



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)

UNIDAD DE POST GRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA,
MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MINAS
MENCIÓN EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL

CURSO: "PROYECTO I"
PROFESOR: MG. ING. ABDEL ARROYO

HUELLA HIDRICA Y AGUA VIRTUAL

Alumnos: Ing. Percy Arhuata / Michael Cahuata
Enero, 2014

I. GENERALIDADES

La huella hídrica de una persona, empresa o país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por dicha persona, empresa o país. La huella hídrica se expresa por lo general en términos de volumen de agua utilizada por año.

Dado que no todos los bienes consumidos en un país son producidos en el mismo, la huella hídrica viene dada por: el uso doméstico de los recursos hídricos y el uso de agua procedente del extranjero. La huella hídrica incluye tanto el agua superficial como la subterránea, sin olvidar el uso de la humedad del suelo para fines agrícolas.

El agua virtual, fue introducido por John Anthony Allan a principios de los '90, cuando estudiaba la importación de agua como solución a los problemas de escasez en Medio Oriente. Así el agua virtual es el volumen de agua que se necesita para una determinada producción y es calculado por producto, y en particular se vincula este concepto con las exportaciones o salidas e ingresos de agua entre países y regiones.

El volumen global de flujos de agua virtual es de 1.600 de $\text{Km}^3/\text{año}$. Cerca del 80% de estos flujos de agua virtual está relacionado con el comercio internacional de productos agrícolas, mientras que el resto de los flujos se relacionan con el comercio de productos industriales. Se puede reducir el consumo de agua virtual si hay un intercambio de productos entre países con alta productividad y países de baja productividad. Por ejemplo, México importa maíz y trigo de los EEUU esto requiere de 7.1 miles de millones de m^3 de uso de agua al año, en cambio si estos insumos se produjeran en México se gastarían 15.6 miles de millones de m^3 al año. Este intercambio en productos ahorra 8.5 miles de millones de m^3 al año.

II. HISTORIA

El concepto de **huella hídrica** fue introducido en **2002** por el profesor [Arjen Hoekstra](#) de [UNESCO-IHE](#) como un indicador alternativo del uso del agua. El concepto fue refinado y los métodos de contabilidad se establecieron en una serie de publicaciones realizadas por Ashok Kumar Chapagain y Arjen Hoekstra en el Instituto UNESCO-IHE para la Educación. Las publicaciones más detalles sobre cómo calcular las huellas del agua es el informe de 2004 sobre la 'huella hídrica de las naciones de la UNESCO-IHE'. La cooperación entre las instituciones globales líderes en el campo ha llevado a la creación de la **Water Footprint Network en 2008** que tiene como objetivo coordinar los esfuerzos para desarrollar y difundir el conocimiento sobre los conceptos de huella hídrica, métodos y herramientas.

III. METODO DE CALCULO

La huella hídrica o huella del agua a diferencia del agua virtual, clasifica las fuentes de agua, es decir, distingue entre tres componentes: el [agua azul](#), el [agua verde](#) y el [agua gris](#). **La huella de agua azul** es el volumen de agua dulce consumida de los recursos hídricos del planeta (aguas superficiales y subterráneas). **La huella del agua verde** es el volumen de agua evaporada de los recursos hídricos del planeta (agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad). **La huella de agua gris** es el volumen de agua contaminada que se asocia con la producción de los bienes y servicios. Este último puede ser estimado como el volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes hasta el punto de que la calidad del agua se mantiene en o por encima de las normas acordadas de calidad del agua.

Las unidades en las que trabajan estos indicadores dependen del tipo de sector al que se le mide la huella hídrica. Así, por ejemplo, la huella hídrica de un producto de carne X puede medirse en $[m^3/kg]$, representando la cantidad de agua necesaria para producir un kilo de carne X en toda la cadena de suministro. Por otro lado, la huella hídrica de un individuo puede medirse en $[m^3/año]$, representando la cantidad de agua consumida a lo largo del tiempo.

Este indicador puede apoyar mejoras eficientes en las gestiones de agua y ser un buen soporte para tomar conciencia acerca de nuestros consumos hídricos.

Cuánta agua gastamos



en la producción de los siguientes artículos:

Camiseta	2.700 l/unidad
Aroz	3.400 l/kg
Carne	15.500 l/kg
Manzana	70 l/unidad
Café	140 l/taza
Queso	5.000 l/kg
Cabra	4.000 l/kg
Pan	40 l/rebanada
Hoja A4	10 l/unidad
Leche	1.000 l/l
Pollo	3.900 l/kg
Té	30 l/taza
Cerveza	75 l/vaso
Maíz	900 l/kg
Oveja	6.100 l/kg
Trigo	1.300 l/kg
Cerdo	4.800 l/kg
Algodón	11.000 l/kg

Litros de agua/unidad de medida
Fuente: Water Footprint

BIEN	UNIDAD	HUELLA HÍDRICA (LITROS DE AGUA)
Papel	1 hoja A4 80 grs./m2	10
Té	1 taza (250 ml.)	30
Pan de trigo	30 grs. (1 rebanada)	40
Manzana	100 grs.	70
Cerveza	250 ml.	75
Vino	1 copa (125 ml.)	120
Café	1 taza (125 ml.)	140
Huevo	1	200
Maíz	1 kg.	900
Papa	1 kg.	900
Trigo	1 kg.	1.300
Azúcar de caña	1 kg.	1.500
Soja	1 kg.	1.800
Hamburguesa	150 grs.	2.400
Remera algodón	1	2.700
Arroz	1 kg.	3.400
Carne de pollo	1 kg.	3.900
Carne cerdo	1 kg.	4.800
Carne de cabra	1 kg.	400
Queso	1 kg.	500
Carne oveja	1 kg.	6.100
Bife de ternera	1 kg.	15.500
Cuero	1 kg.	16.600

140 litros

1 taza de café



IV. HUELLA DE AGUA POR PERSONA

La huella hídrica individual o per cápita es el volumen total de agua utilizado para producir los bienes y servicios que un individuo consume. Puede estimarse multiplicando todos los bienes y servicios consumidos por un habitante por su valor respectivo de contenido virtual de agua.

La huella hídrica de un país se puede reducir de varias maneras. Una primera opción es desvincular el crecimiento económico y el uso del agua, adoptando sistemas de producción que requieran menor cantidad de agua por unidad de producto (por ejemplo, la productividad del agua en la agricultura puede mejorarse aplicando técnicas de cosecha de agua de lluvia y riego suplementario). Una segunda alternativa es optar por patrones de consumo que requieran menos agua (p. e., reduciendo el consumo de los productos que consumen una gran cantidad del líquido en su producción). La tercera alternativa para reducir la huella hídrica es desplazar las zonas de producción hacia áreas de mayor productividad, aumentando la eficiencia global de uso del agua.

¿CUÁNTO CONSUMIMOS EN ACTIVIDADES DIARIAS?

Consumo promedio de una familia de 5 integrantes

Actividad	Verano	Invierno
Ducha	350	250
Aseo en lavatorio	60	50
Tirar la cadena	300	300
Preparar comida y lavar vajilla	90	80
Lavado general	185	150
Riego	165	5
Total de consumo diario	1.150	835
Total de consumo mensual	34.500	25.050

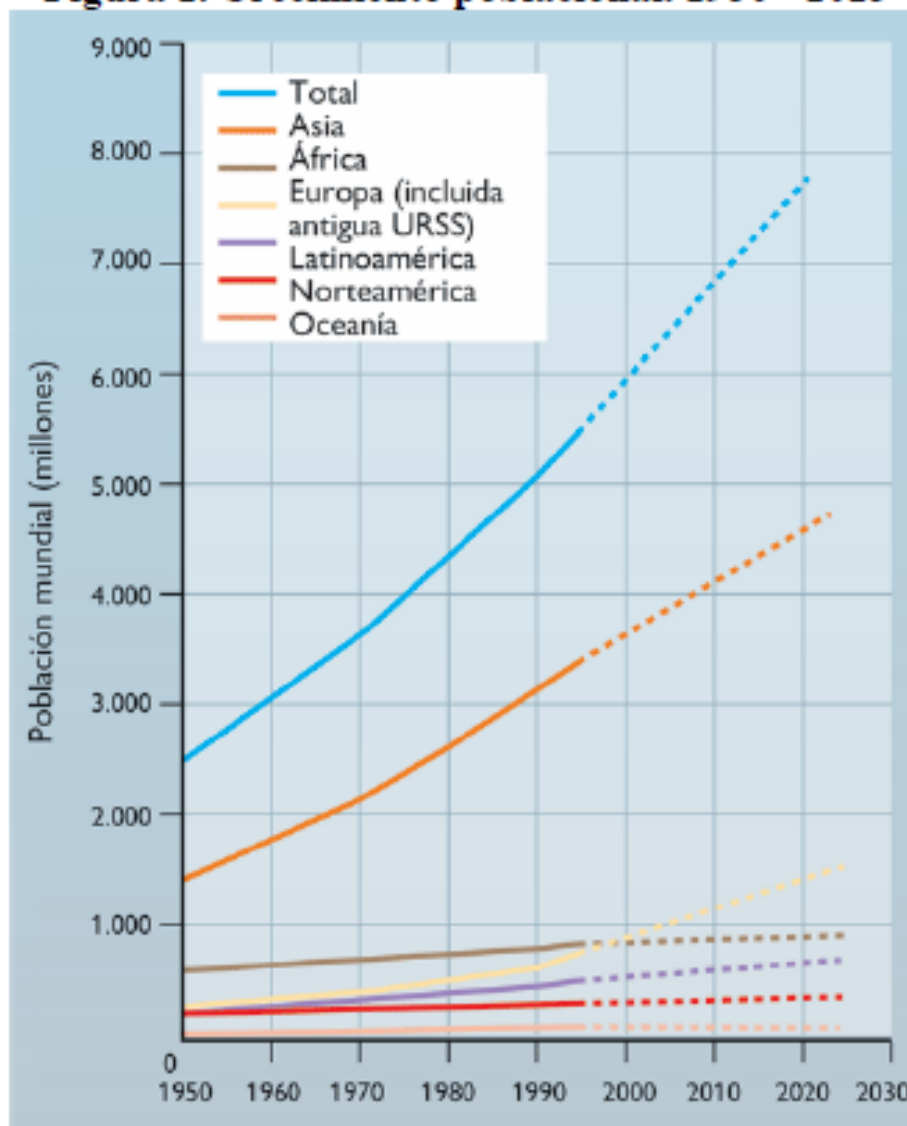
VI. HUELLA HIDRICA EN MINERIA

CASO CHILENO

- Para generar mecanismos de medición de nuestros costos de producción no solo se deben tomar en cuenta activos tradicionales o recursos humanos, el agua es un factor de enorme trascendencia y vital para el desarrollo de la industria y en especial la minería. **Las actuales técnicas desalinizadoras de agua son costosas y generan altos indicadores de consumo energético.**
- Según COCHILCO, en el último estudio sobre el agua, indica que para el año 2040, de no mediar inversiones o mitigación, se puede traducir en retrasos operacionales, pérdida de ingresos e incremento en los costos de producción de la industria minera. Asimismo, como dato, para producir concentrados solo en la V región de aquí **al 2020 se requerirían 75.2 millones de m³ más de agua lo que equivale a un aumento del 269,5%.**
- Para establecer la Huella Hídrica será necesario medir el volumen de agua fresca que se utiliza en toda la cadena productiva, incluida la evaporación en el proceso y el agua necesaria para diluir los contaminantes, de esta manera poder establecer mecanismos más eficientes y sustentables, ya que en la actualidad existe evidencia de la ineficiencia en el uso del agua, especialmente en **la agricultura donde el consumo es de 16.134 millones de metros cúbicos por año a diferencia de la minería con 1.979 millones**, según el reciente estudio del departamento de economía agraria de la Universidad Católica.

Por Francisco J. Lecaros, Director de Asuntos Corporativos LATAM, Hydrotechnik

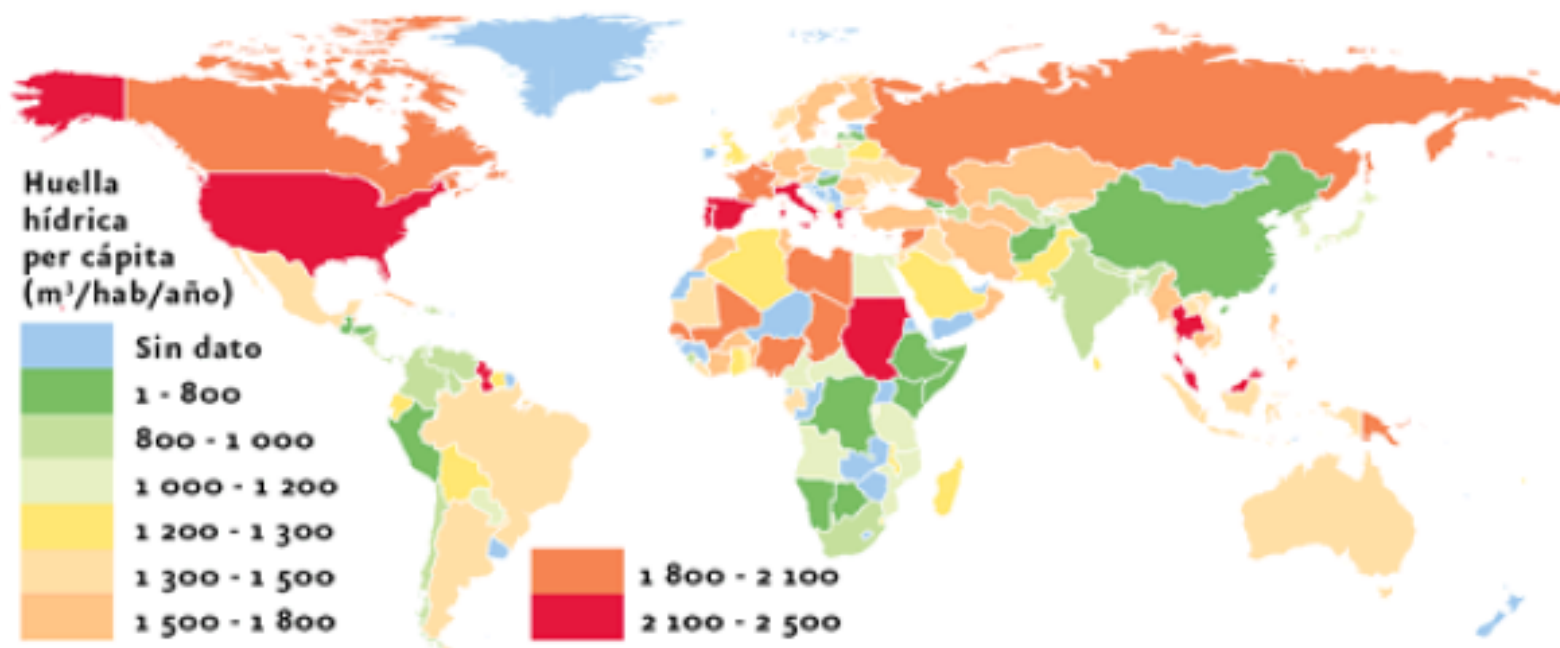
Figura 1. Crecimiento poblacional. 1950 - 2025



Fuente: Stanners y Bourdeau, 1995.

De todas maneras, el indicador de disponibilidad de agua dulce/hab/año sigue siendo elevado, en aproximadamente 5.000 m^3 promedio a nivel mundial.

Figura 4. Huella hídrica por habitante promedio

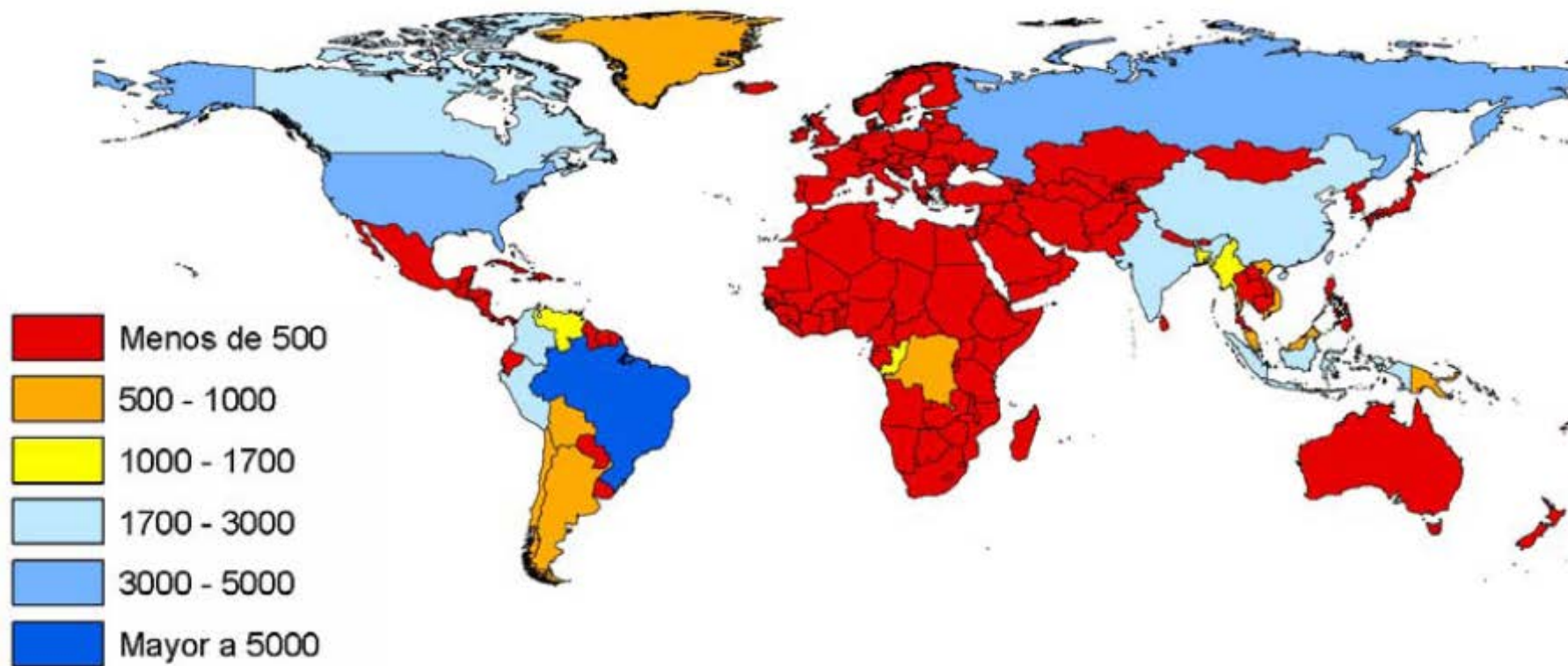


Fuente: Chapagain y Hoekstra, 2004.

Se desprende del mapa que existen países con alta huella hídrica por habitante, como por ejemplo Estados Unidos que cuenta con la más grande con 2.482 m³/hab/año, y Botswana, uno de los países con la huella hídrica más pequeña con 622.

A nivel global la huella hídrica está relacionada con el consumo de 86 % en productos agrícolas, 10 % en bienes industriales y menos del 5% en usos domésticos (Chapagain y Hoekstra, 2004).

Figura 5. Disponibilidad total de agua por países (km³/año)



Fuente: FAO, 2008.

Figura 6. Importaciones y exportaciones de agua virtual



Fuente: www.waterfootprints.org

Tabla 2. Movimientos globales netos de agua virtual

Los 10 primeros países exportadores		Los 10 primeros países importadores	
País	Volumen exportación neta (m ³)	País	Volumen importación neta (m ³)
Estados Unidos	758,3	Sri Lanka	428,5
Canadá	272,5	Japón	297,4
Tailandia	233,3	Holanda	147,7
Argentina	226,3	República de Corea	112,6
India	161,1	China	101,9
Australia	145,6	Indonesia	101,7
Vietnam	90,2	España	82,5
Francia	88,4	Egipto	80,2
Guatemala	71,7	Alemania	67,9
Brasil	45,0	Italia	64,3

Fuente: Hoekstra y Hung, 2002.

Como se observa las regiones donde la exportación neta de agua virtual es importante son parte de América del Norte⁶, toda América del Sur⁷, Oceanía y Asia Sudoriental, con un flujo marcado hacia toda Europa, Asia Sudoccidental y África.

AGUA NUESTRA



DESAFÍOS. NUESTRO PAÍS TIENE SUFICIENTE DISPONIBILIDAD DE AGUA PERO NECESITA APROVECHARLA

Privilegiados por la naturaleza

El Perú ocupa el octavo lugar en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua. El primer lugar lo ocupa Brasil, seguido de Rusia, Canadá, Indonesia, China, Colombia y Estados Unidos y en el noveno lugar la India, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Fidel Jaramilla, el representante encargado del BID en Perú, señaló que tenemos cuatro desafíos que debemos asumir para resolver esa desigualdad. El primero, la distribución asimétrica entre necesidades y disponibilidad de recursos. Manifestó que una parte del agua no está bien aprovechada y es vertida al océano Pacífico, sin el aprovechamiento digno. Señaló que el mayor usuario de este recurso es el sector agropecuario, seguido de la demanda poblacional y el sector minero y otros.

Una gestión integral, con una visión de cuenca, permitiría aprovechar el recurso para evitar que se desperdicie y contaminar, y favorecería una mejora de la calidad y que llegue en primer lugar a la población, precisó.

los consejos de cuenca con visión integral", manifestó.

En ese sentido, afirmó que han apoyado la creación del marco institucional normativo, asociado al manejo del agua y la constitución de las diferentes autoridades que tienen la responsabilidad del manejo del agua.

Además, estamos empeñados en la constitución de tres cuencas, como son la de Pucallpa-Tumbes, Chiriquí y la de Tacna, puntualizó.

El volumen anual promedio de **1'768,172 MMC** de agua con que dispone cada año el Perú le otorga el privilegio de ubicarse entre los 20 países más ricos de agua en el mundo.

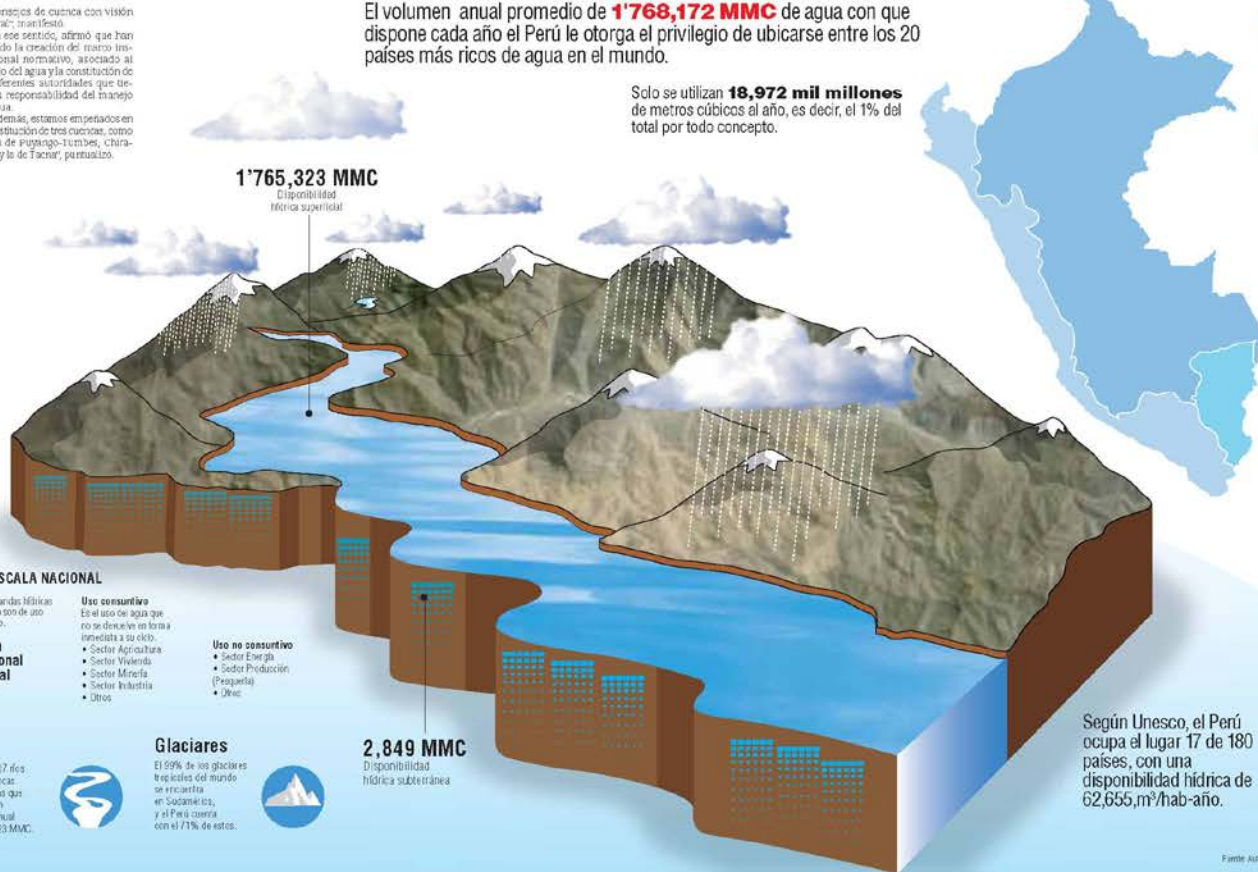
Solo se utilizan **18,972 mil millones** de metros cúbicos al año, es decir, el 1% del total por todo concepto.

La disponibilidad hídrica que nos ofrece la naturaleza nos puede permitir que cada peruano obtenga 62.656 metros cúbicos de agua al año, sin embargo, solo se utiliza cerca de mil metros cúbicos por persona.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) emitió recientemente un diagnóstico acerca del uso del recurso hídrico en el país y alertó que casi el 70 por ciento de la población y el 80 por ciento del producto bruto interno (PBI) que están en la costa solo tienen acceso al dos por ciento del agua.

Cuencas
El segundo desafío del diagnóstico del BID tiene que ver con la gobernabilidad y la desconexión entre los actores que intervienen en una cuenca, pues trascienden los distintos municipios y las regiones.

Por ello se tiene que coordinar con varias regiones y diferentes niveles de gobierno, teniendo en cuenta la demanda agrícola, el consumo humano y minero, pues es una función muy importante que se trata de solucionar con la constitución de



RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ

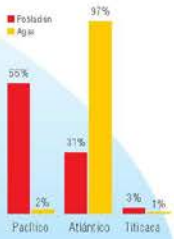
Disponibilidad hídrica del Perú en las tres vertientes hidrográficas

Vertiente	Disponibilidad	Población	Producción de PBI	Uso efectivo	No usado (mar)
Atlántico	97,26%	30,26%	17,6%	-	-
Pacífico	2,16%	65,94%	80,4%	47%	50%
Tifánica	0,56%	3,26%	2%	-	-

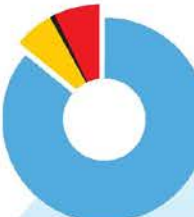


DESIGUAL DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO

Hay desproporción entre la población y el agua disponible por vertientes.



Según Unesco, el Perú ocupa el lugar 17 de 180 países, con una disponibilidad hídrica de 62.656 m³/hab-año.



AGUA TOTAL A ESCALA NACIONAL

Demanda hídrica: Las demandas hídricas en una cuenca hidrográfica son de uso consuntivo y no consuntivo.

Uso consuntivo
Es el uso de agua que no se devuelve en forma inmediata a su ciclo.

- Sector Agricultura
- Sector Vivienda
- Sector Minería
- Sector Industria
- Otros

Uso no consuntivo

- Sector Energía
- Sector Producción (Papelera)
- Otros

Lagunas
Según el inventario nacional de lagunas y represamientos, existen 17,201 lagunas. La mayoría de las cuales se diseñan glaciares, y aprovechadas como embalses repobados.



Ríos
Existen 1.067 ríos en 159 cuencas hidrográficas que producen un promedio anual de 1'765,323 MMC.



Glaciares
El 99% de los glaciares tropicales del mundo se encuentran en Sudamérica, y el Perú cuenta con el 71% de estos.



2,849 MMC
Disponibilidad hídrica subterránea

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La huella hídrica de una persona, empresa o país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por dicha persona, empresa o país.
- El agua virtual es el volumen de agua que se necesita para una determinada producción y es calculado por producto, y en particular se vincula este concepto con las exportaciones o salidas e ingresos de agua entre países y regiones.
- Para huella hídrica en minería chileno son trascendentales y vitales porque las actuales técnicas desalinizadoras de agua son costosas y generan altos indicadores de consumo energético. Y para producir concentrados solo en la V región de aquí al 2020 se requerirían 75.2 millones de m³ más de agua lo que equivale a un aumento del 269,5%.

RECOMENDACIONES

Creemos que por ser un indicador nuevo y los niveles de abundancia suficiente de Perú aun no hay estudios completos y detallados de la huella hídrica en minería para el Perú. Sin embargo es necesario que estos indicadores se desarrollen para una buena gestión del agua y darle competitividad y sostenibilidad a la actividad minera peruana, caso concreto, contribuir en la solución de los conflictos sociales que hay actualmente entre agua y minería!

**GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN!**