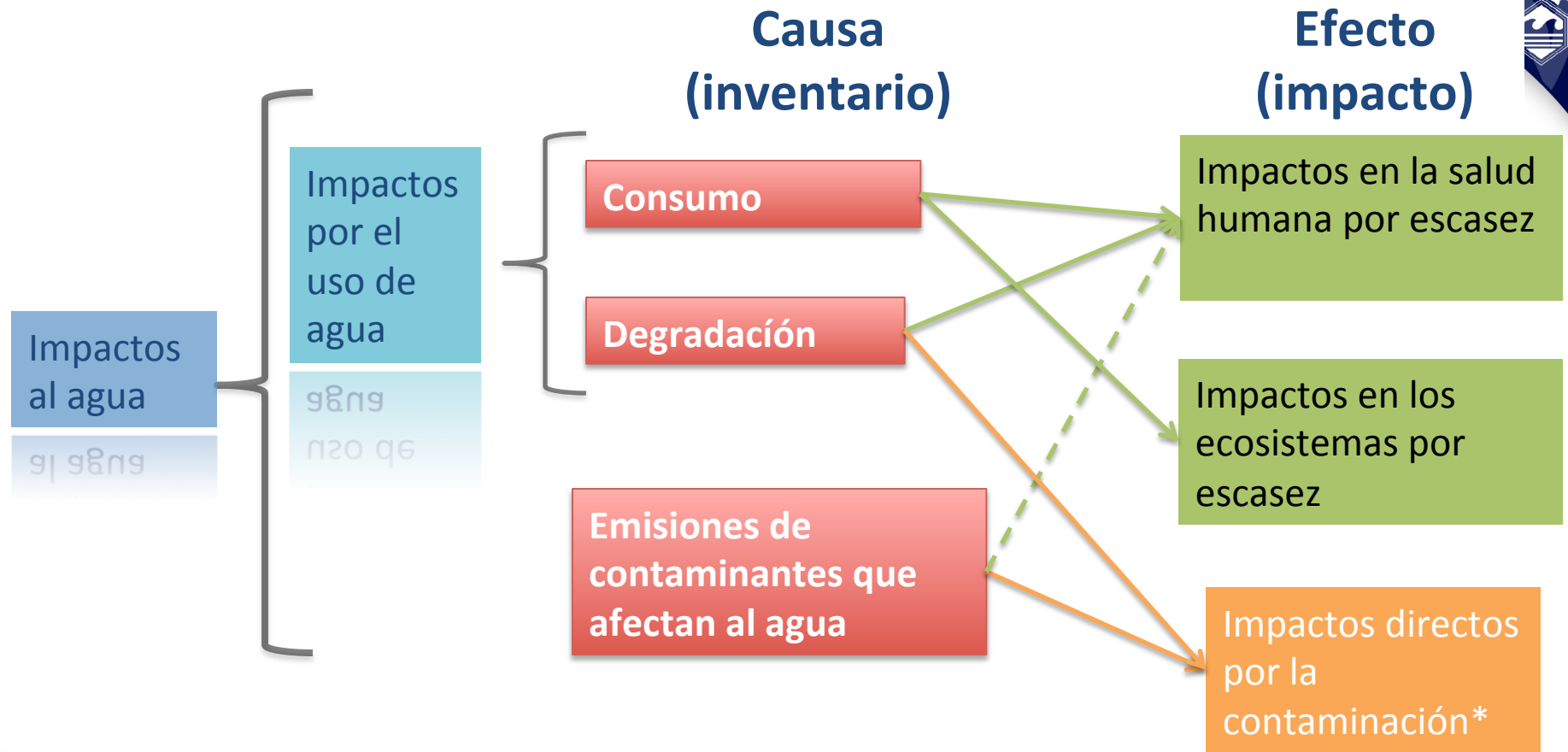
**Evaluación de impacto: huella de agua**  
**-¡Ésta Sesión!**

1. Huella de Agua como categoría de impacto
2. Impactos ambientales asociados al agua
3. Índice de escasez de Agua (WSI)
4. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
5. Ejercicio práctico

# Modelación de impactos al agua



Life Cycle



\* De los modelos de ACV tradicionales eutrofización, ecotoxicidad, acidificación

# Perfil de impacto de Huella de Agua



*Disponibilidad del agua*



*Impactos derivados de la contaminación del agua*

## Perfil de evaluación de la Huella de Agua



Ejemplo:  
100 m<sup>3</sup> eq

Radiación ionizante

Eutrofización

Toxicidad

Uso de suelo

Acidificación



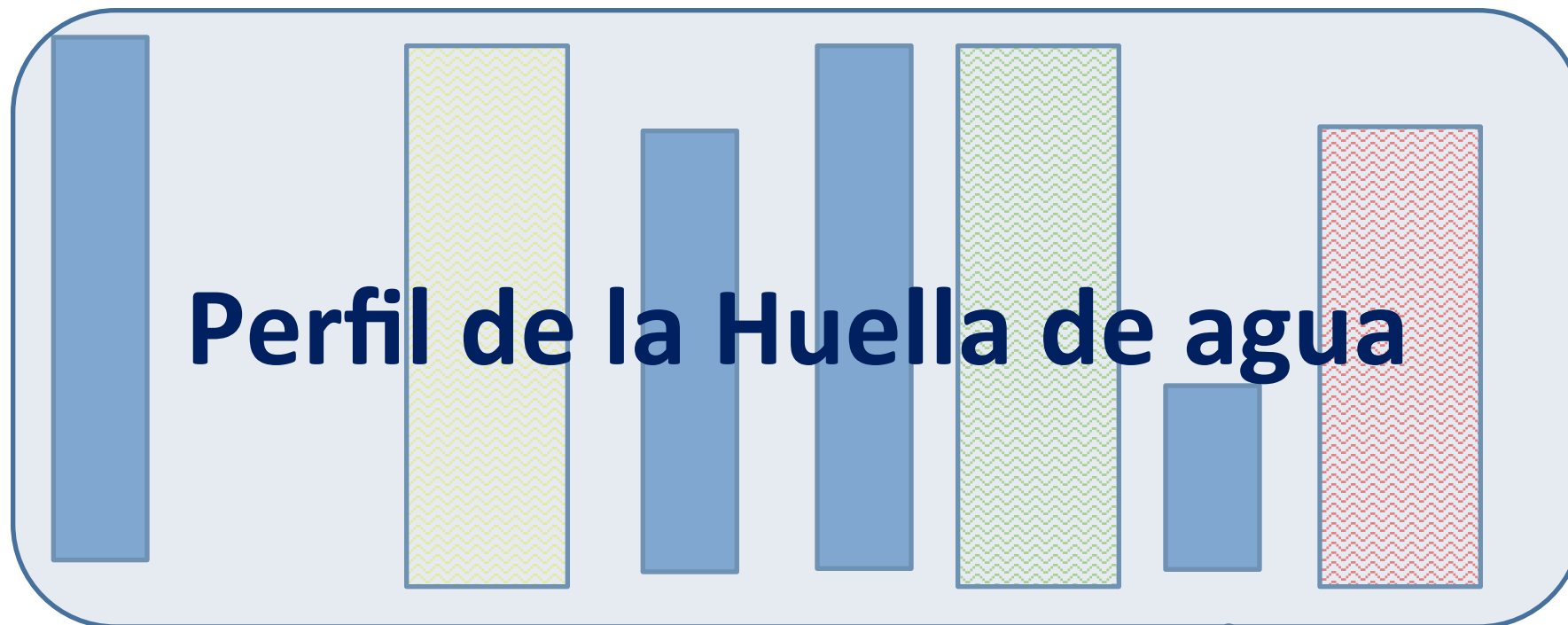
# Perfil de impacto de Huella de Agua



Disponibilidad del agua



Impactos derivados de la contaminación del agua



## Perfil de la Huella de agua

Ejemplo:  
100 m<sup>3</sup> eq

Salud humana

Radiación ionizante

Eutrofización

Ecosistemas

Toxicidad

Uso de suelo

Recursos

Acidificación

## Perfil de evaluación de la Huella de Agua

Impactos de la Huella de Agua

Todos los otros impactos no relacionados al agua

Salud Humana

Ecosistemas

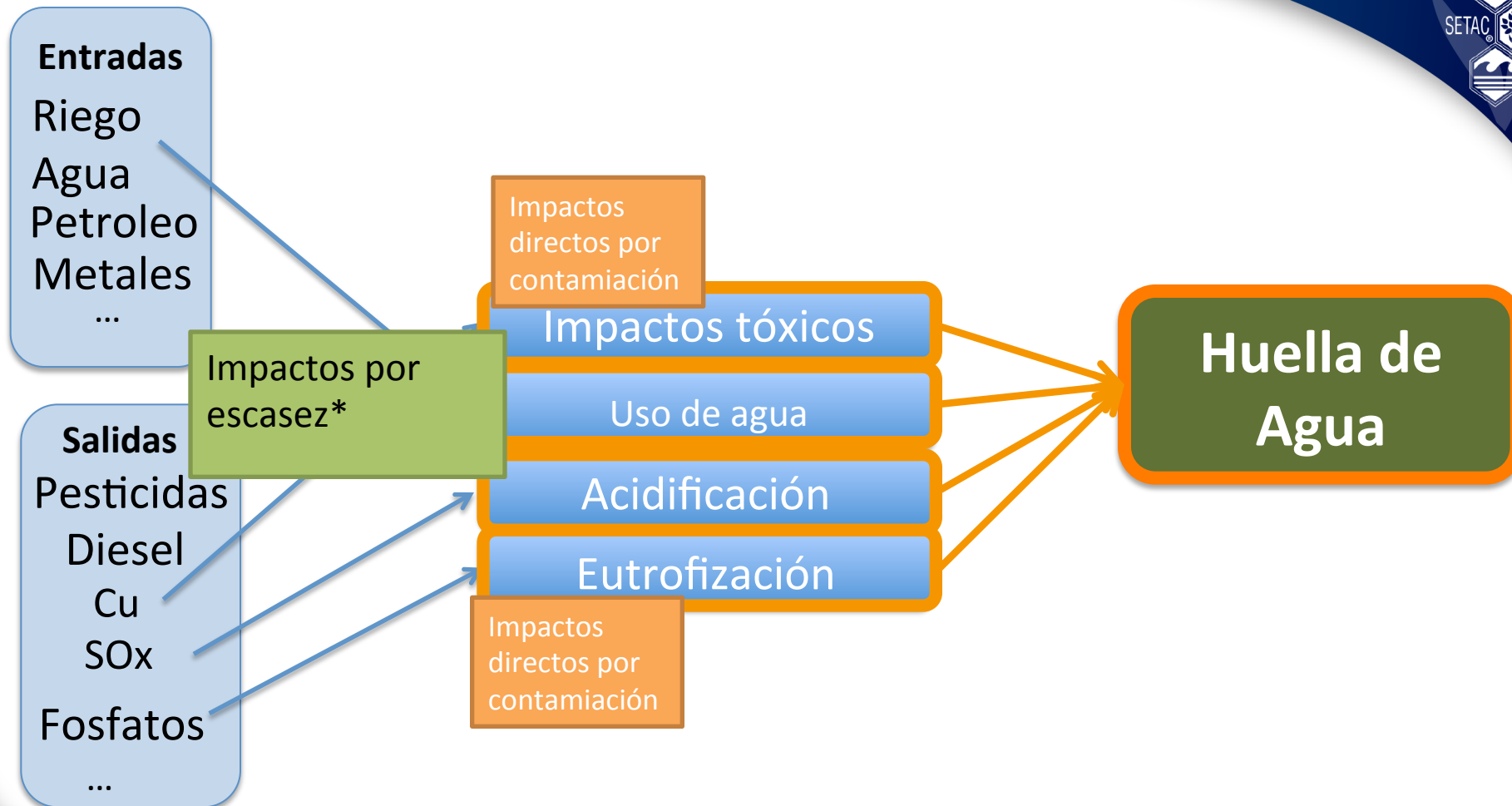
Recursos

# Métodos de EICV que evalúan el agua



Método	Origen	Categorías Impacto	Sustancias Cubiertas	Integración del Agua al Método	Comentarios
Escasez Ecológica	Suiza	7 categorías con enfoque "distancia al objetivo"	400	Categoría de uso del agua	Ponderación subjetiva de consumo de agua no compatible con ISO14044
EDIP 2003	Dinamarca	19 categorías intermedias aire, agua y suelo	500	Categoría de ecotoxicidad acuática crónica con indicador intuitivo (m <sup>3</sup> )	Alta incertidumbre y no considera sustancias persistentes al ambiente
ReCiPe	Holanda	17 categorías intermedias y 3 de daño	3000	Categoría de escasez de agua (m <sup>3</sup> )	Suma de volumen de agua de uso consuntivo sin caracterizar
CExD Cumulative Exergy Demand	Suiza	10 categorías intermedias	No disponible	Agregación de uso de los recursos hídricos	Cálculo en función de su composición química, no expresa el agotamiento local ni evalúa consecuencias para la salud humana o los ecosistemas
USEtox	Dinamarca	2 categorías de toxicidad de punto intermedio	3100 (orgánicas)	Ecotoxicidad del agua dulce	Factores de caracterización estandarizados pero con indicadores que complican la comunicación

# Categorías Impacto de Huella de Agua



## Categorías de impacto recomendadas



Life Cycle



Initiative



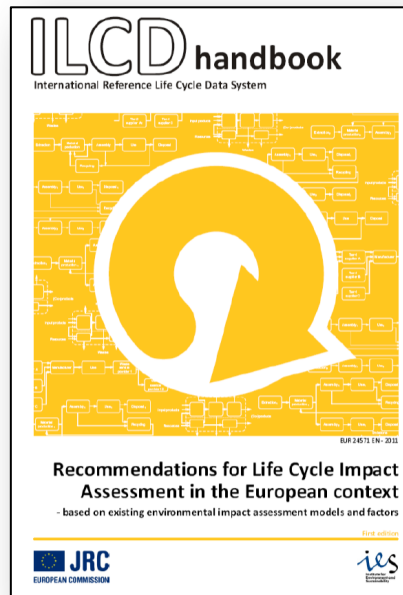
La Comisión Europea recomienda, a través de su Centro Común de Investigación, los siguientes métodos para la evaluación de las emisiones al agua en el contexto europeo:

- **Toxicidad Humana, efectos carcinogénicos y no carcinogénicos:** Modelo USEtox<sub>h</sub>, CTUh (Comparative Toxic Unit for humans).
- **Ecotoxicidad (Agua dulce):** Modelo USEtox, Modelo CTUe (Comparative Toxic Unit for ecosystems)

# Categorías de impacto recomendadas



- **Eutrofización:** ReCiPe; Fracción de los nutrientes alcanzando el compartimento final de agua dulce (P) o un compartimento marino final (N).
- **Acidificación Acuática:** no se recomienda, sin embargo, CML2002 (Guine et al. 2002) ofrece una opción.



# Toxicidad humana y ecotoxicidad



Life Cycle



Initiative



El modelo USEtox evalúa las dos categorías intermedias de impacto:

- Toxicidad humana
- Ecotoxicidad acuática crónica

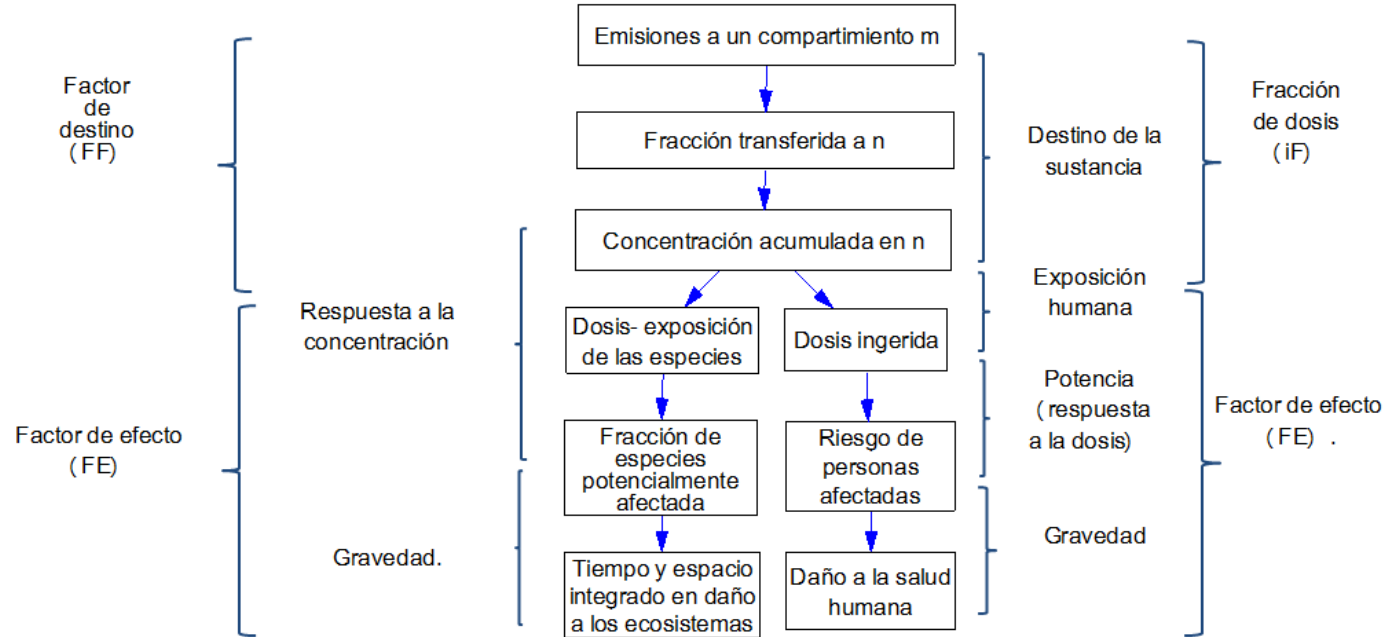
Ambas categorías consideran las emisiones globales y continentales de químicos a la atmósfera urbana, aire rural, agua dulce, agua de mar, suelo agrícola y/o suelo natural. La ruta del método se muestra .

# Toxicidad humana y ecotoxicidad



$$FC_{\text{ecotox agua}} = FF * FX * FE$$

## Caracterización de la toxicidad humana y ecológica



Ecotoxicidad:  
 $FC = FF * FE$

Toxicidad Humana:  
 $FC = iF \times FE$





Life Cycle



Initiative



## Eutrofización

- Enriquecimiento de nutrientes del medio acuático.
- La eutrofización de las aguas continentales, como resultado de las actividades humanas es uno de los principales factores que determinan su calidad ecológica.
- En el continente europeo por lo general tienen mayor jerarquía la gravedad de la contaminación del agua que la emisión de sustancias tóxicas.
- El carácter a largo plazo del enriquecimiento de nutrientes, ya sea por medio de deposición área o a través de las corrientes acuáticas, implica que las aguas interiores y marinas están sujetas a este tipo de contaminación del agua, debido a las diferentes fuentes y sustancias y variación en los impactos.

# Acidificación



Life Cycle



Initiative



SETAC

- Los contaminantes acidificantes tienen una amplia variedad de impactos en el suelo, las aguas subterráneas, las aguas superficiales, los organismos biológicos, los ecosistemas y los materiales (edificios).
- Los ejemplos incluyen la mortalidad de peces en lagos escandinavos, la pérdida de bosques y el desmoronamiento de los materiales de construcción. Los principales contaminantes acidificantes y zonas de protección son el entorno natural, el medio ambiente creado por el hombre, los recursos naturales salud humana



Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

- 1) En la etapa de Inventario ¿Qué se considera como Agua Azul?
- a) Agua de lluvia
  - b) Humedad del suelo
  - c) Agua superficial y subterránea
  - d) Agua de mar





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

2) ¿Qué categoría de impacto se considera en la evaluación de la Huella de Agua?

- a) Acidificación
- b) Cambio Climático
- c) Recursos Bióticos
- d) Agotamiento de la capa de ozono





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

3) ¿ La Comisión Europea que métodos recomienda para la evaluación de las emisiones al agua para la categoría de impacto de Eutrofización?

- a) USEtox, CTUh
- b) ReCiPe
- c) USEtox, CTUe
- d) CML2002





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

4) ¿En qué unidades se miden los impactos a la Salud Humana?

- a) MJ/y
- b) PDF-m<sup>2</sup>-y/y
- c) DALY/y
- d) Ninguna de las anteriores





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

5) Iniciales del grupo que se enfoca al análisis y huella de agua con enfoque ACV

- a) SETAC
- b) WLCA
- c) LCAI
- d) WULCA



# Contenido



Life Cycle



Evaluación de impacto: huella de agua  
-¡Ésta Sesión!

1. Huella de Agua como categoría de impacto
2. Impactos ambientales asociados al agua
3. Índice de escasez de Agua (WSI)
4. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
5. Ejercicio práctico



# Factores de caracterización



Life Cycle



Initiative



Todas las **cargas ambientales se caracterizan** multiplicando la cantidad de emisión o consumo por un factor de caracterización.

$$\text{Impacto}_{\text{categ.}} = \sum_i m_i * \text{factorcaracterización}_{\text{categ.},i}$$

Donde:

$m_i$  = masa de la emisión.

$i$  = número de emisiones.

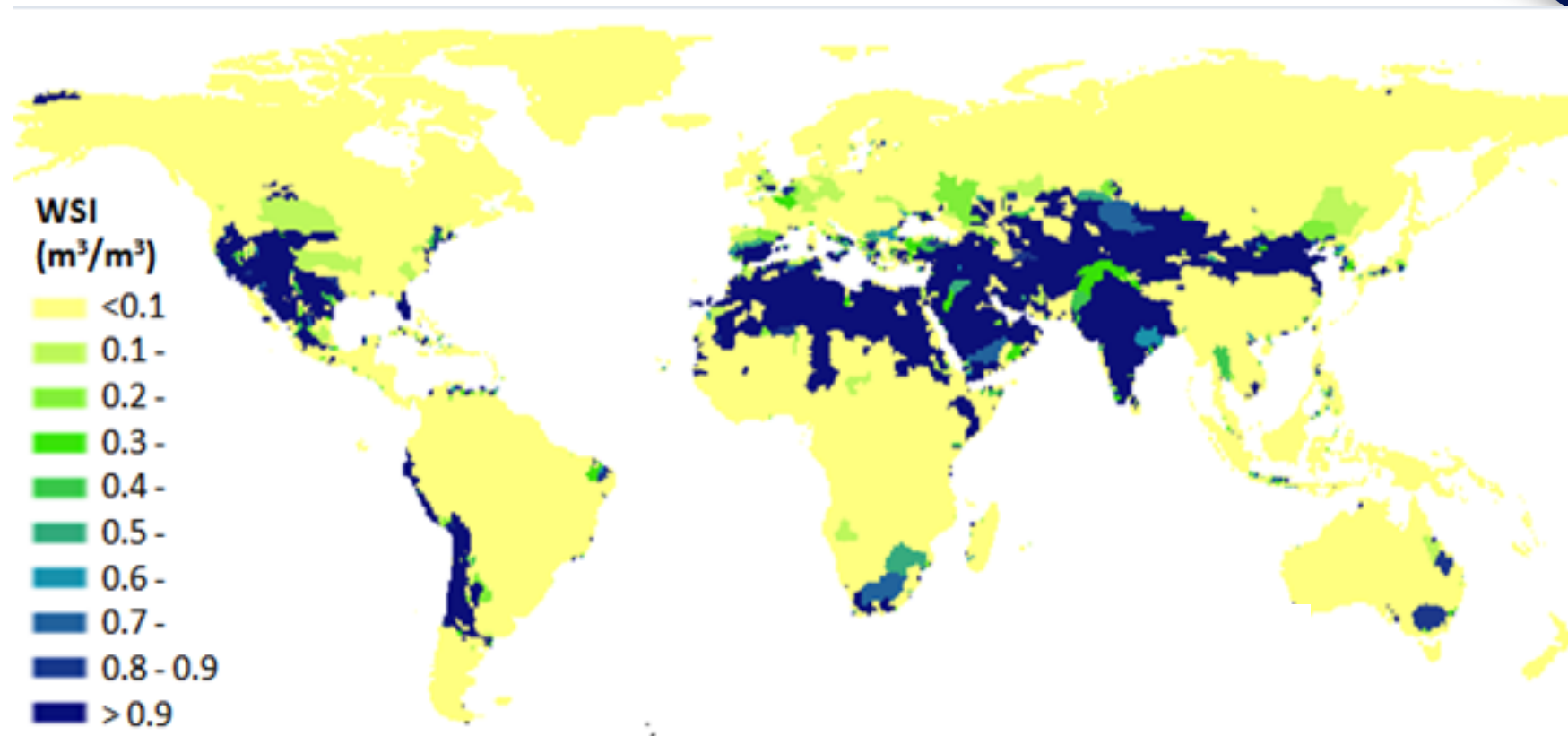
# Impactos por escasez de agua



Life Cycle



Initiative



# Impactos por escasez de agua

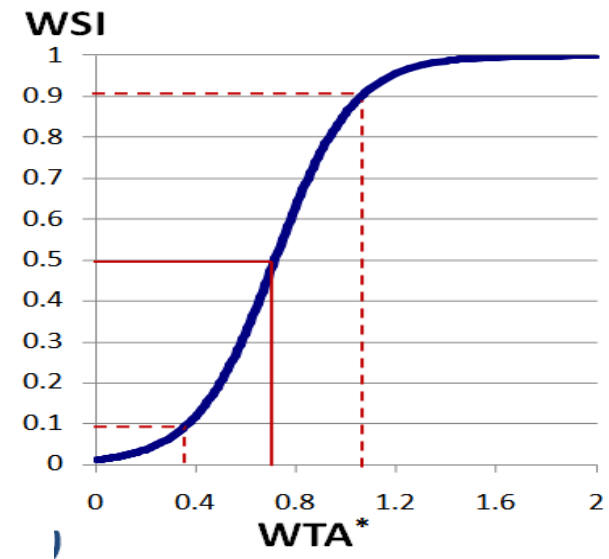


Life Cycle



El Índice de escasez del Agua (WSI, Water Scarcity Index) es una función logística que proporciona valores continuos entre 0.01 y 1:

$$WSI = \frac{1}{1 + \left( e^{-6.4 \cdot WTA^*} \right) \left( \frac{1}{0.01} - 1 \right)}$$



# Impactos por escasez de agua



Life Cycle



Initiative



- El grado de presión (WTA) se calcula a partir de la disponibilidad anual de agua ( $WA_i$ ) y de las extracciones realizadas por los diferentes usuarios ( $WU_{ij}$ ), respectivamente para cada cuenca  $i$ :

$$WTA_i = \frac{\sum_j WU_{ij}}{WA_i}$$

$$WTA^* = \sqrt{VF} \cdot WTA$$

- El método Pfister ajusta el valor de WTA de acuerdo a la variación de la precipitación durante el año obteniendo un valor de WTA\* :

VF = se deriva de la variabilidad de la distribución pluvial (valor aprox. de 3.24)

# Impactos por escasez de agua



Life Cycle



Initiative



- Método de Pfister utiliza datos de WTA del WaterGap2 (Alcamo *et al.*, 2003):
  - útil para comparar cuencas a nivel global.
  - utiliza una base de datos climáticos y de precipitación promedio del periodo (1961-1990)
  - mapas mundiales que muestran diferentes grados de estrés en más de 10,000 cuencas.



Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

1) ¿Se caracterizan multiplicando las cantidad de emisión o consumo, por un factor de caracterización?

- a) Impactos ambientales
- b) Número de emisiones
- c) Factor ambiental
- d) Cargas ambientales





Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

2) ¿Se calcula a partir de la disponibilidad anual del agua y las extracciones realizadas en cada cuenca?

- a) WTA
- b) WA
- c) WU
- d) WSI







Life Cycle



Initiative



## Ejercicio de evaluación de conceptos

Elige la respuesta correcta.

3) ¿Con que otro nombre se le conoce al método de escasez?

- a) WFN
- b) ISO
- c) Pfister, WSI



# Contenido



Life Cycle



Initiative



**Evaluación de impacto: huella de agua**  
**-¡Ésta Sesión!**

1. Huella de Agua como categoría de impacto
2. Impactos ambientales asociados al agua
3. Índice de escasez de Agua (WSI)
4. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
5. Ejercicio práctico

# Casos de estudio en América Latina



## Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC



*Pilot Project  
SuizAgua Colombia*

Public-private partnership for assessment and reduction  
of water footprint, and its communication.

CLARIANT



Holcim



Nestlé

syngenta

# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle  
Initiative



Caracterización de las CI:

- acidificación
- eutrofización
- Eco-toxicidad
- toxicidad humana

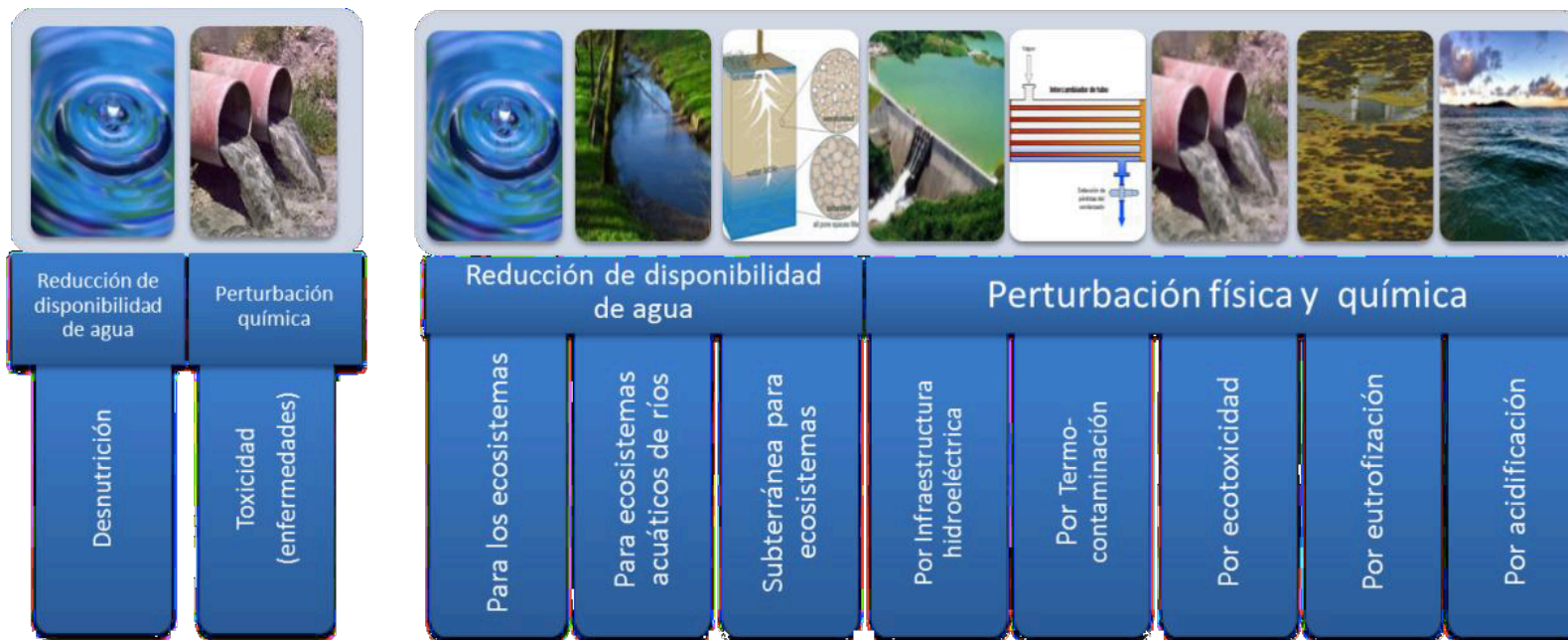


Uso de las cadenas causa-efecto de WULCA sobre el uso del agua y contaminación térmica.



Evaluación el daño potencial :

- calidad de ecosistemas
- salud humana



Salud Humana  
(DALY)

Calidad de ecosistemas  
(PDF-m<sup>2</sup>\*año)

# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle



Initiative



## Metodología

Categorías de punto intermedio seleccionadas:

- Índice de Impacto Hídrico (WIIX) (Veolia, 2011).
- Índice de Escasez Hídrico (WSI) (Pfister et al., 2009)

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{-6.4 \cdot WTA^*} \left( \frac{1}{0.01} - 1 \right)}$$

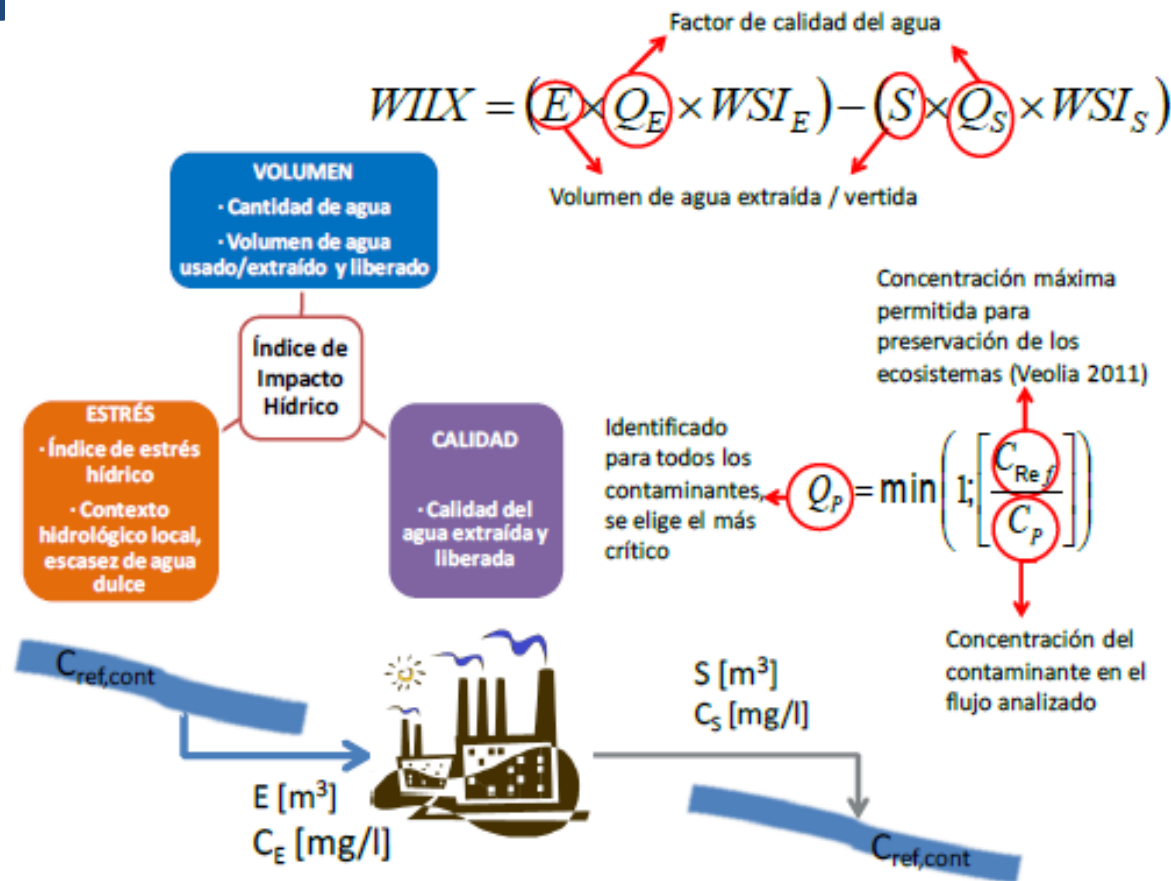
# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle Initiative

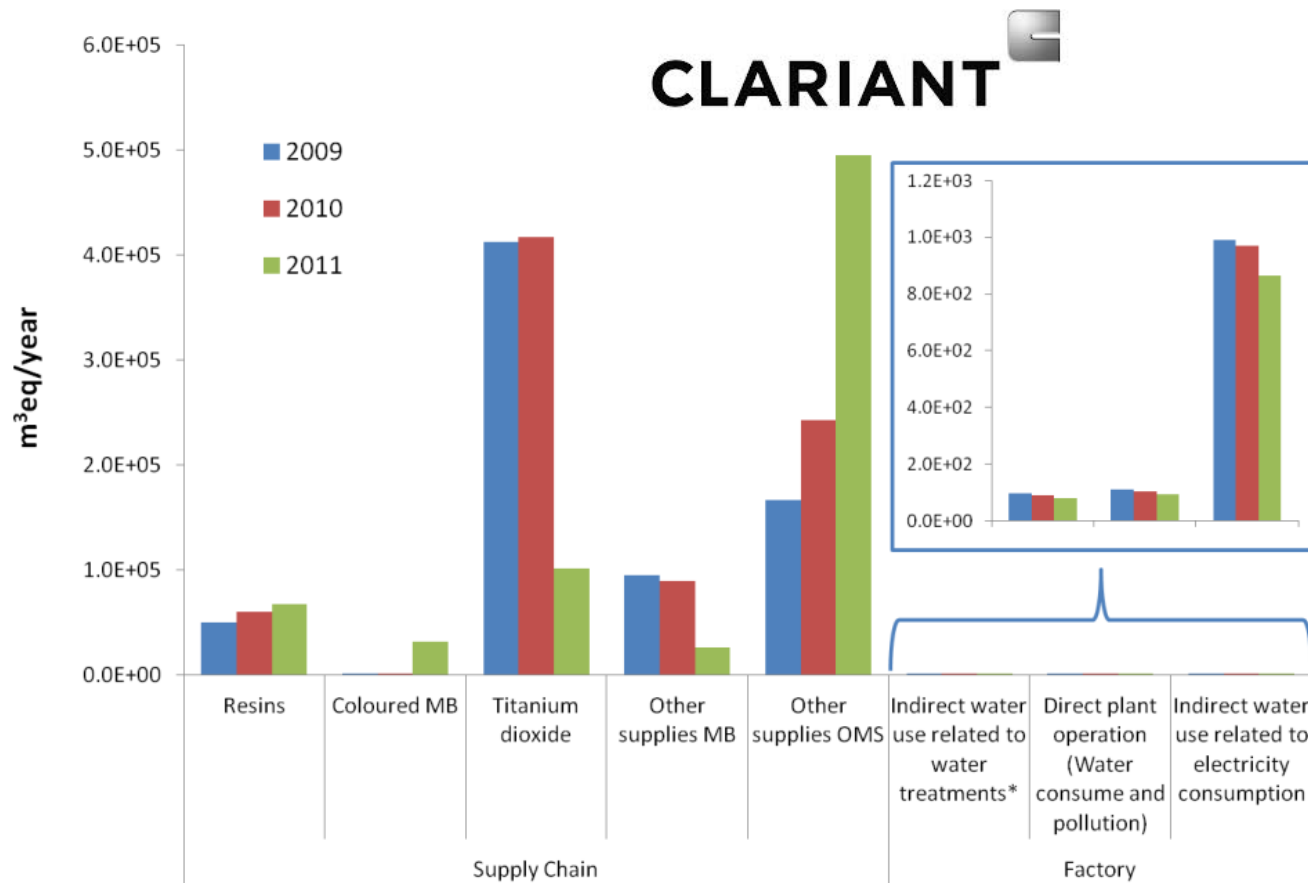


## Metodología



Representación de los conceptos relacionados con el Índice de Impacto Hídrico.

# Proyecto SuizAgua Colombia

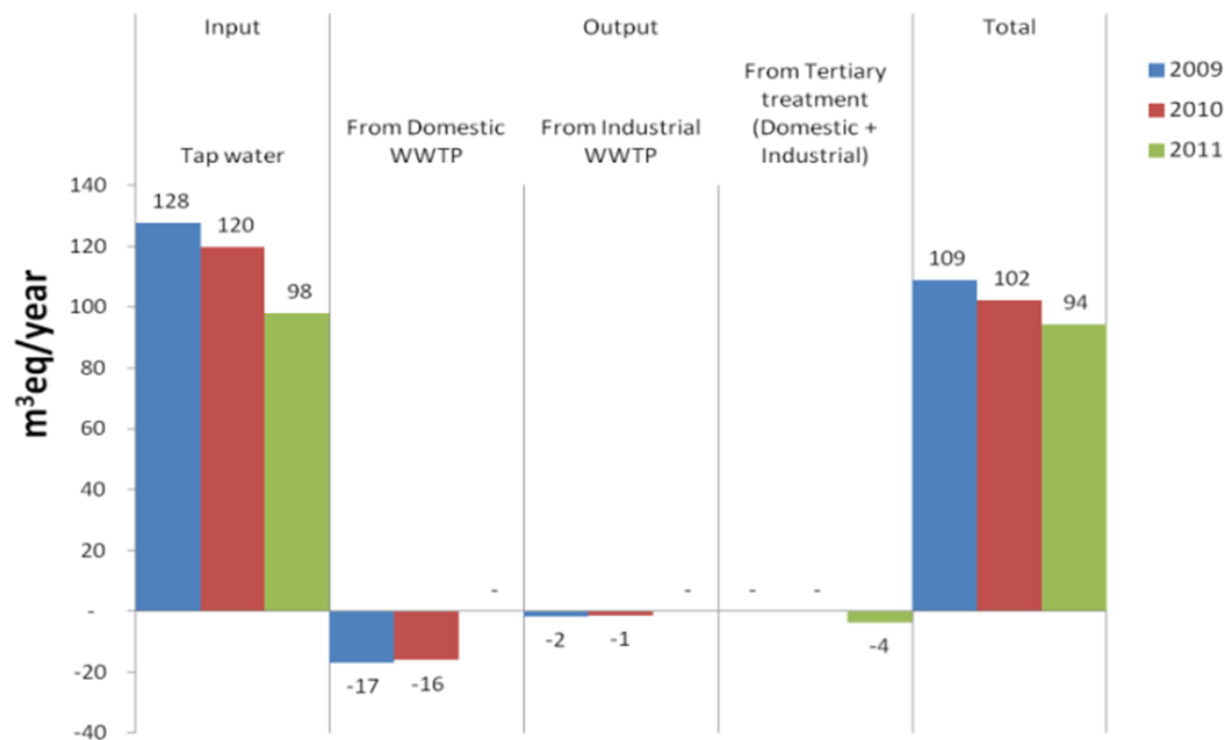


Descripción general del índice de impacto de agua para la producción anual de la Planta de Cota de Clariant.

# Proyecto SuizAgua Colombia



## CLARIANT



Índice de impacto de agua concerniente al uso directo del agua en la Planta de Cota de Clariant.



# Proyecto SuizAgua Colombia



		Water use Inventory	Midpoint Impact (WIX)	Endpoint Impact	
				Human Health	Ecosystems Quality
Supply chain	Resins	6%	8%	15%	3%
	Coloured MB	1%	1%	1%	2%
	Supply chain: titanium dioxide	42%	41%	20%	32%
	Supply chain: other supplies MB	8%	9%	6%	12%
	Supply chain: other supplies OMS	37%	40%	56%	48%
Factory	Indirect water use related to water treatments*				
	Direct plant operation (Water consume and pollution)	1%	0%	0%	0%
	Indirect water use related to electricity consumption	6%	0%	1%	3%
Total		100%	100%	100%	100%

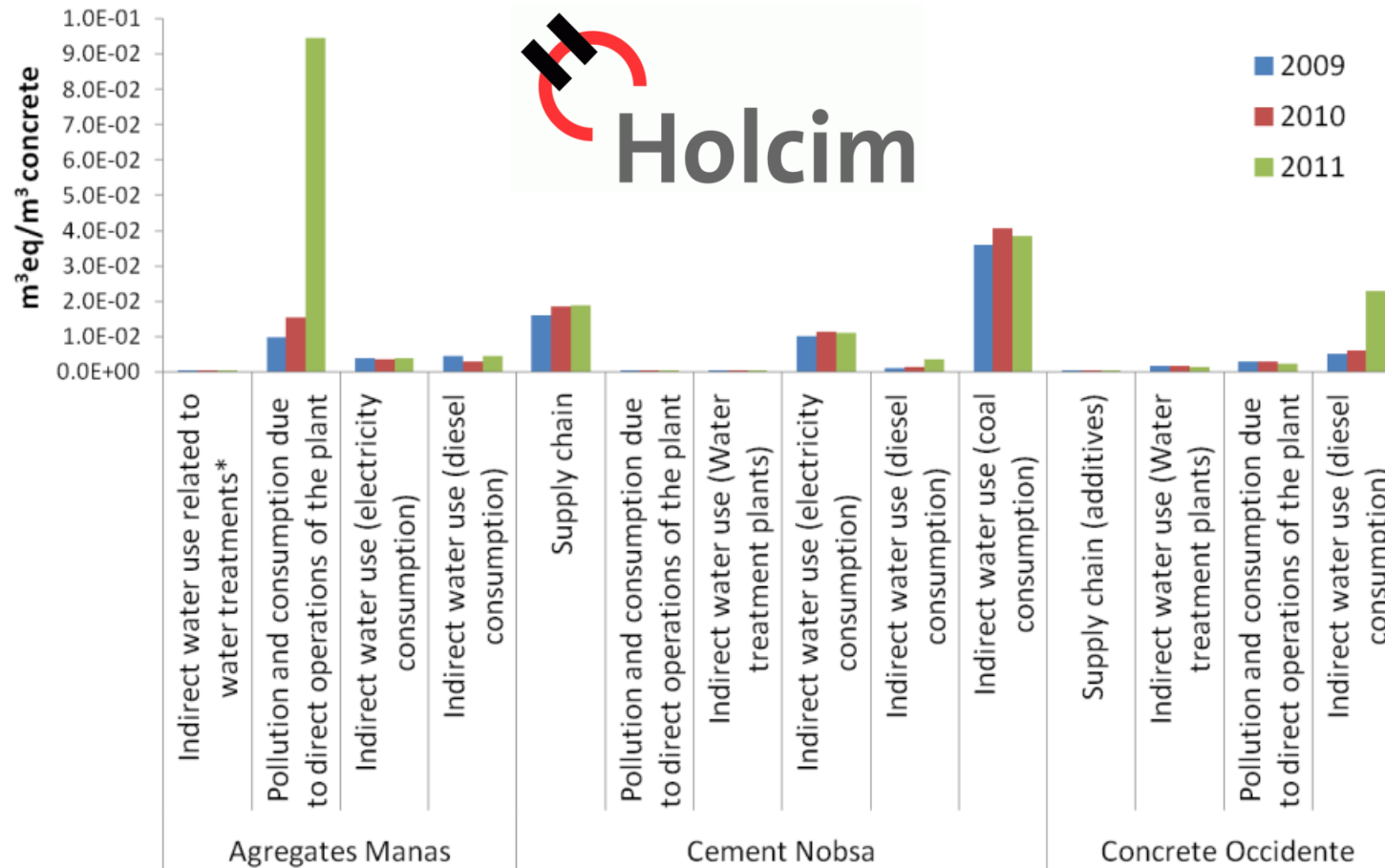
**CLARIANT** 

Identificación de puntos clave en la Planta de Cota de Clariant.

# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle  
Initiative



Descripción general del índice de impacto de agua para la línea e producción del concreto de Holcim con la última fase en la planta de Concreto Occidente.

# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle  
Initiative



		Water use Inventory		Midpoint Impact (WIIX)		Endpoint Impacts		
		2009 y 2010	2011	2009 y 2010	2011	Human Health Average	Ecosystems Quality Average	
Aggregates Manas	Direct water use				0%	0%		
	Pollution and consumption due to direct operations of the plant		34%	79%	13%	47%	0%	6%
	Indirect water use (electricity consumption)		9%	3%	4%	2%	2%	6%
	Indirect water use (diesel consumption)		0%	0%	4%	2%	1%	0%
Cement Nobsa	Supply chain		3%	1%	18%	9%	6%	5%
	Direct water use	Pollution and consumption	1%	0%	0%	0%	0%	0%
		Others			0%	0%		
	Indirect use through energy consumption	Electricity	35%	10%	11%	6%	5%	23%
		Diesel	0%	0%	1%	2%	0%	0%
		Coal	8%	2%	39%	19%	84%	57%
Concrete Occidente	Additives		0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Direct water use	Pollution and consumption	9%	2%	2%	1%	0%	2%
		Others			3%	1%		
	Diesel consumption		1%	1%	6%	11%	2%	1%
<b>Total</b>		100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Identificación de los puntos clave en el sistema de producción de concreto de Holcim en la etapa final en la planta de Occidente.

# Proyecto SuizAgua Colombia

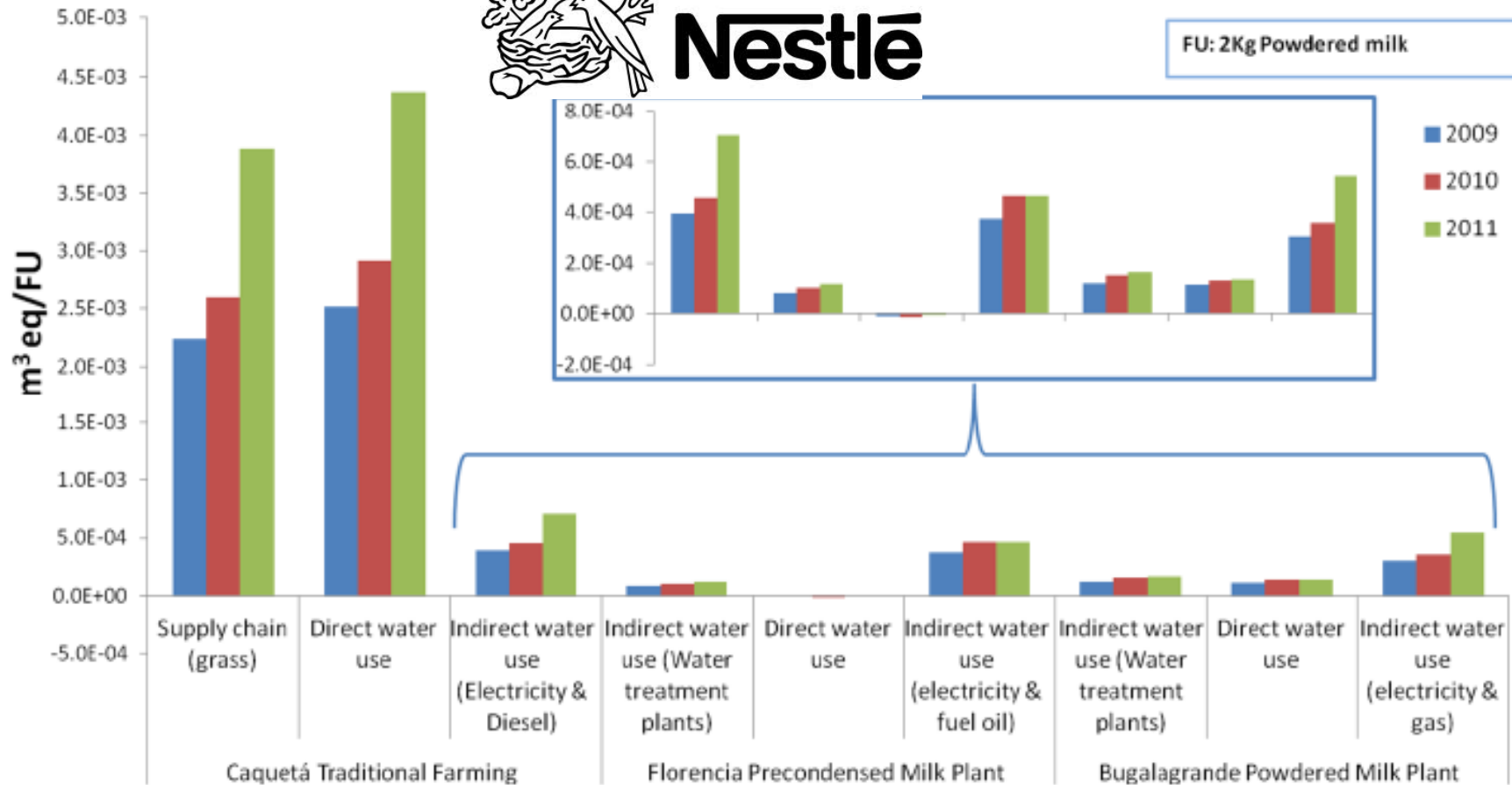


Life Cycle  
Initiative



Nestlé

FU: 2Kg Powdered milk

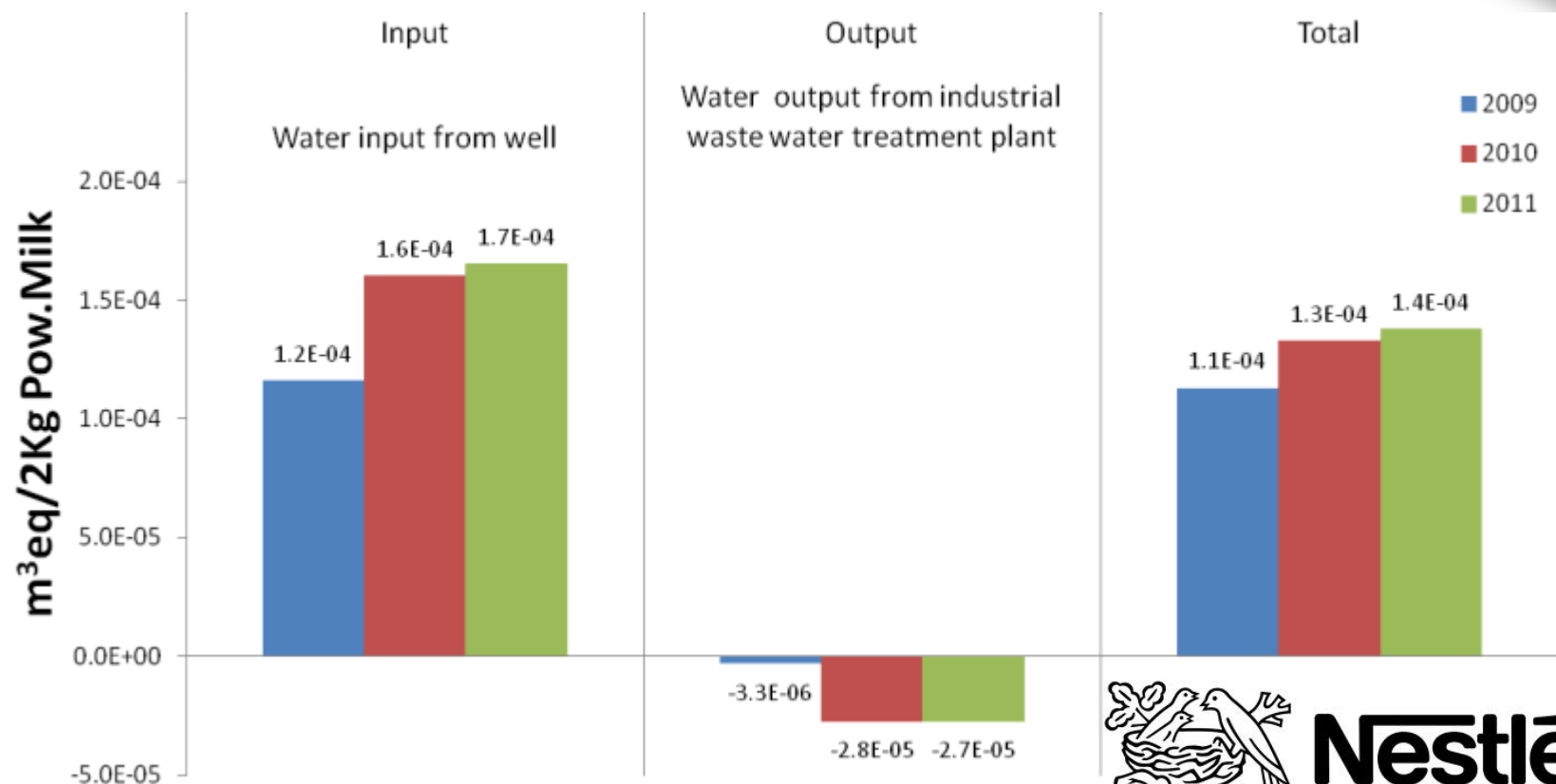


Descripción general del índice de impacto de agua para la línea de producción de leche con la última fase en la planta de Bugalagrande

# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle  
Initiative



**Nestlé**

WIIX debido al uso de agua directo en la planta de Bugalagrande

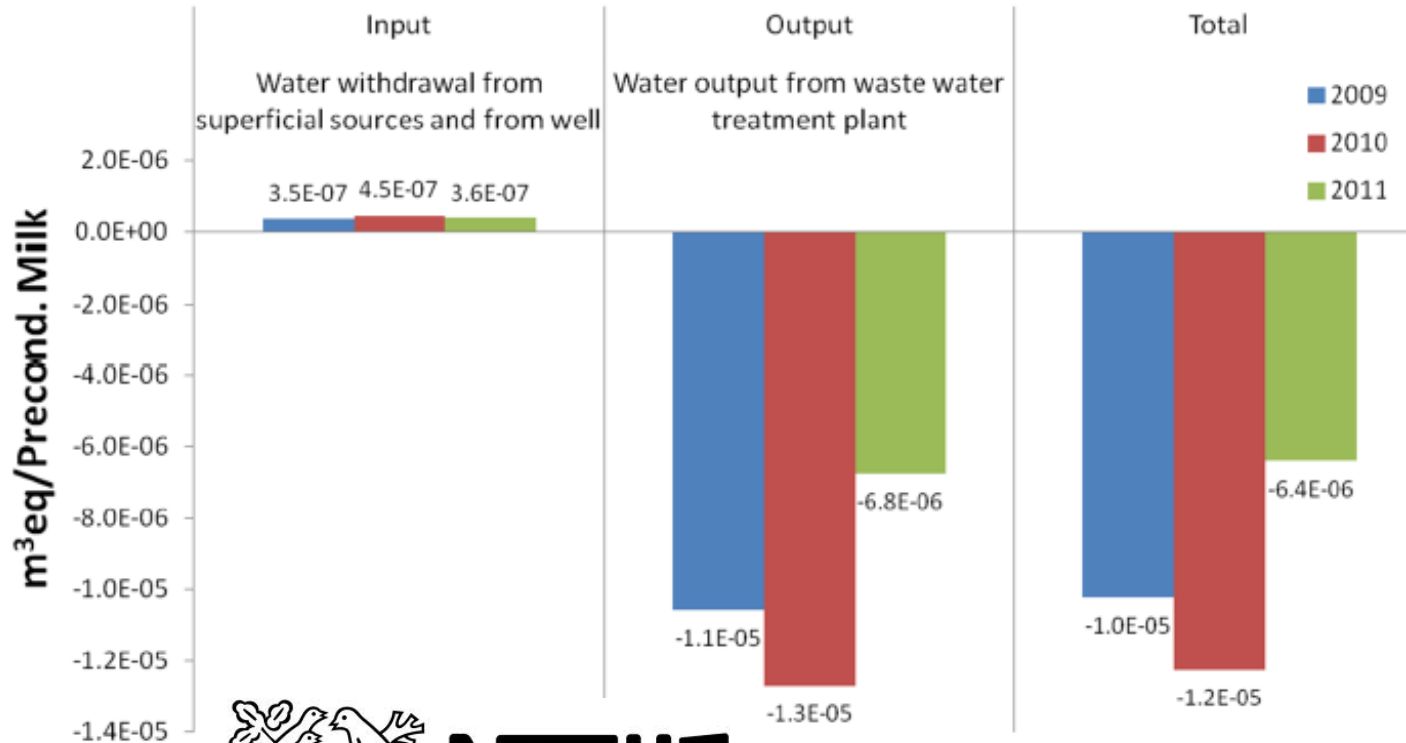
# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle



Initiative



**Nestlé**

WIIX debido al uso de agua directo en la planta de Florencia

# Proyecto SuizAgua Colombia



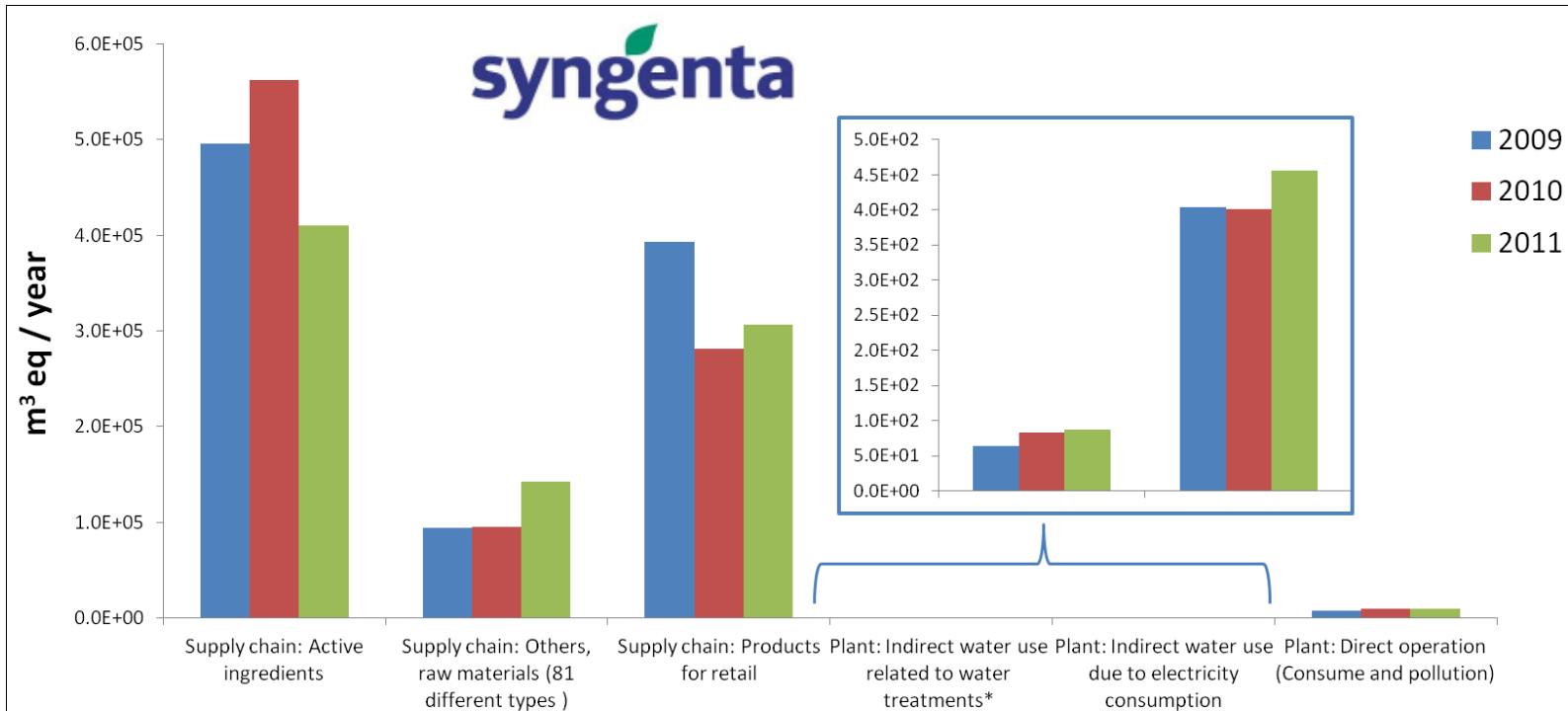
Life Cycle  
Initiative



		Water use Inventory	Midpoint Impact (WIIX)	Endpoint Impact	
				Human Health	Ecosystems Quality
Milk production (Caquetá)	Supply chain (Pastures)	3%	38%	34%	2%
	Direct water use	79%	42%	0%	93%
	Indirect water use (electricity and diesel)	1%	7%	16%	0%
Milk precondensation (Florencia)	Direct water use	5%	1%	11%	1%
	Pollution and consumption due to direct operations of the plant	0%	0%	0%	0%
	Indirect water use (electricity and fuel oil)	2%	6%	14%	1%
Powdered milk production (Bugalagrande)	Indirect water use (Water treatment plants)	4%	1%	6%	0%
	Direct water use		1%		
	Indirect water use (electricity and gas)	6%	3%	19%	3%
Total		100%	100%	100%	100%

Identificación de los puntos clave en el sistema de producción de leche en polvo de Nestlé.

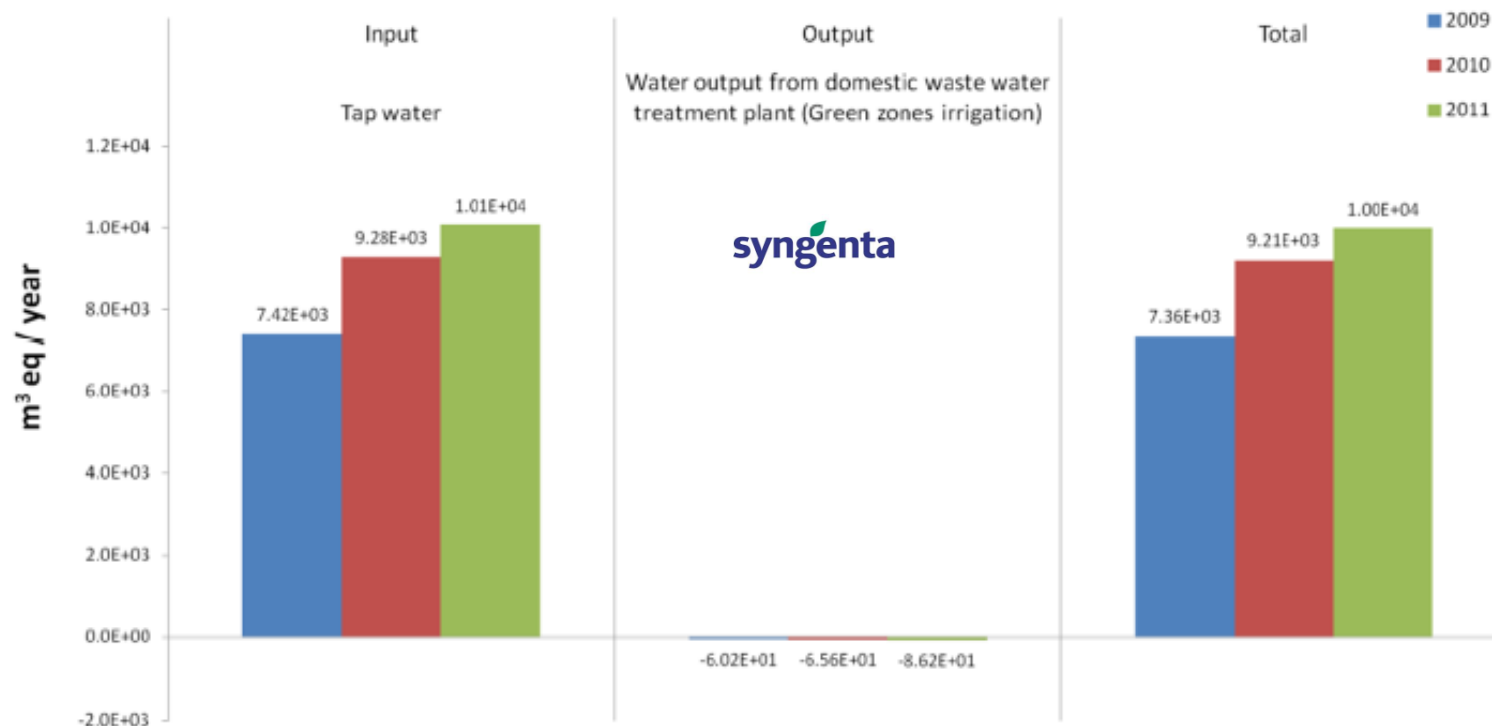
# Proyecto SuizAgua Colombia



Descripción general del índice de impacto de agua para la línea de producción anual de la planta de Mamonal



# Proyecto SuizAgua Colombia



Índice de impacto de agua directo para la planta de Mamonal

# Proyecto SuizAgua Colombia



		Water use Inventory	Midpoint Impact (WIIX)	Endpoint impacts	
				Human Health	Ecosystems Quality
Supply chain	Active ingredients	54%	52%	56%	55%
	Products for retail	36%	12%	37%	38%
	Raw materials (81 different types)	8%	35%	7%	7%
Direct water use	Waste water and tapwater treatment	0%	0%	0%	0%
	Water consumption and pollution	0%	0%	0%	0%
Indirect water use (electricity consumption)		1%	1%	0%	1%
Total		100%	100%	100%	100%

Identificación de los puntos clave de la planta Syngenta en Mamonal.

# Contenido



Life Cycle



**Evaluación de impacto: huella de agua**  
**-¡Ésta Sesión!**

1. Huella de Agua como categoría de impacto
2. Impactos ambientales asociados al agua
3. Índice de escasez de Agua (WSI)
4. Ejemplo: Proyecto SuizAgua Colombia
5. Ejercicio práctico

**Calcule la huella de agua del mesabanco**



## Calcule la huella de agua del mesabanco



Life Cycle



Material o proceso	WSI	Lugar
Madera de pino	0.016	Oaxaca
Transporte camión de 28 toneladas	0.016	Oaxaca
Electricidad	0.016	Oaxaca
Fenol	1	Distrito Federal
Transporte camión de 16 toneladas	0.016	Oaxaca
Laca	1	Distrito Federal
Tornillos	0.99	Monterrey
Gas natural	0.018	Veracruz

Utilizando el ICV generado para el mesabanco escolar y el WSI reportado en la tabla para cada uno de los insumos, calcule la huella de agua del mueble considerando el impacto de escasez.



UNEP

Life Cycle



Initiative



# Gestión de Ciclo de Vida

## Huella de Agua

Sesión: Interpretación - Ejemplos en América Latina

Agosto 2013



UNEP

Life Cycle



Initiative

## Capacitación en Gestión de Ciclo de Vida para América Latina

## Huella de Agua

**Introducción: Situación del agua  
en el mundo**  
- Primera Sesión

**Inventario de ciclo de vida:  
contabilidad de agua**  
- Segunda Sesión

**Evaluación de impacto: huella de  
agua**  
- Tercera Sesión

**Interpretación y ejemplos**

- ¡Ésta Sesión!

# Contenido



Life Cycle



## Interpretación y ejemplos

-¡Ésta Sesión!

1. Proyecto SuizAgua Colombia
  2. La huella de agua en la minería:  
el caso del cobre en el Norte de Chile
  3. La huella de agua del vino: el caso del vino de  
Mendoza, Argentina
  4. La Huella de Agua de cosméticos: El caso de Natura  
en Brasil
- Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



# Casos de estudio en América Latina



## Evaluando la huella de agua de empresas en Colombia. Proyecto SuizAgua Colombia



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC



*Pilot Project  
SuizAgua Colombia*

Public-private partnership for assessment and reduction  
of water footprint, and its communication.

CLARIANT



Holcim



Nestlé

syngenta

# Proyecto SuizAgua Colombia



## CLARIANT

	Functional Unit (FU): 1 year plant operation				
	Directly at plant	Indirectly at Plant (Energy consumption)	Total plant operation	Total (Including raw materials)	Total
Consumed water [m <sup>3</sup> ]	8275/FU	62407/FU	70682/FU	1284713/FU	90 - 119/ton product
WIIX [m <sup>3</sup> eq]	102/FU	942/FU	1044/FU	751634/FU	53 - 69/ton product
WIIX percentage related to water consumed	1.2%	1.5%	1.5%	58.5%	≈ 58.5%

Resultados para el consumo de agua y el WIIX para la planta de Cota de Clariant.  
(Rango del valor total debido a los cambios insignificantes a lo largo de los años)

# Proyecto SuizAgua Colombia



## Functional Unit (FU): 1 m<sup>3</sup> concrete (Production line with final stage at Occidente plant)

	Directly at plants	Indirectly at Plants (Energy consumption: Coal, Diesel, Electricity)	Total plants operation	Total (Including raw materials)
Consumed water [m <sup>3</sup> /FU]	1.18	0.96	2.14	1.94 - 2.58
WIIX [m <sup>3</sup> eq/FU]	0.04	0.07	0.11	0.09 - 0.20
WIIX percentage related to water consumed	3.6%	7.3%	5.3%	≈6.1%

Resultados para el consumo de agua y el WIIX para el sistema analizado de Holcim con fase de producción final en planta Occidente. (Rango del valor total debido a los cambios insignificantes a lo largo de los años)

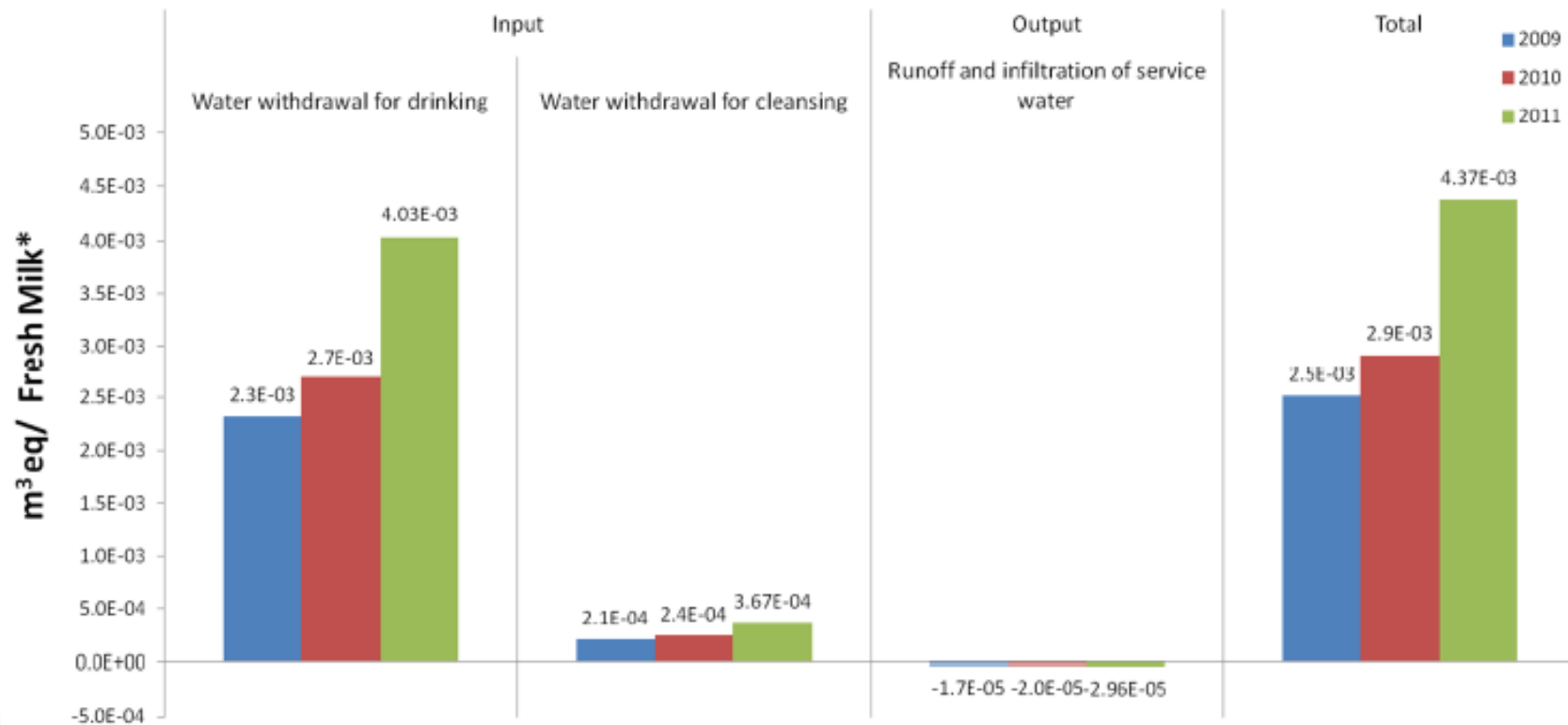
# Proyecto SuizAgua Colombia



Life Cycle  
Initiative



# Nestlé



WIIX debido al uso de agua directo en las granjas lecheras ubicadas en Coqueta.

# Proyecto SuizAgua Colombia



**Nestlé**

	Functional Unit (FU): 2 kg of powdered milk (whole powdered milk production line)			
	Directly	Indirectly (Energy consumption: Diesel, Electricity)	Total systems operation	Total (Including pastures consumption)
Consumed water [m <sup>3</sup> /FU]	0.13	0.03	0.16	0.15 - 0.21
WIIX [m <sup>3</sup> eq/FU]	5.16E-03	1.94E-03	7.10E-03	0.010 - 0.014
WIIX percentage related to water consumed	4.1%	5.8%	4.5%	≈6.0%

Resultados para el consumo de agua y el WIIX para el sistema de producción de leche en polvo analizado para Nestle (Rango del valor total debido a los cambios insignificantes a lo largo de los años)

# Proyecto SuizAgua Colombia



	Functional Unit (FU): 1 year plant operation				
	Directly at plant	Indirectly at Plant (Energy consumption)	Total plant operation	Total (Including raw materials)	Total
Consumed water [m <sup>3</sup> ]	6902/FU	27839/FU	34741/FU	1545370/FU	228 - 260/ton product
WIIX [m <sup>3</sup> eq]	8858/FU	420/FU	9279/FU	936572/FU	138 - 157/ton product
WIIX percentage related to water consumed	128.4%	1.5%	26.7%	60.6%	≈60.6%

Resultados para el consumo de agua y el WIIX para la planta Mamonal de Syngenta.  
(Rango del valor total debido a los cambios insignificantes a lo largo de los años)

## Conclusiones

- Los principales impactos del uso del agua se deben a :
  - Consumo indirecto de agua
  - Degradación relacionada con la cadena de suministro y al consumo a energía .
- Los esfuerzos para reducir la huella de agua directa son importantes y valiosas.
- Las acciones dirigidas a este fin en cada empresa se relacionan en su mayoría a:
  - Ahorro y al uso eficiente de energía
  - Ahorro de consumo de agua
  - Mejora de los tratamientos de aguas residuales

## Conclusiones

- Los resultados de este estudio, enfocado en los impactos de los usos consuntivos y degradativos del agua, podrían complementar enfoques multi-indicador.
- Tomar decisiones basadas únicamente en los resultados de la huella de agua podrían dar lugar a sólo trasladar las cargas ambientales a otros compartimentos y categorías de impacto.



## Conclusiones

- Evaluación periódica de la huella del agua:
  - Proporcionar información de la mejora en los campos de acción. La comunicación del concepto de huella de agua con proveedores es importante para el mejor entendimiento y reducción de la huella de agua en la cadena de suministro.

# La huella de agua en la minería: el caso del cobre en el Norte de Chile



Life Cycle



Initiative



Chile es un país minero: PIB minero 7-8%

Cu, Mo, Au, Li, C, otros

Minería artesanal, pequeña, mediana, gran minería

Es impulsora de la economía regional

Consumo de agua industrial:

Sobre 70% agrícolas

4% minería

Gran minería ocurre principalmente en el norte del país, donde es la principal actividad económica:

Antofagasta (Atacama), Tarapacá

***Sin agua no hay producción primaria de cobre.***

# La huella de agua en la minería: el caso del cobre en el Norte de Chile



Life Cycle



Initiative



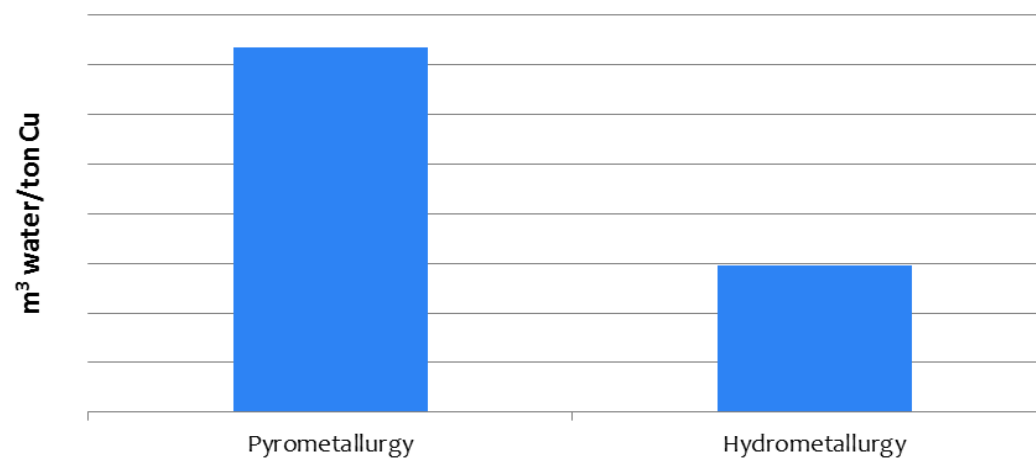
Se estimaron los m<sup>3</sup> de agua consumidos por ton Cu producido, para cada unidad de proceso:

balance de masa;

estimaciones de plantas;

porcentajes de distribución másica.

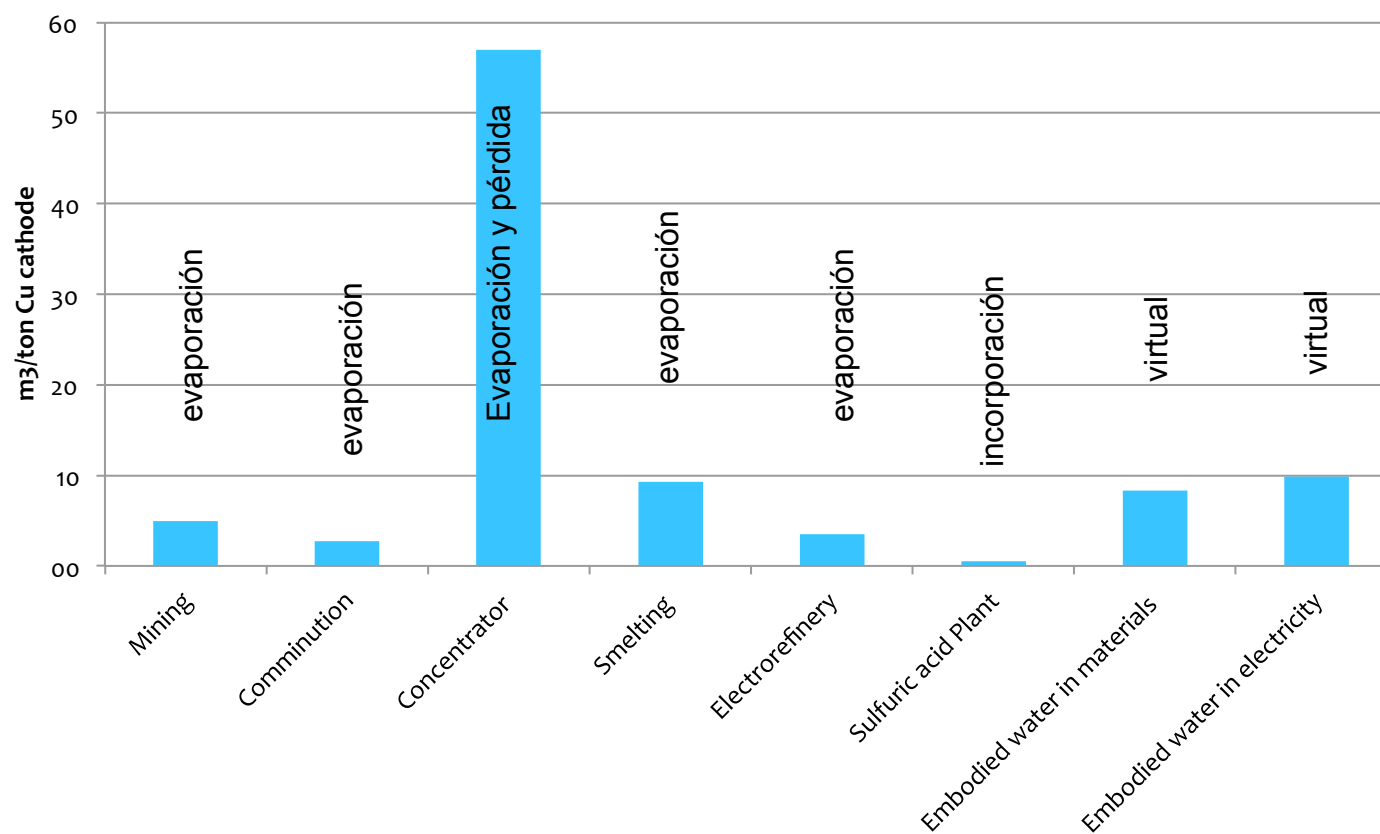
Las incertidumbres fueron analizadas



# La huella de agua en la minería: el caso del cobre en el Norte de Chile



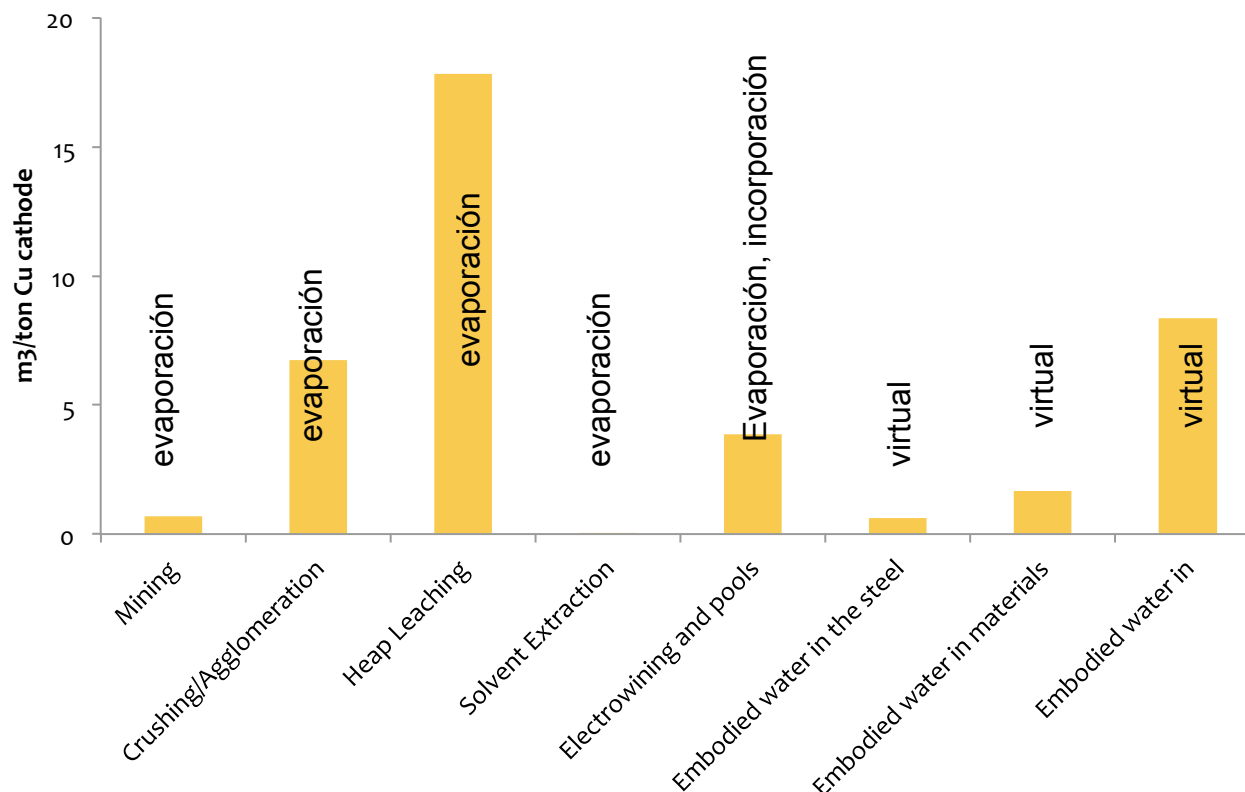
## Resultados: Línea sulfuros de cobre



# La huella de agua en la minería: el caso del cobre en el Norte de Chile



## Resultados: Línea óxidos de cobre



Si se consume ácido sulfúrico producido a partir de mineral de azufre, el consumo indirecto de agua puede subir a 15 m<sup>3</sup>/ton cobre.

# La huella de agua en la minería: el caso del cobre en el Norte de Chile



Life Cycle



Initiative



## Conclusiones

### Operacionalmente:

El cálculo de la huella de agua azul es fuertemente dependiente de la ley del mineral

No es un parámetro útil al expresarse en ton Cu producido (*ton mineral tratado*).

La clasificación de las aguas permite entender mejor el proceso, cómo se pierde el agua y cuál flujo es potencialmente recuperable: establecer nuevas soluciones

El cálculo del volumen de agua azul permite distinguir cuáles son los procesos y flujos más relevantes desde el punto de vista consuntivo: críticos.

# La huella de agua del vino: el caso del vino de Mendoza, Argentina



Life Cycle



Argentina es el quinto productor de vinos a nivel internacional y el 70% de los viñedos argentinos están localizados en Mendoza.

Se consideraron las actividades agrícolas como :mantenimiento del suelo, irrigación, fertilización, control de plagas y malezas y cosecha.

La huella de agua se determinó contemplando tres sistemas de riego y sus eficiencias correspondientes



# La huella de agua del vino: el caso del vino de Mendoza, Argentina



## Resultados

Se estimaron los m<sup>3</sup> de agua de la producción de uvas en las parcelas :

agua verde: 324 m<sup>3</sup>/ton

agua azul: 3059.5 m<sup>3</sup>/ton

La etapa agrícola es uno de los puntos relevantes donde se deben tomar medidas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de agua.

El total de la huella de agua es mayor que otra calculada en otras regiones vinícolas como Francia, California o Italia, principalmente debido a la escasez de agua de lluvia, altas temperaturas y aislamiento.  
Los resultados obtenidos constituyen una contribución significativa al uso sostenible de los recursos para las condiciones locales.



# La Huella de Agua de cosméticos: El caso de Natura en Brasil



Life Cycle



Natura es una de las más grandes compañías de cosméticos en Brasil. Fue fundada en 1969.

El proyecto se realizó con apoyo de Water Footprint Network

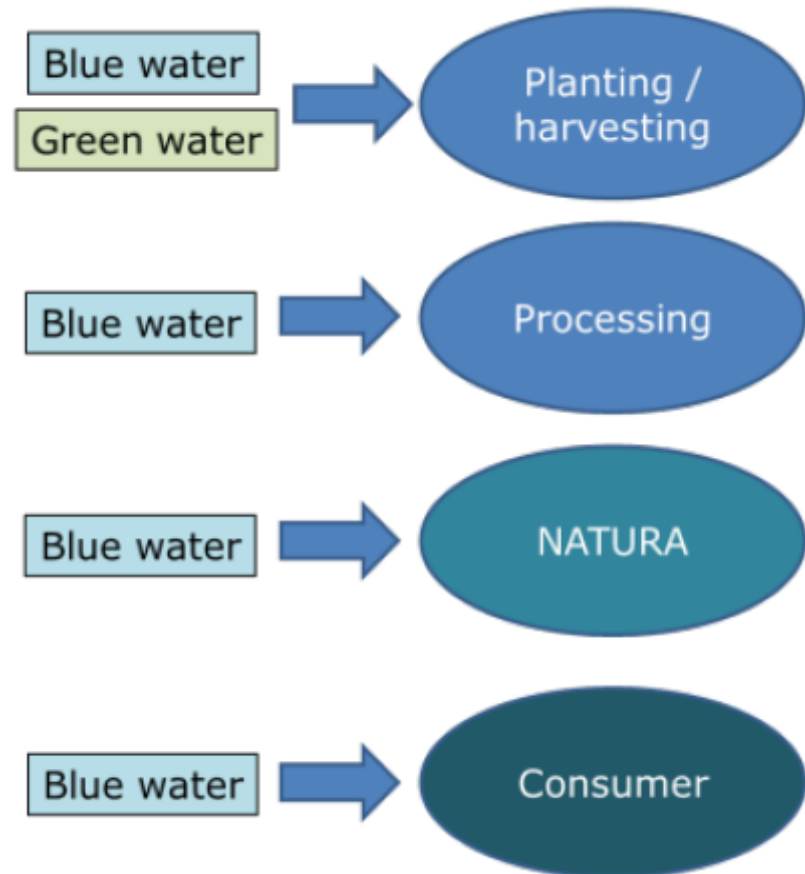
Los límites del sistema consideran el agua verde y azul requerida a lo largo del ciclo de vida de los productos (Obtención de materias primas, producción y uso)

# La Huella de Agua de cosméticos: El caso de Natura en Brasil



## Contabilización de agua

- Se recolectaron datos de las operaciones de Natura, así como de sus proveedores.
- Se tomaron en cuenta las especificaciones de las fórmulas industriales.
- Además, se emplearon bases de datos de ciclo de vida para complementar la recolección de datos.



# La Huella de Agua de cosméticos: El caso de Natura en Brasil



Life Cycle



Initiative



## Resultados

- El material de empaque (tela) es la entrada que contribuye en mayor proporción al volumen total de agua en el ciclo de vida.
- Los textiles, que corresponden solamente al 1.2% del total de materias primas, representan el **74%** del consumo de agua de todos los materiales.
- El **26%** del consumo total de agua de Natura corresponde a los textiles.
- Los datos del cultivo de algodón, empleado para los textiles de empaque, provienen de China. Dicha información no representa la realidad de Natura; sin embargo, eran los únicos datos disponibles.

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



## Metodología: Enfoque ACV Calculo de agua gris

DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

ANÁLISIS DEL INVENTARIO

Cuantificación de insumos necesarios para producir una tonelada de maíz:

- Volúmenes de agua
- Fertilizantes fosfatados y nitrogenados
- Pesticidas
- Uso de la tierra
- Maquinaria agrícola

EVALUACIÓN DEL IMPACTO

Mejorar la comprensión de las emisiones individuales de los inventarios de ciclo de vida. Se uso un promedio ponderado de la suma de las emisiones contaminantes de un sistema.

Categorías de impacto de punto intermedio evaluadas:

**Eco-toxicidad crónica de agua y toxicidad humana.**

Método de EICV: EDIP 2003.

Software: Simapro 7.2.

INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos se analizaron de acuerdo con:

- Eficiencia en el uso del recurso
- Rendimiento de la producción
- Estrés hídrico de la zona

Los resultados se comparan con el agua huella de otros países evaluó con la contabilidad método de volumen.

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



## Normalización

- Se empleó el índice de estrés hídrico de la región de la cuál se extrajo el recurso con el fin de normalizar las categorías de impacto.
- El estrés hídrico se define comúnmente por la relación entre el total anual extracciones de agua dulce y la disponibilidad hidrológica de una región.
- El estrés hídrico se produce por encima de un umbral de 40%.

Cuadro 1

Valores del índice de estrés hídrico (WSI) modificados para las 13 RHA de México

Región hidrológico-administrativa (RHA)	Grado de presión hídrica <sup>a</sup> (WTA) (%)	WTA <sup>a, b</sup> (adim) $WTA^a - \sqrt{WF \cdot WTA}$	WSI <sub>MEX</sub> <sup>c</sup>
I Península de Baja California	75.9	1.36576	0.98441
II Noroeste	91.4	1.64558	0.99737
III Pacífico Norte	40.7	0.73322	0.52434
IV Balsas	49.4	0.88863	0.74877
V Pacífico Sur	4.1	0.07415	0.01598
VI Río Bravo	77.4	1.39241	0.98683
VII Cuencas Centrales del Norte	48.6	0.87511	0.73216
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	41.5	0.74624	0.54508
IX Golfo Norte	18.6	0.33452	0.07913
X Golfo Centro	5.2	0.09307	0.01800
XI Frontera Sur	1.4	0.02499	0.01171
XII Península de Yucatán	8.0	0.14378	0.02472
XIII Aguas del Valle de México	132.3	2.38190	0.99998
<b>Total</b>	<b>17.4</b>	<b>0.31251</b>	<b>0.06946</b>

<sup>a</sup> CONAGUA, 2010.  
<sup>b</sup> Pfister et al., 2009.  
<sup>c</sup> Elaboración propia.

FUENTE : Farrell et al., 2011.

# Evaluación de la Huella de agua del maíz en México



Life Cycle



Initiative



## Resultados

- En México se produjeron 19.3 millones de toneladas de maíz por año (1996-2006).
- La variedad más cultivada fue maíz blanco.
- El 64% de la producción se obtuvo por medio de agricultura de secano, mientras que el 36% zonas de regadío.
- El mayor rendimiento se obtuvo bajo condiciones de riego. (7.841 -5.685 frente a 1,649-2,151 Ton/Ha).
- Sinaloa fue el mayor estado productor con el 70% de la producción



# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



## Resultados

### Huella de agua azul

Country	blue water (m <sup>3</sup> /Ton)	green water (m <sup>3</sup> /Ton)	grey water (m <sup>3</sup> /Ton)	water stress (%)	total water footprint (m <sup>3</sup> /Ton)	coefficient of variation (%)
México	975	1,859	7,236	44	14,466	11.00

Huella del agua del maíz en México Periodo:2004-2009

### Sinaloa:

- Región árida con un índice de estrés hídrico severo
- La mayoría del agua abastecida en esta área se destina a la agricultura (93%), del cual el 13% proviene de acuíferos.
- La productividad de la cosecha en dicho estado fue la más alta nacional(7.2 ton/ha) se atribuye a la calidad del suelo y al uso intensivo de capital(maquinaria, fertilizantes, sistemas de irrigación).
- La productividad nacional (2.564 Ton/Ha) se considera baja.



# Evaluación de la Huella de agua del maíz en México

## Metodología

## Resultados

### HUELLA DE AGUA VERDE

Country	blue water (m <sup>3</sup> /Ton)	green water (m <sup>3</sup> /Ton)	grey water (m <sup>3</sup> /Ton)	water stress (%)	total water footprint (m <sup>3</sup> /Ton)	coefficient of variation (%)
México	975	1,859	7,236	44	14,466	11.00

Huella del agua del maíz en México Periodo:2004-2009

- El componente verde resultó alto debido a las condiciones climáticas bajo las cuales el maíz es cultivado.



# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



Life Cycle



Initiative



## Resultados

Huella de agua gris

Country	blue water (m <sup>3</sup> /Ton)	green water (m <sup>3</sup> /Ton)	grey water (m <sup>3</sup> /Ton)	water stress (%)	total water footprint (m <sup>3</sup> /Ton)	coefficient of variation (%)
México	975	1,859	7,236	44	14,466	11.00

Huella del agua del maíz en México Periodo:2004-2009

La huella de agua gris integra el volumen de agua teórica que sería necesario para diluir los contaminantes emitidos durante las etapas de extracción de las materias primas, producción y uso de los fertilizantes, pesticidas, uso de suelo y maquinaria.

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



## Resultados

### Huella de agua total

Country	blue water (m <sup>3</sup> /Ton)	green water (m <sup>3</sup> /Ton)	grey water (m <sup>3</sup> /Ton)	water stress (%)	total water footprint (m <sup>3</sup> /Ton)	coefficient of variation (%)
México	975	1,859	7,236	44	14,466	11.00

Huella del agua del maíz en México Periodo:2004-2009

- Este valor representa, además del volumen de los diferentes tipos de agua usados en el cultivo de maíz en México, el agua necesaria para evitar impactos potenciales en ecotoxicidad acuática y toxicidad humana, también refleja la escasez causada por el proceso agrícola.

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



Life Cycle



Initiative



## Discusión

Países mayormente productores de Maíz:

EUA (40%) \* CHINA (19%) \* BRASIL (6%) \* MEXICO (3%)

En el mismo periodo de cosecha, en México la huella de agua fue mayor en comparación con Argentina, China, Brasil e Indonesia.

Country	blue water (m <sup>3</sup> /Ton)	green water (m <sup>3</sup> /Ton)	grey water (m <sup>3</sup> /Ton)	Total water footprint (m <sup>3</sup> /Ton)
USA	63	522	176	761
China	74	791	295	1160
Brazil	1	1621	125	1747
México	62	1852	357	2271
World rain-fed	0	1082	187	1269
World irrigated	294	595	212	1101
World	81	947	194	1222

Huella de agua de la producción de maíz para los mayores países productores en el período 1996-2005

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



Life Cycle



Initiative



## Discusión

- Se han publicado diferentes estudios sobre el consumo y contaminación de agua derivados de la agricultura, sin embargo los resultados no son coherentes entre sí.
- No es posible una comparación completa entre estos estudios debido a las diferencias entre sus períodos de análisis, métodos y límites. De ahí la importancia de la estandarización de una metodología que permita una comparación clara entre los estudios.

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



Life Cycle



## Conclusiones

- La evaluación de la huella hídrica de un ciclo de vida enfoque es una herramienta que facilita la gestión del recurso hídrico de forma integral.
- Es importante evaluar además del volumen de agua utilizada, los impactos en el medio ambiente y el agotamiento que las diferentes actividades en su uso

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



Life Cycle



## Conclusiones

En este trabajo el cálculo de la Huella de Agua del maíz de regadío en México enfatiza que los principales problemas son:

- Baja eficiencia de la infraestructura hidroagrícola, lo que obliga el desarrollo de la actividad agrícola en suelos áridos y empobrecidos.
- Realización de un actividad de alto consumo de agua en zonas con graves estrés hídrico

# Evaluación de la Huella de Agua del maíz en México



Life Cycle



## Conclusiones

- La evaluación de la huella de agua debe hacerse a nivel local. La intención de comparar las huellas del agua es la de hacer los cambios necesarios para disminuir sus efectos.
- Es importante establecer una metodología estandarizada que haga posible una evaluación comprensiva, completa y que resulte en una disminución de la huella de agua.

## Glosario de términos



Life Cycle



Initiative



### 💧 **Calidad del agua.**

Características físicas, químicas y biológicas del agua con respecto al uso que se le dará ya sea para uso humano o para los ecosistemas.

### 💧 **Degradación del agua.**

Cambio negativo en la calidad del agua.

### 💧 **Disponibilidad del agua.**

Grado en el que el ser humano y los ecosistemas poseen suficientes recursos hídricos para sus necesidades.



## Glosario de términos



Life Cycle



Initiative



### 💧 **Uso consuntivo**

Considera como agua consumida toda extracción de agua dulce que se evapora o se descarga en una cuenca diferente o el mar, y/o se encuentra materializada en productos y residuos.

### 💧 **Uso degradativo/no consuntivo**

Agua que se descarga en la misma cuenca donde fue extraída pero con la calidad alterada

### 💧 **escasez de agua**

Grado en el cual la demanda de agua supera la recarga de agua en un área.

### 💧 **WSI (Water Stress Index).** Índice de escasez de agua

# Referencias



- (COSUDE), A. S. para el D. y la C. (2013a). *Water footprint assessment results for SuizAgua Colombia Pilot Project Phase 1* (p. 15). Bogotá Colombia.
- (COSUDE), A. S. para el D. y la C. (2013b). *¿Cómo se calcula la Huella Hídrica Empresarial?* (pp. 1–22). Bogotá, Colombia.
- Arévalo, D. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica*. Calí, Colombia.
- Berger, M., Farell, C., Hyde, K., Wackernagel, M., Hoekstra, A., Mathews, R., ... Gee, D. (2012). *Measuring Water use in a Green Economy*. (I. R. P. W. G. on W. Efficiency, Ed.) (p. 87). United Nations Environment Programme.
- CADIS. (2012). *Curso Huella de Agua*. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS).
- CADIS. (2013). *Curso de Huella de Agua*. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS).
- Civit, B. (Grupo C. U. F. C., Peña, C. (Global S. C., & Suppen, N. (CADIS). (2013). *Introducción a la Huella Hídrica*. Mendoza, Argentina: CILCA 2013.
- Civit, B., Arena, P., Curandelli, S., & Piastrellini, R. (2011). The water footprint and water use efficiency in vineyards-Mendoza, Argentina. In CADIS (Ed.), *IV Congreso Internacional de Análisis de Ciclo de Vida* (pp. 156–157). Coatzacoaldos, Veracruz, México.: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable.
- El ciclo del Agua. (2009). Universidad Veracruzana. Retrieved from <http://sapp.uv.mx/univirtual/cursosDI/IMAsemestral/Unidad1/CicloAgua.htm>
- Farell, C., Turpin, S., & Suppen, N. (2011). Assessment of the Water Footprint of Maize in Mexico. In *IV Congreso Internacional de Análisis de Ciclo de Vida* (pp. 436–440). Coatzacoalcos, Veracruz, México.: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable.
- Farell, C. (2013). *Diseño de una metodología para reportar la huella de agua*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Goedkoop, M., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & Van Zelm, R. (2013). *ReCiPe 2008*.
- Guinée, J. B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. de, ... Udo De Haes, H. A. (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards* (pp. 63–95). KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.

# Referencias



- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. London, Inglaterra: Earthscan.
- Lara, A. (2013, March 22). Huella del Agua. *Los Tiempos.com, Suplemento especial día del Agua*. Bolivia. Retrieved from [http://www.lostiempos.com/edicion\\_especial.php?id\\_edicion=3629](http://www.lostiempos.com/edicion_especial.php?id_edicion=3629)
- Mckone, T., Rosenbaum, R. K., & Meent, D. Van De. (2010). *USETOX - User manual* -.
- Morales, R. A., Pliego, C. P., & Langle, A. (2012). *Huella Hídrica en México en el contexto de Norteamérica*. México DF.
- Peña, C. (Global S. C. C. (2013). *Huella de Agua en la Minería*.
- Pfister, S., & Boulay, A.-M. (2013). *Water Footprint training material*. UNEP.
- Rojas, D., Lafontaine, M., Münger, F., Puerto, M., Suarez, L., Kounina, A., ... Sebastien, H. (2013). Assessing water footprint of companies in Colombia - SuizAgua Colombia project. In A. P. Arena, B. Civit, & R. Piastrellini (Eds.), *V Congreso Internacional en Análisis de Ciclo de Vida (CILCA 2013)* (pp. 63–73). Mendoza, Argentina: Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional.
- SEMARNAT. (2010). *Agua* (pp. 82–120). México DF.
- Vázquez-del Mercado Arribas, R., & Buenfil-Rodríguez, M. (2012). HUELLA HÍDRICA DE AMÉRICA LATINA : RETOS Y OPORTUNIDADES. *Aqua-LAC, 4*, 41–48
- WULCA. (2013). Life Cycle Initiative group project on the Assessment of Use and Depletion of Water Resources within LCA. Retrieved from <http://www.wulca-waterlca.org/>
- .

# Disclaimer



Life Cycle



Initiative



***Copyright © Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (2013)***

*Está autorizada la reproducción total o parcial y de cualquier otra forma para fines educativos o sin fines de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, a condición de que se indique la fuente de la que proviene. EL PNUMA agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.*

*No está autorizado el empleo de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales sin el permiso previo por escrito del PNUMA.*

## ***Advertencia***

*Las designaciones de entidades geográficas que figuran en este informe y la presentación de su material no denotan, de modo alguno, la opinión de la editorial o de las organizaciones contribuyentes con respecto a la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.*



# Agradecimientos



El presente material didáctico ha sido producido por el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS) en colaboración con la Pontificia Universidad Católica de Perú (PUCP) bajo contrato del proyecto: “Formación de Análisis de Ciclo de Vida en América Latina”.

## **Editor**

Nydia Suppen Reynaga(CADIS)

## **Supervisión, edición técnica y soporte.**

Sonia Valdivia, UNEP DTIE

## **Autores**

Alvarado, E. Gabriela, CADIS

Chargoy, J. Pablo, CADIS

Civit, Bárbara, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza

Farell, Carole, CADIS

Gallardo, Rosa Ma., CADIS

Güereca, Patricia, Instituto de Ingeniería-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Suppen, Nydia, CADIS

Peña, Claudia, Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM)

## **Panel Internacional de revisores**

Ana Quiros, Costa Rica

Ines Freier, ROLAC

Liazzat Rabbiosi, UNEP

Fabien Brones, Natura, Brazil

Marcos Alegre, GEA, Perú

Christian Erhart, Chile

Alejandro Chacon, Chile

Carlos Toro, NCPC, Colombia

Jairo Chacon, Colombia

Zacarias Navarro, República Dominicana

## **Diseño**

El diseño de la publicación estuvo a cargo de Sabo Tercero de Solo Sabo Diseño, Fotografía e Imagen.

**Contribuciones:**  
Agradecemos a todos aquellos quienes han contribuido a este proyecto aportando ideas, comentarios y conocimientos, en especial a Stephan Pfister del Swiss Federal Institute of Technology (ETH).