

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
COMITÉ NACIONAL JOVEN INGENIERO Y FUTUROS LÍDERES

TALLER INTRODUCTORIO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

M. EN I. JESUS LOREDO RASGADO



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



¿QUÉ OBSERVAN?



¿QUÉ OBSERVAN?

2,700 litros

80 litros

720 litros



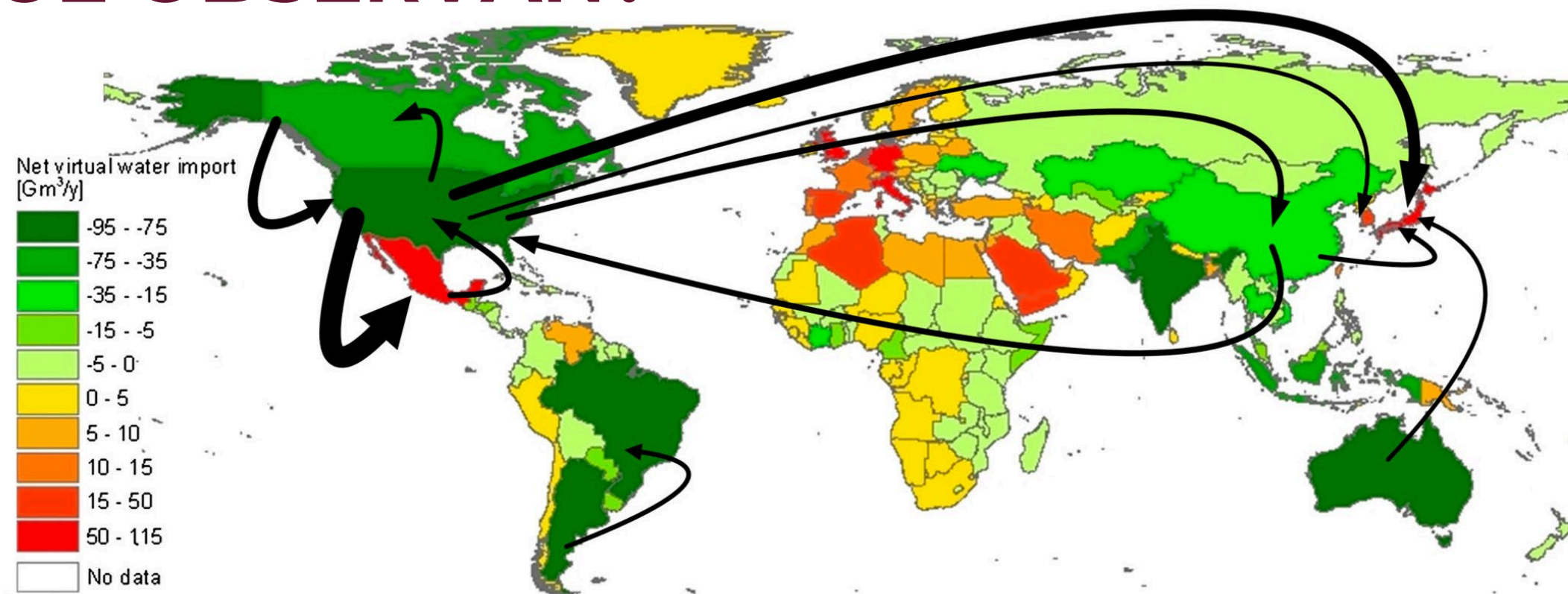
100 litros

1,170 litros

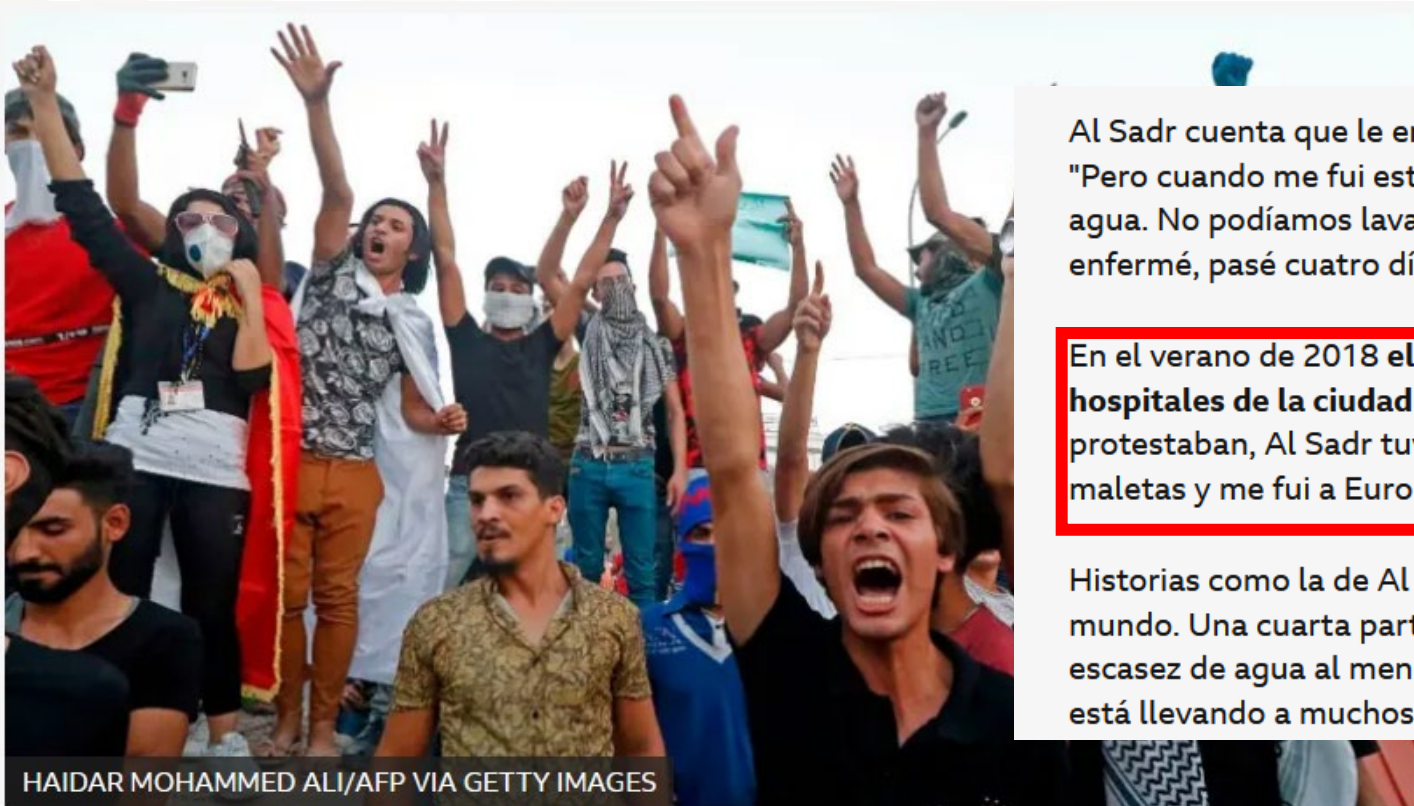
¿QUÉ OBSERVAN?



¿QUÉ OBSERVAN?



ANTECEDENTES



Haidar Mohammed Ali/AFP via Getty Images

Protestas en Basora en 2018 por la contaminación del agua en la ciudad.

Al Sadr cuenta que le encantaba trabajar junto a los canales como estibador. "Pero cuando me fui estaban **vertiendo aguas residuales sin tratar** a los cursos de agua. No podíamos lavarnos, el olor me daba migrañas y, cuando finalmente me enfermé, pasé cuatro días en la cama".

En el verano de 2018 el agua contaminada envió a **120.000 residentes a los hospitales de la ciudad** y, cuando la policía abrió fuego contra los que protestaban, Al Sadr tuvo la suerte de escapar con vida. "En un mes hice las maletas y me fui a Europa", señala.

Historias como la de Al Sadr se están volviendo demasiado comunes en todo el mundo. Una cuarta parte de la población mundial se enfrenta ahora a una grave escasez de agua al menos un mes al año y, como en el caso de Al Sadr, la crisis está llevando a muchos a buscar una vida más segura en el exterior.

ANTECEDENTES



Temas de salud ▾

Países ▾

Centro de prensa ▾

Emergencias ▾

Datos ▾

Acerca de la OMS ▾

Acceso / Comunicados de prensa / Las mujeres y las niñas cargan con la peor parte de la crisis del agua y el saneamiento – nuevo informe del UNICEF y la OMS



Imagen +

Las mujeres y las niñas cargan con la peor parte de la crisis del agua y el saneamiento – nuevo informe del UNICEF y la OMS

English

العربية

中文

Français

Русский

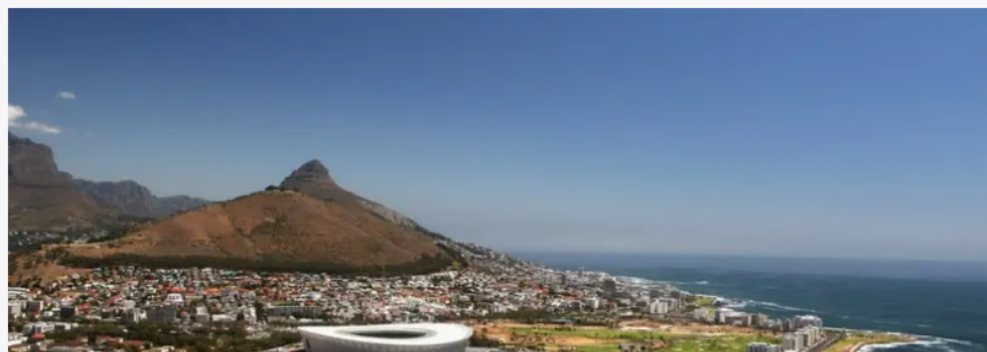
ANTECEDENTES

BBC NEWS MUNDO

Noticias América Latina Internacional Elecciones EE.UU. 2024 Hay Festival Economía Ciencia Salud Cultura

Tecnología Centroamérica Cuenta

Ciudad del Cabo: el "día cero" en el que por primera vez una gran ciudad del mundo podría quedarse sin agua



Principales noticias

La dramática vida de los hibakusha, los sobrevivientes de las bombas atómicas que vivieron con miedo y culpa y ganaron el premio Nobel de la Paz

8 horas

"Cruzas la línea y cambia todo": Texas y Nuevo México, los estados vecinos que reflejan los dos mundos que se enfrentan en EE.UU.

9 horas

"Soledad estratégica": por qué

lén cuenta con los países

ANTECEDENTES

infobae

Perú Últimas Noticias Política Deportes Entretenimiento

PERÚ >

Represión policial deja varios heridos en las comunidades Huancuire y Pumamarca por conflicto de tierra y agua

Dos demandas sociales latentes en Apurímac. Comuneros denuncian alertar contaminación y reclamar por venta de tierras que califican como responde que intervención policial fue un operativo contra mineros



Por Daniela Valdivia Blume y María Alejandra Gonzales

31 May, 2024 06:14 p.m. MX



Denuncian represión en Las Bambas



ANTECEDENTES



(The New York Times, 2020)

ANTECEDENTES



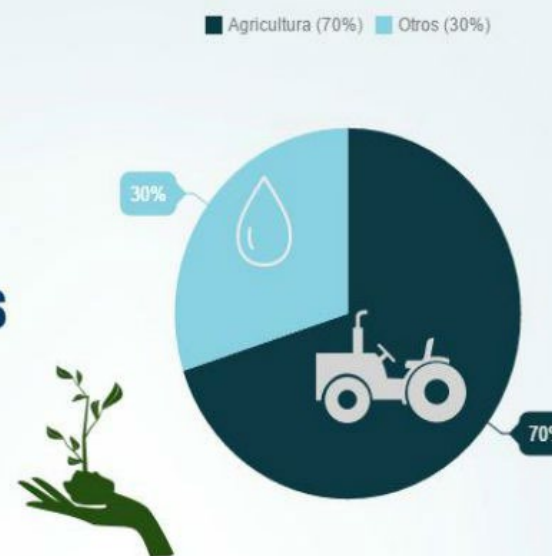
La Guardia Nacional de México custodia un punto de control en el camino para llevar agua a Estados Unidos, cerca de Delicias, Chihuahua. Daniel Berehulak para The New York Times

ANTECEDENTES

Tratado Internacional de Aguas de 1944



La agricultura utiliza el 70% de agua dulce que utilizamos en el mundo



ANTECEDENTES



Huella Hídrica Azul



Huella Hídrica Verde



Huella Hídrica Gris

MATERIAL DE LECTURA IMPORTANTE

Manual de evaluación de la huella hídrica

Establecimiento del estándar mundial

Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya
y Mesfin M. Mekonnen



AENOR
Confía



UNIÓN EUROPEA



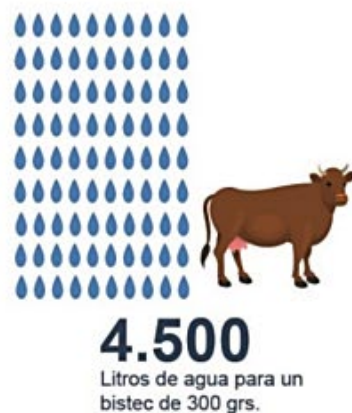
EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS: EXPERIENCIAS PILOTO EN LATINOAMÉRICA



ANTECEDENTES

Ejemplos de Huella Hídrica para algunos bienes de consumo

Se necesitan...



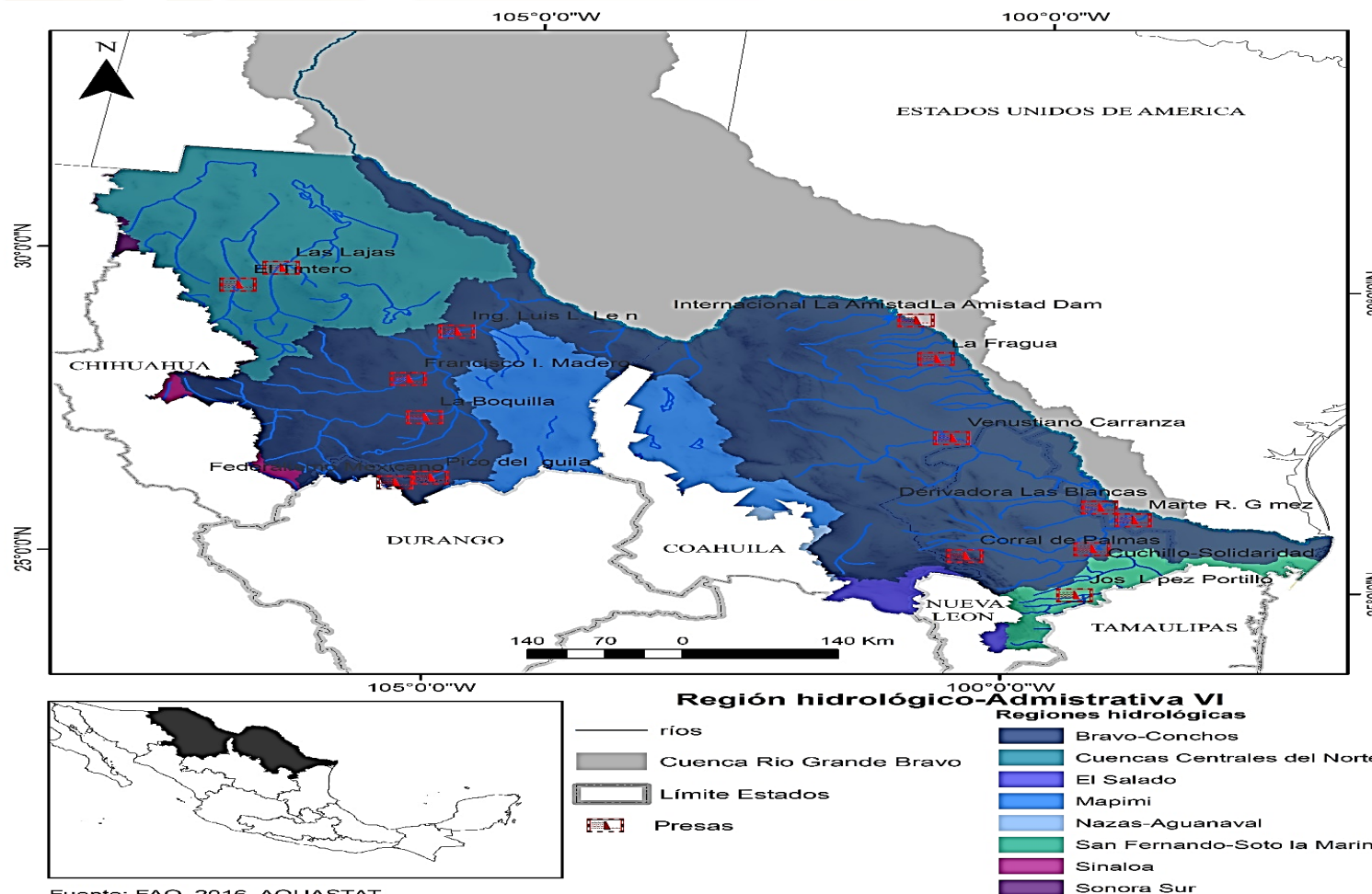
Fuente: Línea Verde Huelva, 2024

PROYECTO 2018 HUELLA HÍDRICA

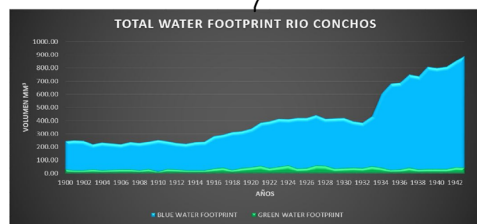
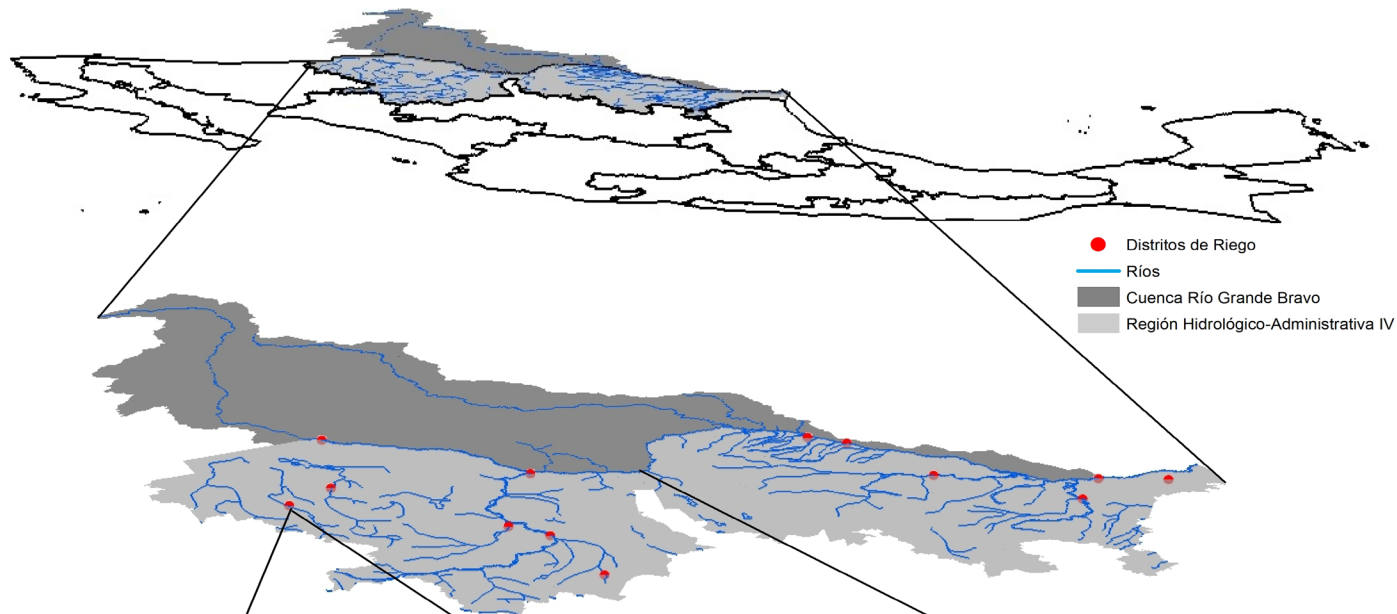
CASO DE ESTUDIO

Área = 455, 000 Km²
Longitud = 3, 034 Km

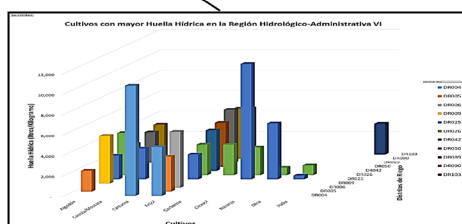
Á
R
E
A
D
E
E
S
T
U
D
I
O



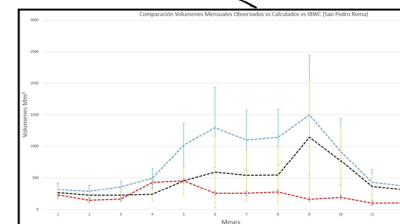
PROYECTO 2018 HUELLA HÍDRICA



Huella Hídrica (Mm3/DDR)



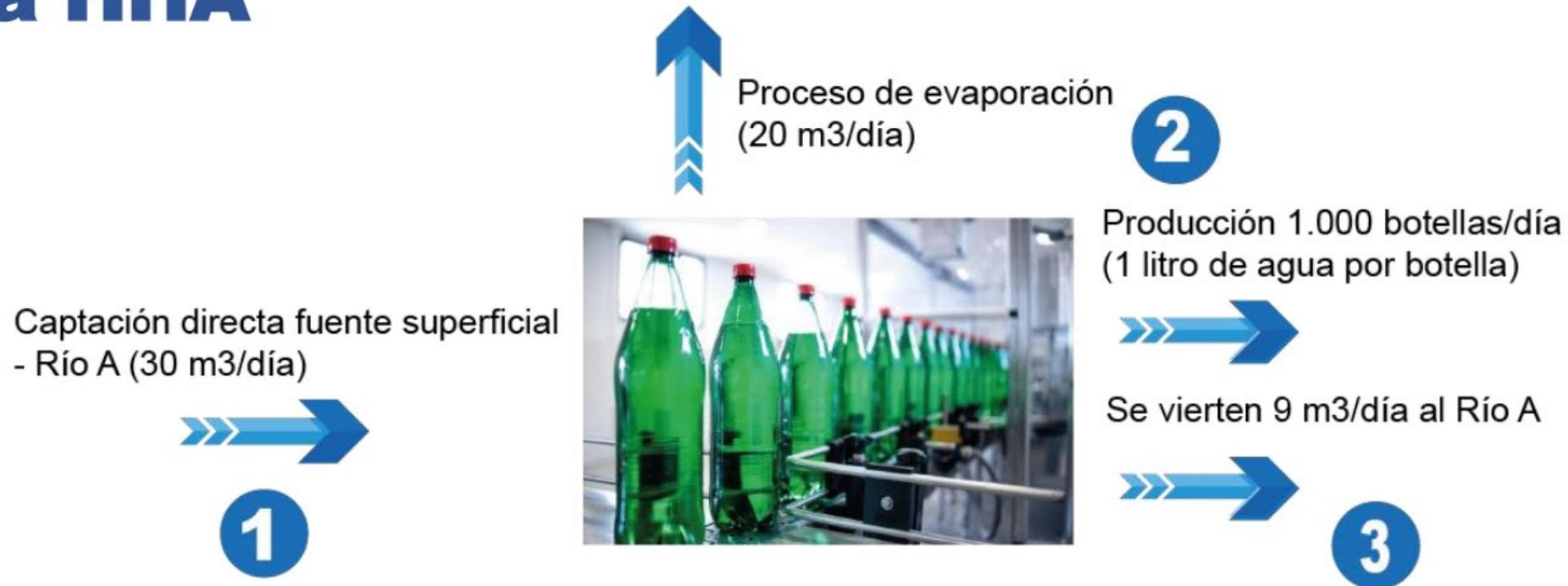
Huella Hídrica (L/Kg) /Cutivo



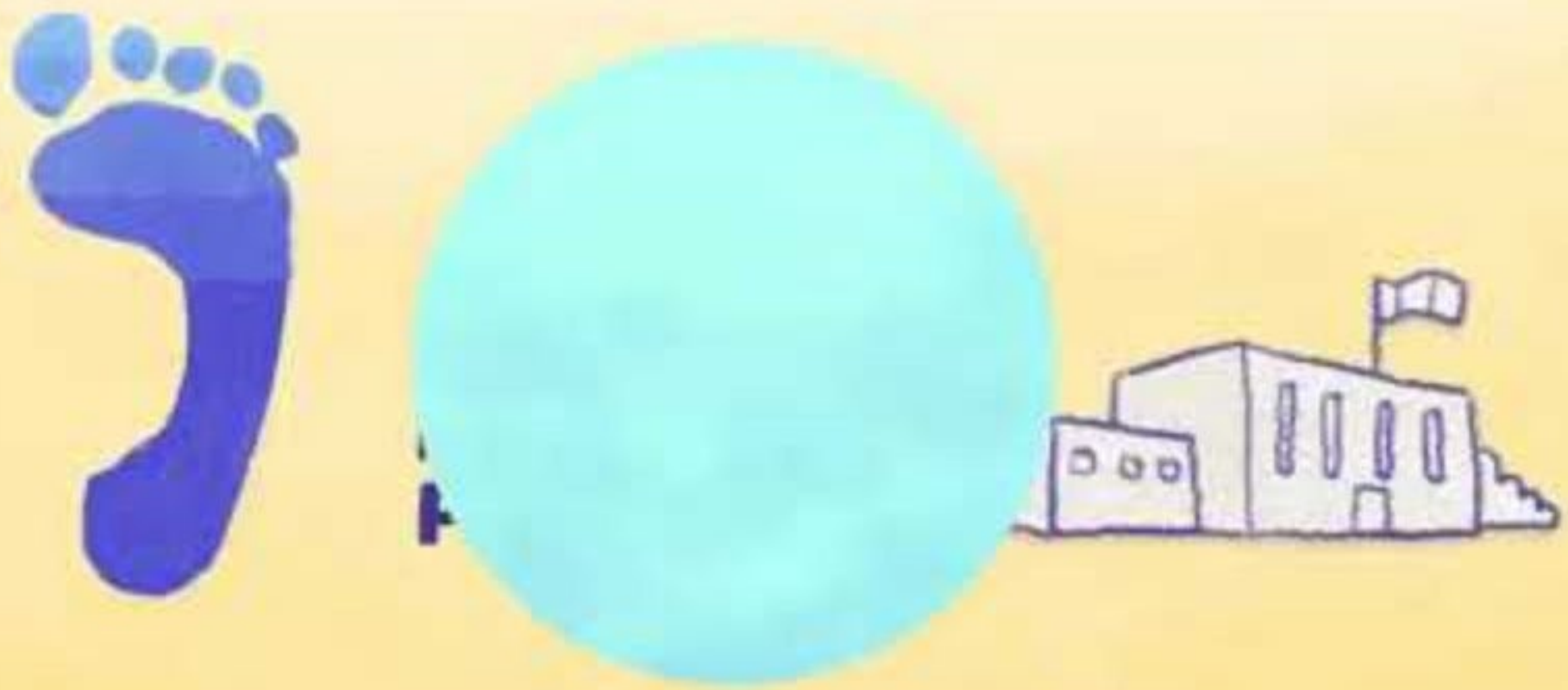
Huella Hídrica / Caudal Natural



Analiza este ejemplo e intenta estimar la HHA



¿A cuánto corresponde la Huella Hídrica Azul de la empresa en un día?



Analicemos este ejemplo básico para estimar la HHV de un cultivo

Datos relevantes de un cultivo de palma para estimar la HHV



Área del cultivo:
1 hectárea en la región Y

Requerimiento de agua del cultivo (RAC):
1.000 m³/ha-año (dato hipotético)

Precipitación anual (PA) en la región Y:
850 mm

Precipitación efectiva anual (PEA):
10% de la PA

Resuelve estas preguntas:

Pregunta 1: ¿Cuánto es la HHV del cultivo de palma en la región Y?

Pregunta 2: ¿La precipitación efectiva anual satisface el requerimiento hídrico del cultivo de palma?,

Pregunta 3: en caso contrario ¿Qué sucede con el cultivo?

Solucionemos el ejercicio

Antes de iniciar la solución del ejercicio debes tener en cuenta lo siguiente.....

Paso 1: Estimar la precipitación efectiva anual

$$PEA = PA \times 10\% = 850 \frac{mm}{año} \times 10\% = 85 \frac{mm}{año}$$

Del Paso 1 obtengo la PEA en mm/año, para poder relacionar este volumen de agua con el requerimiento (RAC) por hectárea del cultivo debo tener en cuenta el área

Paso 2: Estimar el volumen de precipitación efectiva anual para una hectárea (área del cultivo)

$$Volumen\ total\ de\ agua = PEA \times \text{área cultivo} = 85 \frac{mm}{año} \times 1ha \times 10 \text{ (factor conversión unidades)} = 850 \frac{m^3}{año}$$

Tenga en cuenta que: La PEA se tiene en mm/año → Debo pasar de mm a m: divido por 1.000. El área es 1 ha, lo que corresponde a 10.000 m²

$$Volumen\ total\ de\ agua = PEA \times \text{área cultivo} = 85 \frac{mm}{año} \times \frac{1m}{1000mm} \times 1ha \frac{10000m^2}{1ha} = 850 \frac{m^3}{año}$$



Solución del ejercicio

Respuesta Pregunta 1: la **HHV** corresponde a los 850 m³/año que suministró la precipitación y que son aprovechados por el cultivo

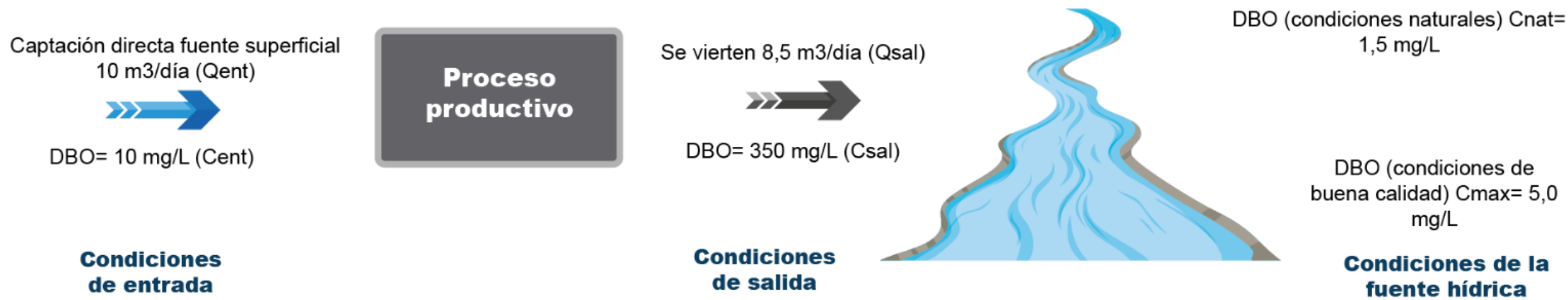
Paso 3: comparar si el volumen total de agua proveniente de la PEA es suficiente para satisfacer el requerimiento de agua del cultivo

Respuesta Pregunta 2: En este caso, el Volumen total de agua es menor que el requerimiento hídrico del cultivo

Respuesta Pregunta 3: como el cultivo tiene un déficit de agua (Volumen total de agua es menor al requerimiento de agua del cultivo), ocurren dos situaciones, se estresa el cultivo o se le suministra riego (en este caso el cultivo también debe estimar su **HHA**)

Realicemos este ejercicio para entender el cálculo de la HHG en función de la DBO

El cálculo de la HHG involucra **dos componentes**: el primero es la **carga contaminante generada** en el proceso productivo; el segundo son las condiciones de **calidad de la fuente hídrica receptora del vertimiento**.



Realicemos este ejercicio para entender el cálculo de la HHG

$$HHG_{DBO} = \frac{\text{Carga aportada por el proceso}}{\text{Condiciones de calidad de la fuente hídrica receptora}}$$

Reemplazar los datos de la diapositiva anterior en la ecuación:

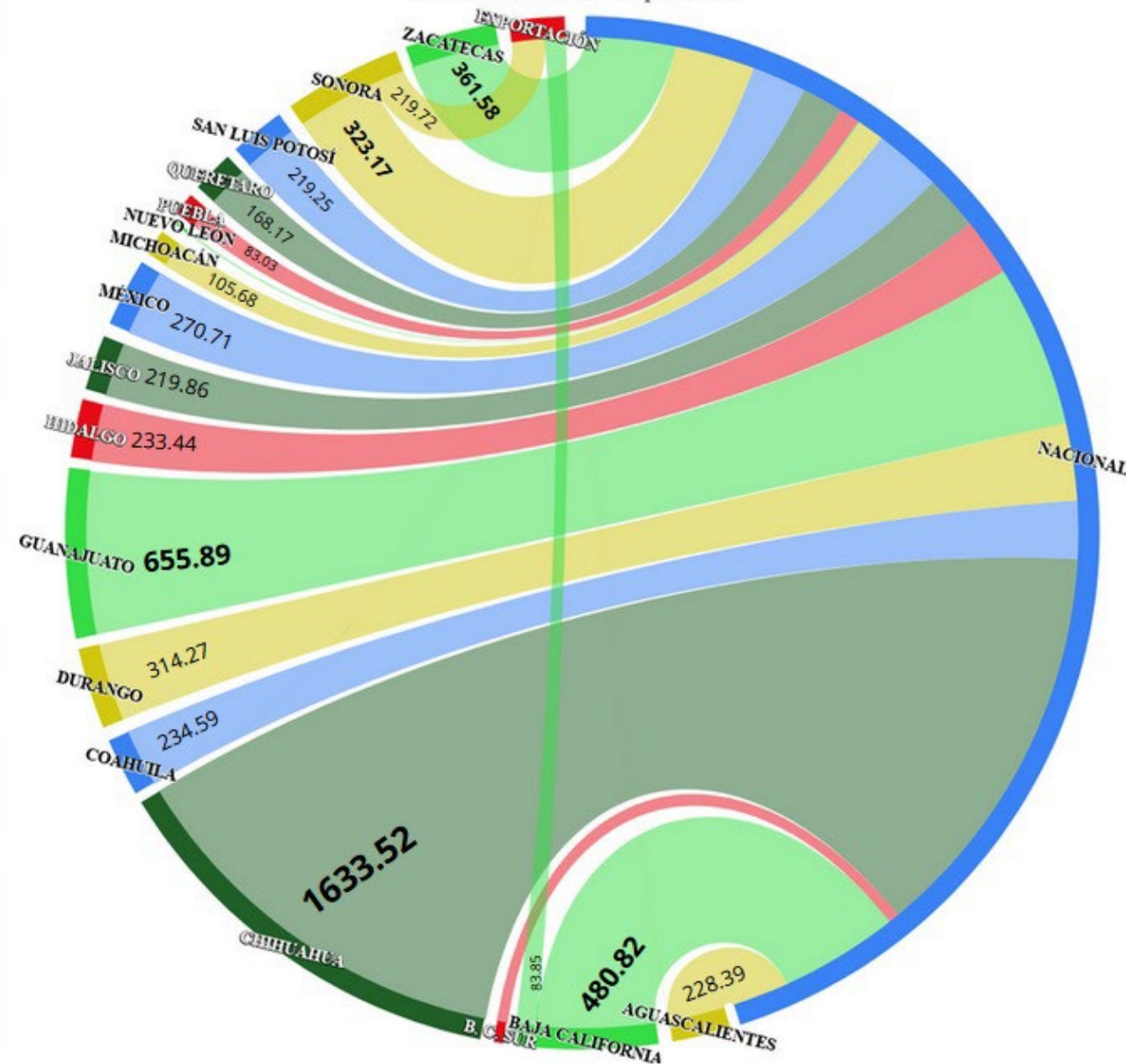
$$HHG_{DBO} = \frac{[(Q_{sal} \times C_{sal}) - (Q_{ent} \times C_{ent})]}{(C_{max} - C_{nat})} = \frac{\left[\left(8,5 \frac{m^3}{día} \times 350 \frac{mg}{L} \right) - \left(10 \frac{m^3}{día} \times 10 \frac{mg}{L} \right) \right]}{(5 - 1,5) \frac{mg}{L}}$$

$$HHG_{DBO} = \frac{[2.975.000 - 100.000] \frac{mg}{día}}{3,5 \frac{mg}{L}} = 821,4 \frac{m^3}{día}$$

PROYECTO IMTA 2024.

Flujos virtuales en México. UR + DDR

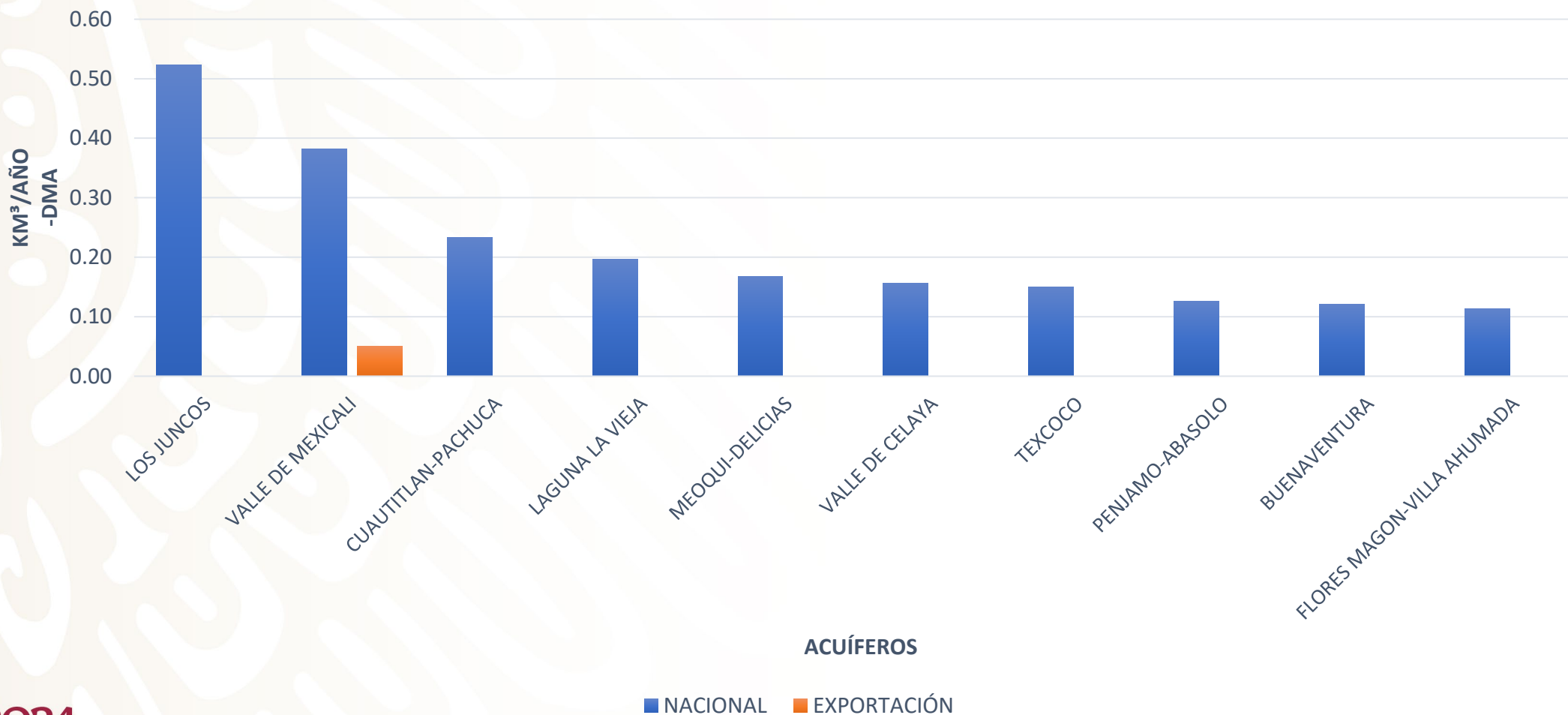
Estados-Nacional-Exportación



- El Estado con más flujo virtual NACIONAL TOTAL es Chihuahua con una DMA igual a $-1633.51 \text{ hm}^3/\text{año}$, seguido de Guanajuato con una DMA igual a $-655.89 \text{ hm}^3/\text{año}$ y, en tercer lugar, Baja California con una DMA igual a $-480.81 \text{ hm}^3/\text{año}$.
- El Estado con más flujo virtual con EXPORTACIÓN TOTAL es Sonora con $-33.92 \text{ hm}^3/\text{año}$, seguido de Baja California con una DMA igual a $-83.85 \text{ hm}^3/\text{año}$ y, en tercer lugar, Aguascalientes con una DMA igual a $-1.62 \text{ hm}^3/\text{año}$.

PROYECTO IMTA 2024.

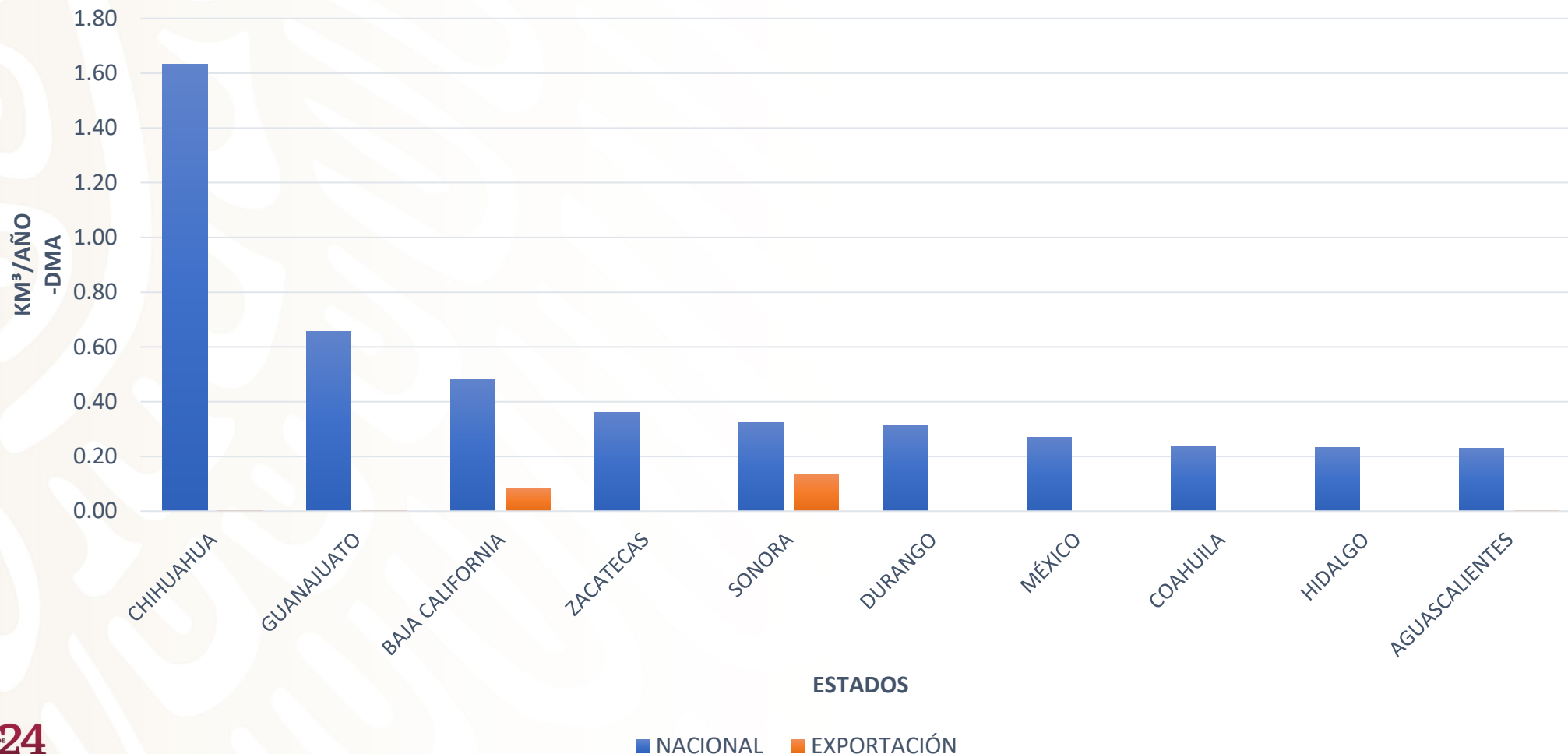
ACUÍFEROS MÁS VULNERABLES AL FLUJO DE AGUA VIRTUAL



¿Qué acuíferos sobreexplotados son los más vulnerables a estos flujos de agua virtual?

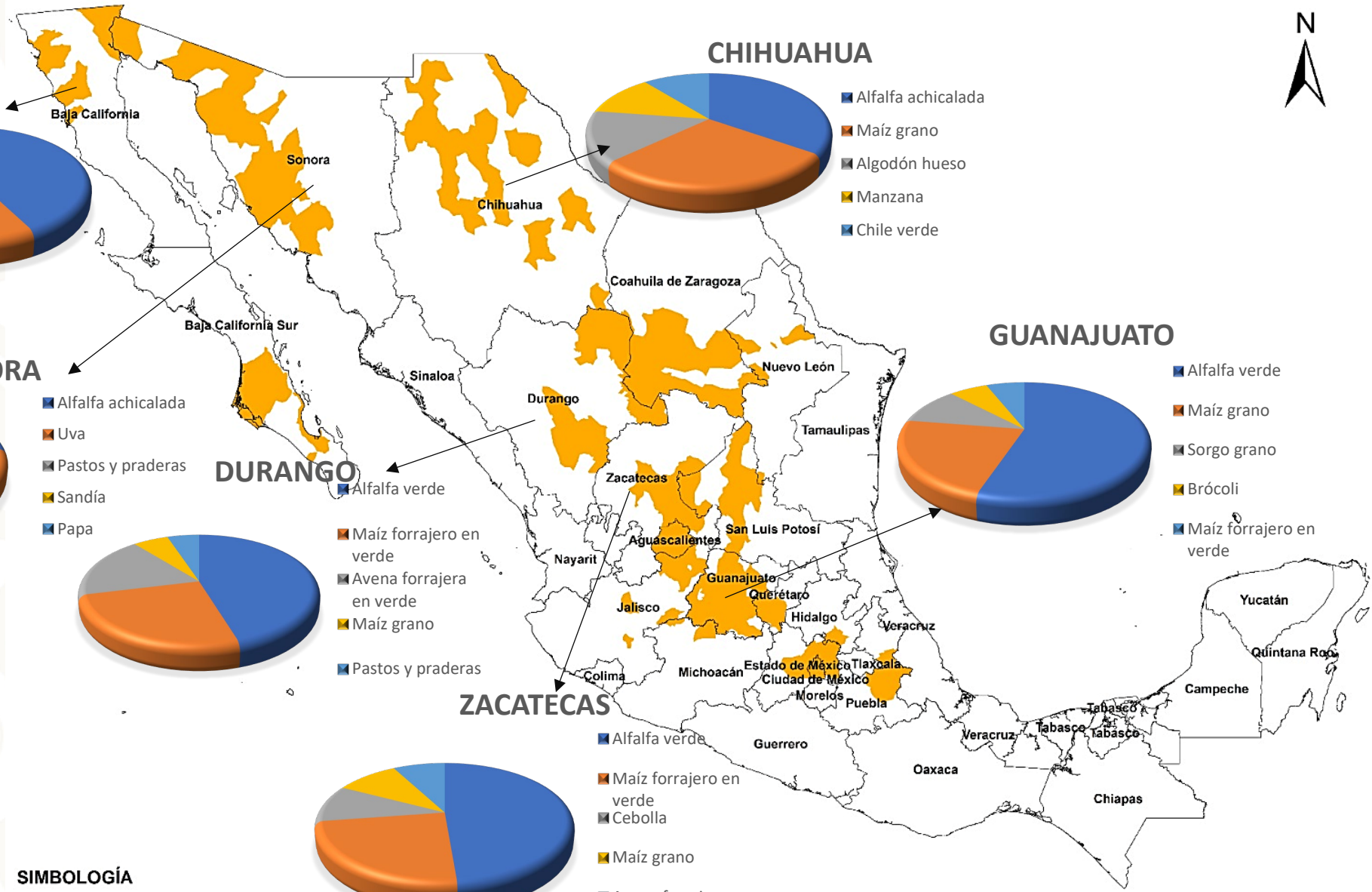
PROYECTO IMTA 2024.

ENTIDADES FEDERATIVAS MÁS VULNERABLES AL FLUJO DE AGUA VIRTUAL UNIDADES DE RIEGO Y DISTRITOS DE RIEGO



¿Cuáles entidades federativas son los más impactadas?

¿Cuáles son los cultivos asociados al abatimiento de los acuíferos? (Entidad federativa)



- BAJA CALIFORNIA**
- Alfalfa achicalada
 - Avena forrajera en verde
 - Trigo grano
 - Sorgo forrajero en verde
 - Pastos y praderas

- CHIHUAHUA**
- Alfalfa achicalada
 - Maíz grano
 - Algodón hueso
 - Manzana
 - Chile verde

- SONORA**
- Alfalfa achicalada
 - Uva
 - Pastos y praderas
 - Sandía
 - Papa

- DURANGO**
- Alfalfa verde
 - Maíz forrajero en verde
 - Avena forrajera en verde
 - Maíz grano
 - Pastos y praderas

- GUANAJUATO**
- Alfalfa verde
 - Maíz grano
 - Sorgo grano
 - Brócoli
 - Maíz forrajero en verde

- ZACATECAS**
- Alfalfa verde
 - Maíz forrajero en verde
 - Cebolla
 - Maíz grano
 - Avena forrajera en verde

SIMBOLOGÍA

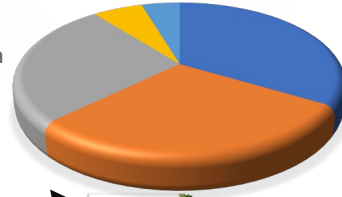
- Estados de México
- Acuíferos sobreexplotados



¿Cuáles son los cultivos asociados al abatimiento de los acuíferos? (Acuífero)

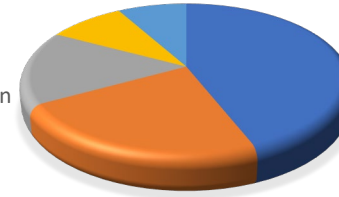
LAGUNA LA VIEJA

- Maíz grano
- Alfalfa achicalada
- Algodón hueso
- Chile verde
- Trigo grano



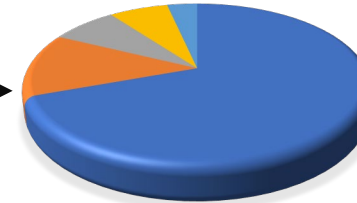
LOS JUNCOS

- Alfalfa achicalada
- Algodón hueso
- Avena forrajera en verde
- Sandía
- Cebolla



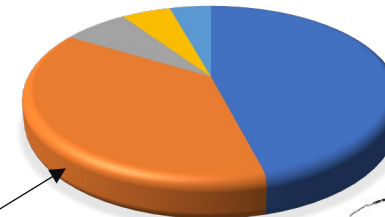
MEOQUI DELICIAS

- Alfalfa achicalada
- Maíz forrajero en verde
- Chile verde
- Cebolla
- Triticale forrajero en verde



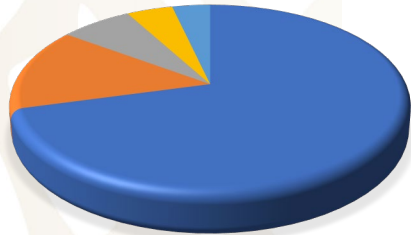
CUAUTITLÁN-PACHUCA

- Maíz forrajero en verde
- Alfalfa verde
- Nopalitos
- Avena forrajera en verde
- Maíz grano



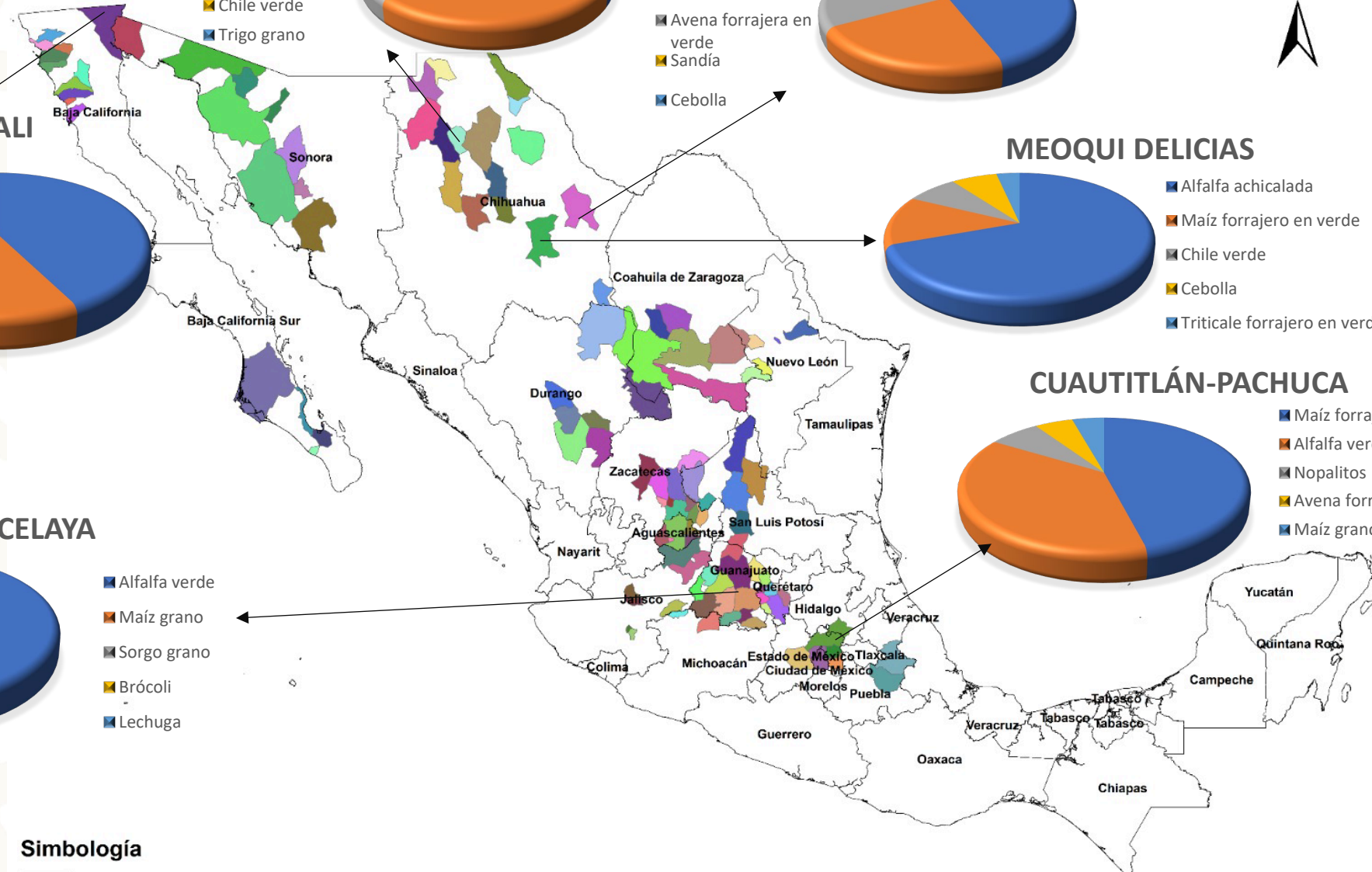
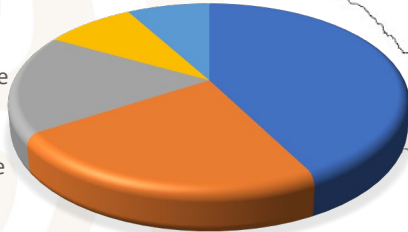
VALLE DE CELAYA

- Alfalfa verde
- Maíz grano
- Sorgo grano
- Brócoli
- Lechuga



VALLE DE MEXICALI

- Alfalfa achicalada
- Avena forrajera en verde
- Trigo grano
- Sorgo forrajero en verde
- Pastos y praderas



Simbología

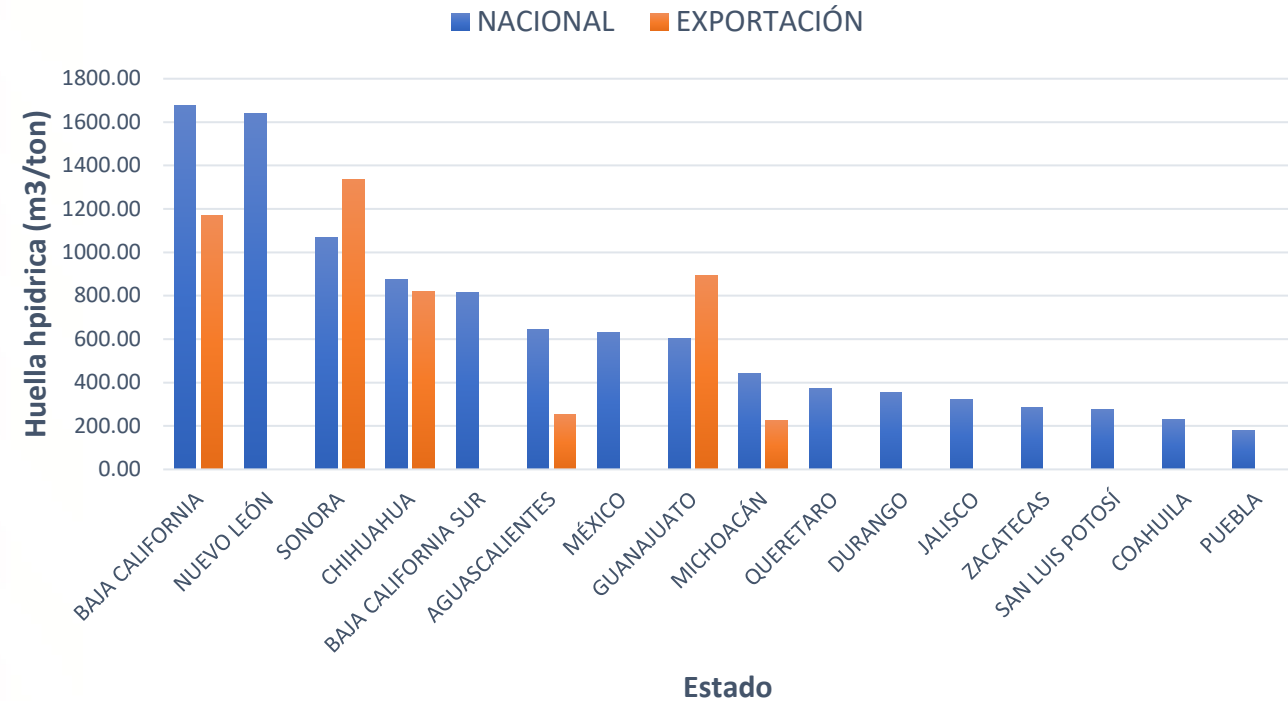
Estados de México



Huella hídrica por estado

ESTADO	HUELLA HÍDRICA							
	UNIDADES DE RIEGO		DISTRITOS DE RIEGO		UR + DR			
	NACIONAL	EXPORTACIÓN	NACIONAL	EXPORTACIÓN	NACIONAL		EXPORTACIÓN	
	m ³ /ton	m ³ /ton	m ³ /ton	m ³ /ton	m ³ /ton	%	m ³ /ton	%
BAJA CALIFORNIA	1179.41	672.10	497.57	497.57	1676.98	16.11%	1169.67	24.88%
NUEVO LEÓN	1638.54	0.00	0.00	0.00	1638.54	15.74%	0.00	0.00%
SONORA	718.10	838.38	348.97	498.64	1067.07	10.25%	1337.02	28.44%
CHIHUAHUA	413.96	0.00	460.15	821.82	874.10	8.40%	821.82	17.48%
BAJA CALIFORNIA SUR	424.04	0.00	392.01	0.00	816.05	7.84%	0.00	0.00%
AGUASCALIENTES	280.89	252.10	363.78	0.00	644.67	6.19%	252.10	5.36%
MÉXICO	630.65	0.00	0.00	0.00	630.65	6.06%	0.00	0.00%
GUANAJUATO	270.04	516.66	334.92	375.74	604.96	5.81%	892.40	18.99%
MICHOACÁN	216.48	0.00	224.68	227.40	441.16	4.24%	227.40	4.84%
QUERETARO	372.06	0.00	0.00	0.00	372.06	3.57%	0.00	0.00%
DURANGO	134.70	0.00	219.05	0.00	353.75	3.40%	0.00	0.00%
JALISCO	146.48	0.00	174.59	0.00	321.08	3.08%	0.00	0.00%
ZACATECAS	285.99	0.00	0.00	0.00	285.99	2.75%	0.00	0.00%
SAN LUIS POTOSÍ	275.33	0.00	0.00	0.00	275.33	2.64%	0.00	0.00%
COAHUILA	229.51	0.00	0.00	0.00	229.51	2.20%	0.00	0.00%
PUEBLA	178.10	0.00	0.00	0.00	178.10	1.71%	0.00	0.00%
TOTAL	7394.26	2279.24	3015.73	2421.17	10409.99	100.00%	4700.41	100.00%

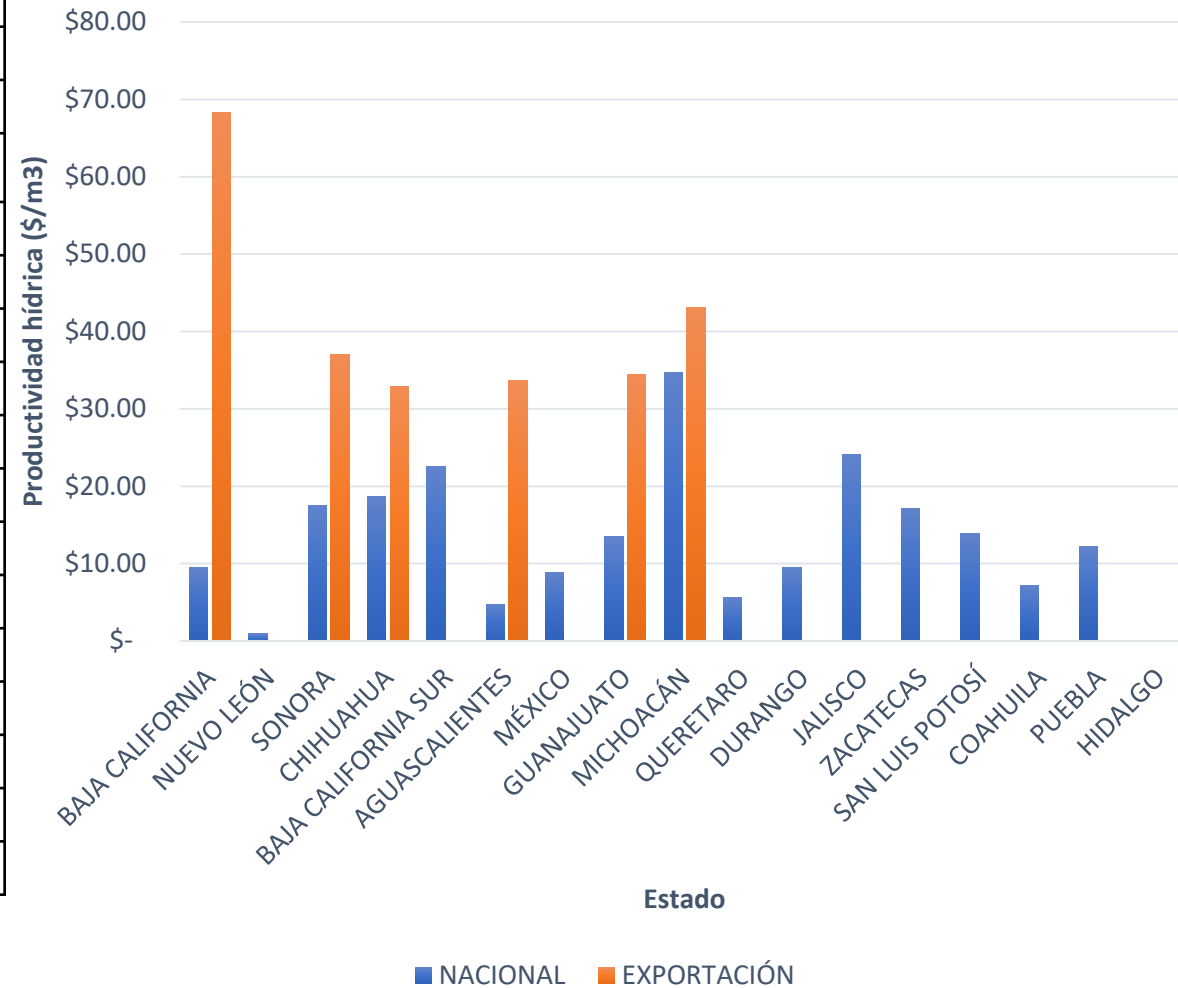
HUELLA HÍDRICA POR ESTADO (m³/ton)



Productividad hídrica por estado

ESTADO	VEAS		VALOR DE LA PRODUCCIÓN		PRODUCTIVIDAD HIDRICA			
	UR+DR		UR+DR		UR + DR			
	NACIONAL	EXPORTACION	NACIONAL	EXPORTACION	NACIONAL		EXPORTACIÓN	
	M3	M3	\$ Miles de pesos	\$ Miles de pesos	\$/m ³	%	\$/m ³	%
BAJA CALIFORNIA	1,046,304,325.56	196,567,059.44	\$ 9,940,575.79	\$ 13,427,618.44	9.501	4.30%	68.31	27.37%
NUEVO LEÓN	59,047,366.00		\$ 53,566.05	\$ -	0.907	0.41%		
SONORA	894,108,316.20	463,794,989.80	\$ 15,685,650.16	\$ 17,190,063.69	17.543	7.95%	37.06	14.85%
CHIHUAHUA	3,097,383,642.60	418,308.40	\$ 57,994,658.97	\$ 13,781.00	18.724	8.48%	32.94	13.20%
BAJA CALIFORNIA SUR	213,933,555.00		\$ 4,820,664.85	\$ -	22.533	10.21%		
AGUASCALIENTES	791,625,751.17	3,788,819.83	\$ 3,753,344.06	\$ 127,749.77	4.741	2.15%	33.72	13.51%
MÉXICO	806,414,223.00		\$ 7,118,956.26	\$ -	8.828	4.00%		
GUANAJUATO	2,685,263,577.54	90,292.75	\$ 36,187,112.53	\$ 3,107.04	13.476	6.10%	34.41	13.79%
MICHOACÁN	246,139,117.99	159,187.01	\$ 8,543,039.46	\$ 6,860.39	34.708	15.72%	43.10	17.27%
QUERETARO	676,173,410.00		\$ 3,781,638.00	\$ -	5.593	2.53%		
DURANGO	709,865,614.00		\$ 6,767,910.08	\$ -	9.534	4.32%		
JALISCO	604,185,113.00		\$ 14,553,408.74	\$ -	24.088	10.91%		
ZACATECAS	809,883,141.00		\$ 13,913,552.48	\$ -	17.180	7.78%		
SAN LUIS POTOSÍ	458,857,506.96		\$ 6,386,873.89	\$ -	13.919	6.30%		
COAHUILA	874,893,959.00		\$ 6,270,137.79	\$ -	7.167	3.25%		
PUEBLA	377,528,252.00		\$ 4,627,806.99	\$ -	12.258	5.55%		
HIDALGO	586,642,637.00		\$ 59,153.01	\$ -	0.101	0.05%		
TOTAL	14,938,249,508.01	664,818,657.23	\$ 200,458,049.11	\$ 30,769,180.33	220.80	100%	249.54	100%

PRODUCTIVIDAD HÍDRICA (\$/m³)



EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Para hacer una evaluación de Huella Hídrica, se requiere **estimar** la Huella Hídrica de **todos los usuarios** que hacen parte de un territorio (**cuenca**), y determinar si dicho territorio es capaz de soportar la presión en términos de Huella Hídrica generada por los usuarios. Por tanto, la evaluación de la Huella Hídrica implica:

Estimación de la Huella Hídrica (azul, verde y gris) en un territorio y periodo de tiempo específico

1

Determinar la disponibilidad de agua en un territorio (cuenca) y periodo de tiempo específico

2

Comparar la disponibilidad de agua en la cuenca respecto a la estimación de la Huella Hídrica

3

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Fase 1: Definición del alcance

Corresponde a la fase de planeación y se deben considerar los siguientes aspectos:



EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Fase 2: Contabilidad de la Huella Hídrica

Se refiere a la **estimación** de la Huella Hídrica **Azul**, **Verde** y **Gris** o de acuerdo con lo definido en la **Fase 1**, responde a la pregunta de **¿Cuánto es la Huella Hídrica?**. Se representa en unidades de volumen (litros, m³) por unidad. **Recuerda que no es una obligación siempre estimar los tres indicadores, esto depende de los objetivos del estudio.** La cuantificación se puede realizar en diferentes escalas o unidades de análisis.



EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Fase 3: análisis de sostenibilidad

En esta fase, adicional al cálculo de la Huella Hídrica, es clave el análisis hídrico de la cuenca en estudio para determinar la **Oferta Hídrica Total**, la **Oferta Hídrica Disponible** y la **Disponibilidad de Agua Verde** (relacionada a la evapotranspiración en la cuenca). Estas tres variables se determinan con modelos hidroclimatológicos.

Algunos conceptos claves....



Existen diferentes modelos hidrológicos para estimar estos parámetros, algunos de ellos son:

- Soil Water Assessment Tool SWAT
- TETIS
- Sistemas de Información Geográfica como ARCGIS o QGIS

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

1. Oferta Hídrica Total - OHT

Corresponde a la cantidad total de agua en una cuenca hidrográfica, en otros términos es el caudal, que se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo (L/s o m³/s)

2. Oferta Hídrica Disponible - OHD

Corresponde a la cantidad de agua disponible para las actividades antrópicas, esto implica descontar de la OHT el caudal ambiental en la respectiva cuenca de análisis. La OHD se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo (L/s o m³/s). Existen diferentes metodologías para estimar el caudal ambiental, en algunos países como Colombia se disponen de guías para su estimación

3. Disponibilidad de Agua Verde DAV

De acuerdo a la WFN, la disponibilidad de agua verde en una cuenca se define como la evapotranspiración total de agua lluvia almacenada en el suelo menos la evapotranspiración del agua del suelo reservado para la vegetación natural y menos la evapotranspiración en las superficies improductivas. No te preocupes es posible que no entiendas esta definición, puedes consultar el ejemplo en el numeral 4.2.2 en el siguiente enlace (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Fase 3: análisis de sostenibilidad

El análisis de sostenibilidad ambiental se realiza en función de las siguientes tres ecuaciones:

$$EA_{verde} = \sum \frac{HHV_{x,t}}{DAV_{x,t}}$$

EAverde= **Escasez de Agua Verde**, adimensional

HHVx,t= **Huella Hídrica Verde** para una cuenca y período determinado, Vol/tiempo

DAVx,t= Disponibilidad de Agua Verde para una cuenca y período determinado, Vol/tiempo

$$EA_{azul} = \sum \frac{HHA_{x,t}}{OHD_{x,t}}$$

EAazul= **Escasez de Agua Azul**, adimensional

HHAx,t= **Huella Hídrica Azul** para una cuenca y período determinado, Vol/tiempo

OHDx,t= Oferta Hídrica Disponible para una cuenca y período determinado, Vol/tiempo

$$NCA_{azul} = \sum \frac{HHG_{x,t}}{OHT_{x,t}}$$

NCAazul= **Nivel de Contaminación del Agua**, adimensional

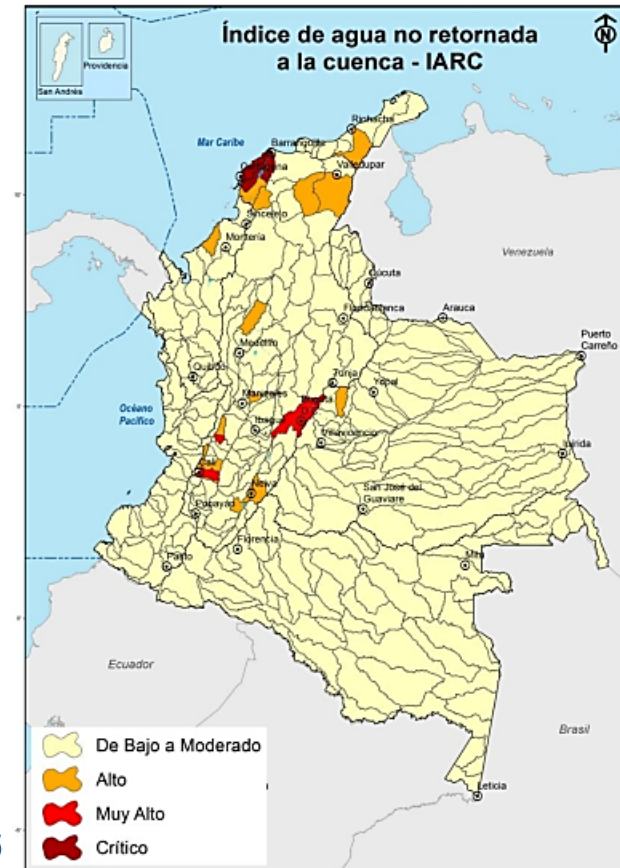
HHGx,t= **Huella Hídrica Gris** para una cuenca y período determinado, Vol/tiempo

OHTx,t= Oferta Hídrica Total para una cuenca y período determinado, Vol/tiempo

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Fase 3: análisis de sostenibilidad

Análisis de sostenibilidad Estudio Nacional del Agua ENA 2014-Colombia, para el indicador de sostenibilidad Azul (IDEAM, 2015). Las zonas en colores rojo representan los **puntos críticos** o **hot spot**



Fuente: IDEAM, 2015

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Fase 4: formulación de respuestas

Una vez identificados los **puntos críticos** o **hot spot**, es necesario determinar las acciones a implementar en el territorio y con los usuarios del agua para reducir o mitigar la presión sobre el recurso hídrico en términos de cantidad (**Huella Hídrica Azul** y **Huella Hídrica Verde**) y/o calidad (Huella Hídrica Gris). Algunas alternativas son:



CONCLUSIONES

- La Huella Hídrica permite estimar el impacto de las actividades antrópicas en términos de cantidad (**HHA** y **HHV**) y calidad (**HHG**).
- La Huella Hídrica tiene la capacidad de definir el impacto diferenciado por tipo de recurso hídrico, la **HHA** se enfoca en fuentes hídricas superficiales y subterráneas, mientras que la **HHV** está orientada en el agua lluvia.
- La **HHV** principalmente aplicado para el sector agrícola y en especial para la fase de cultivos.
- La Huella Hídrica es un indicador específico para cada territorio, las buenas prácticas empresariales, tecnologías, climatología, condiciones del suelo, inciden en el cálculo de estos indicadores.
- No es una obligación siempre estimar las tres huellas, dependiendo de los objetivos y alcances se determina cuales huellas son pertinentes para el cálculo.
- La metodología WFN propone sumar o totalizar el valor de las tres huellas, sin embargo, es importante considerar que aunque las tres huellas se miden en las mismas unidades, tienen interpretaciones diferentes.

GRACIAS

Jesus Loredo Rasgado

jesus.loredo@ingenieria.unam.mx

jesus.loredo@fi.unam.edu

