

CONFERENCIA MAGISTRAL

## **EL AGUA VIRTUAL EN EL MUNDO DEL SIGLO XXI**

**Dr.- Ing. Arturo Rocha Felices**

Consultor de Proyectos Hidráulicos  
Profesor Emérito de la  
Universidad Nacional de Ingeniería

### **RESUMEN**

Es bien conocido que las demandas mundiales de agua están aumentando aceleradamente. Para el año 2050 la población mundial llegará a los 9000 millones, de los cuales casi el 80%, ubicado en unos sesenta países, tendrá escasez de agua. Esto obliga a la búsqueda de soluciones alternativas para satisfacer la demanda de agua. El concepto de Agua Virtual, desarrollado por el profesor Tony Allan, establece una relación entre el agua, los alimentos y el comercio exterior, lo que le da una importancia especial en la Gestión del Agua. El Agua Virtual es la cantidad de agua requerida para producir algo, originalmente alimentos de origen agrícola.

El Perú, a pesar de la gran cantidad de agua que posee, importa anualmente cientos de miles de dólares en alimentos. Algunos de estos productos son subsidiados, lo que distorsiona fuertemente nuestra economía. De acá que las súbitas alzas de los productos agrícolas en el mercado mundial impacten duramente en la población peruana.

El Perú importa anualmente alrededor de 1 300 000 toneladas de trigo, el 90% del consumo, lo que representa unos 1300 millones de metros cúbicos ( $41 \text{ m}^3/\text{s}$ ) de Agua Virtual.

Algunos analistas sostienen que los ingenieros civiles son opuestos a depender del Agua Virtual porque entonces desaparece la necesidad de construir obras de aprovechamiento hidráulico como presas, canales, túneles y sistemas de riego. Esto podría ser cierto, pero por otras razones. Se debe tener presente que la transformación del territorio árido para hacer posible la agricultura, mediante la construcción de obras de irrigación, no es solo una forma de producir alimentos, sino de ocupar el territorio, de evitar la desertificación y de afianzar al hombre a la tierra. Se debe, pues, buscar la independencia hidrológica y la soberanía alimentaria. He ahí un gran reto para la ingeniería.

Palabras clave: Agua, Agua Virtual, Alimentos, Irrigaciones.

## INTRODUCCIÓN. EL USO DEL AGUA

Es bien conocida la importancia que tiene el agua en la vida en general y en la de los seres humanos en particular. El agua no solo es fundamental para la vida; el agua es la vida misma. Es por eso que Naciones Unidas proclamó el decenio 2005-2015 como el *Decenio Internacional para la Acción, "El agua fuente de Vida"*, sosteniendo que el agua es "*fundamental para el desarrollo sostenible, en particular para la integridad del medio ambiente y la erradicación de la pobreza y el hambre, y que es indispensable para la salud y el bienestar humanos*".

Como el agua es irremplazable para la vida, las naciones crecen y desaparecen en correspondencia con sus éxitos y fracasos en el manejo del agua. Es por eso que la *Carta Europea del Agua* (Estrasburgo, 1968) estableció que "*Sin agua no hay vida posible. Es un bien preciado indispensable a toda actividad humana*".

A pesar de lo anteriormente expuesto, por lo general solo se comprende la importancia y el valor del agua cuando se la pierde. Para que esto no ocurra es indispensable su manejo eficiente e ir a una Gestión del Agua; es decir, que se debe manejar el agua de modo que su aprovechamiento actual no impida que también puedan gozar de ella las generaciones futuras. Se trata de un tema sumamente importante para el desarrollo y bienestar de un país, pero también es cierto que da lugar a múltiples conflictos de intereses.

En la Tierra hay tanta agua, que bien podría llamársele el Planetagua. Sin embargo, no toda es fácilmente aprovechable, a lo que se añade su desigual distribución espacial y temporal. Hay países que la tienen en exceso y otros en muy pequeñas cantidades. América del Sur, con el 6% de la población mundial, tiene el 26% de los recursos hidráulicos mundiales; en cambio, Asia con el 60% de la población mundial, solo posee el 36% de los recursos hidráulicos mundiales. Lo mismo ocurre dentro de un mismo país, en el que hay cuencas, o bien regiones, excedentarias y otras deficitarias. Esto puede verse también desde el punto de vista de la demanda de agua: hay países con gran demanda y otros con pequeña demanda.

El consumo de agua viene aumentando, pero la oferta de agua, a nivel global, es siempre la misma o aún menor por efecto de la contaminación. El promedio mundial de disponibilidad de agua está por debajo de los 6000 m<sup>3</sup>/hab/año. Hace tres décadas era el doble. Hay países que están muy por debajo de dicho promedio, como China o España, que no llegan a los 2500 m<sup>3</sup>/hab/año. Los países que tienen una cantidad de agua inferior a 1000 m<sup>3</sup>/hab/año se encuentran en lo que se llama una disponibilidad extremadamente baja. Hay muchos estados con bajísima disponibilidad de agua, entre ellos: Kuwait (10 m<sup>3</sup>/hab/año), Emiratos Árabes Unidos (58 m<sup>3</sup>/hab/año) o Singapur (149 m<sup>3</sup>/hab/año). Se calcula que hacia el año 2025 la tercera parte de la población mundial sufrirá estrés hídrico, es decir, que el agua será un bien escaso y, ciertamente, muy valioso y disputado. El año 2050 la población mundial llegará a los 9000 millones, de los cuales casi el 80%, ubicado en unos sesenta países, tendrá escasez de agua. Esto obliga a la búsqueda de soluciones alternativas para satisfacer la demanda de agua.

En el Perú la disponibilidad de agua es muy alta, aproximadamente 70 000 m<sup>3</sup>/hab/año, bastante más de diez veces el promedio mundial. Es cierto, sin embargo, que esta gran cantidad de agua, que representa casi el 5% de la escurrentía mundial, se encuentra muy desigualmente distribuida en el tiempo y en el espacio. Pero, debe reconocerse que se tiene. Como una muestra de esa desigual distribución del agua, o de la población, bastaría con recordar que la costa peruana, donde vive largamente más de la mitad de la población nacional, dispone de menos del 2% de los recursos hidráulicos superficiales del país. Y, como si esto fuera poco, se podría añadir que Lima, la ciudad capital, donde vive casi la tercera parte de la población nacional, solo cuenta con los 5/10 000 de la disponibilidad nacional de agua superficial.

Cada país, o cada grupo humano, necesita una determinada cantidad de agua para la satisfacción de sus necesidades, las que son crecientes por el aumento de la población y de sus deseos de alcanzar una mejor calidad de vida, lo que implica necesariamente el acceso al agua. Las soluciones para

proporcionar la cantidad de agua requerida han girado tradicionalmente en torno a dos planteamientos : a) Aumento de las fuentes de agua recurriendo a trasvases, regulaciones, desalación, reúso y muchas otras acciones de ese tipo, y b) Racionalización del consumo mediante el ahorro y el buen manejo del agua lo que implica el aumento de su eficiencia de uso, que en el riego incluye, por ejemplo, la introducción de la aspersión o el goteo, y en el uso poblacional la disminución del desperdicio.

Del agua total utilizada en el mundo el mayor porcentaje corresponde largamente a la agricultura. En los países áridos y semiáridos el porcentaje no solo es mayor, sino también creciente, por la necesidad de producir alimentos. Pero la población necesita también disponer de agua para otros usos entre los que está la generación de energía limpia y renovable, como la hidroeléctrica. En consecuencia, resulta ser fundamental buscar el eficiente manejo del agua de riego, para mitigar así la escasez del recurso. Algunas cifras son muy ilustrativas; así, para satisfacer las necesidades de la agricultura se requiere por lo menos 1000 m<sup>3</sup>/hab/año. Si solo se tratase de beber, bastaría con 1 m<sup>3</sup>/hab/año.

## **EL AGUA REAL Y EL AGUA VIRTUAL**

Para suplir la escasez de agua muchos países optan por un tercer planteamiento, cuya trascendencia ha sido reconocida recientemente y que consiste en la importación de alimentos, y de otros bienes, para cuya producción se usó grandes cantidades de agua en sus lugares de origen. De acá parte el concepto de Agua Virtual introducido en 1993 por el profesor John Anthony (Tony) Allan, de la *Escuela de Estudios Orientales y Africanos de la Universidad de Londres*. El Agua Virtual es la cantidad de agua requerida para producir algo, originalmente alimentos de origen agrícola, incluyendo además de la producción propiamente dicha, el embalaje y el transporte. Al establecer el concepto de Agua Virtual un vínculo entre el agua, los alimentos y el comercio exterior tiene gran trascendencia en la gestión del agua. Dice Tony Allan que el Agua Virtual es un recurso “*ignorado por los hidrólogos*” y que debe verse como una “*metáfora útil*”. En consecuencia, cuando un país importa alimentos está importando la cantidad de Agua Virtual equivalente.

Al iniciar el profesor Allan sus estudios sobre la vinculación del Agua Virtual con el comercio exterior observó que la región conformada por el Medio Oriente y el Norte de África, que incluye unos veinte países, importaba anualmente no menos de 50 millones de toneladas de cereales. Estos productos requerían en sus países de origen, unos 50 000 millones de metros cúbicos de agua (50 km<sup>3</sup>), lo que representaba una cantidad prácticamente igual a la que el Nilo aportaba anualmente a Egipto. También puede apreciarse la magnitud relativa de esa cantidad de Agua Virtual cuando se comprueba que equivale a la tercera parte de los recursos hidráulicos de la región mencionada.

Resulta claro que esos países del Oriente Medio y del Norte de África, así como los de otras partes del mundo, buscan la manera de superar su escasez de agua importando cereales. Para producir un kilogramo de granos se requiere una ó dos toneladas de agua. En un país árido se requeriría 4 ó 5 toneladas. Este problema ha sido bastante estudiado por varios investigadores. El Agua Virtual es, pues, una fuente alternativa de agua. Algunos autores la llaman Agua Exógena. El tema del Agua Virtual fue tratado ampliamente durante el *Tercer Foro Mundial del Agua* celebrado en Kyoto en el 2003, en la sesión dedicada al “Agua Virtual-Comercio y Geopolítica”, lo que demuestra su importancia.

El uso del concepto de Agua Virtual se ha extendido mucho y despierta un interés creciente, tanto de los científicos como de los especialistas en Recursos Hidráulicos. Se aplica, por extensión, a productos no agrícolas, bienes y servicios en general, y aun en la hidroelectricidad, para la cual el Agua Virtual representa el volumen de agua necesario para generar una unidad dada de energía. Por su creación se le otorgó al profesor Allan, en marzo de 2008, el Premio Estocolmo del Agua. El Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, al otorgarle el premio expresó que: “*La aplicación del concepto de Agua Virtual potencia el uso del comercio para aliviar la escasez de agua en algunas regiones y emplear de forma más eficaz los recursos hidráulicos*”.

Todo este desarrollo sobre el significado e importancia del Agua Virtual implica reconocer que el agua no es solo un bien social y ambiental, sino también un bien económico, lo que no significa que sea una mercancía. Donde el agua es escasa es indispensable tratarla como un bien económico y planificar su uso.

Para comprender claramente el concepto de Agua Virtual basta con recordar que para producir y procesar 1 kilogramo de arroz se requiere aproximadamente 4 toneladas de agua. En consecuencia, el Agua Virtual representativa de 1 kilogramo de arroz es 4 toneladas de agua. De igual manera, para producir 1 kilogramo de carne de res se requiere 22 toneladas de agua. El contenido de Agua Virtual de una taza de café es de 140 litros. El conocimiento de la cantidad de Agua Virtual correspondiente a diversos productos puede ayudarnos a comprender el valor del agua y la necesidad de usarla bien. Como esto no siempre es evidente, al Agua Virtual se le llama Agua Invisible.

Los productos de origen animal representan una cantidad de Agua Virtual mucho mayor que la de los productos agrícolas y, en general, mientras mayor sea el grado de procesamiento de un producto, mayor será su contenido de Agua Virtual. Usualmente, salvo excepciones, los países escasos de agua tienden a importar productos con un alto contenido de Agua Virtual y a exportar productos con un bajo contenido de ella.

## **LA HUELLA HÍDRICA**

El año 2002 el Dr. Arjen Y. Hoekstra, ingeniero civil, profesor de Gestión Multidisciplinaria del Agua, estableció un concepto muy interesante al que llamó Huella Hídrica o Hidrológica. *“La Huella Hídrica de un país (o industria, o persona) se define como el volumen de agua necesario para la producción de los productos y servicios consumidos por los habitantes de dicho país (o industria, o persona).”* Es, pues, la cantidad total de agua utilizada para el sostenimiento de una unidad poblacional y es un indicador más útil que los tradicionalmente utilizados. La Huella Hídrica tiene dos componentes: a) La interna, producida en el país, y b) La externa, producida fuera del país.

La Huella Hídrica Interna de una nación es la cantidad de agua, generada dentro del país, y usada en la producción de bienes y servicios. La Huella Hídrica Externa de una nación considera la cantidad de agua que se utilizó en el exterior (en otros países) para la producción de determinados bienes que en forma de Agua Virtual llegaron importados a esa nación. La Huella Hídrica de un país es la suma de agua usada producida internamente más la importación neta de Agua Virtual.

Como hay países en los que muchos de los alimentos que consumen se producen fuera, resulta que el consumo real de agua es mayor que la cantidad de agua existente en el país. También puede ocurrir lo contrario. El concepto de Huella Hídrica es útil para determinar cuanta agua de los recursos mundiales usa un determinado país. En consecuencia, el Agua Virtual *“constituye una herramienta para el cálculo del uso real de agua por parte de un país determinado”*. Todo esto contribuirá a un mejor manejo del agua, considerada como un recurso planetario. Es interesante, solo para dar un ejemplo, lo que sucede en Jordania, país muy árido, que solo dispone de 175 m<sup>3</sup>/hab/año. Su consumo total de agua es de 7000 millones de m<sup>3</sup> por año (Huella Hídrica) y las fuentes propias (internas) le suministran solo 1000 millones de m<sup>3</sup> por año. La diferencia, el 86% de su consumo total, la obtiene importando Agua Virtual.

## **IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE AGUA VIRTUAL**

El progreso de la humanidad está estrechamente vinculado al aprovechamiento del agua. Las más notables civilizaciones de la antigüedad surgieron junto a los grandes ríos; por eso, precisamente, se

les llama Civilizaciones Fluviales. En un cierto momento surgió la agricultura. Con sus excedentes económicos aparecieron las ciudades, las industrias y los servicios en general.

Cuando el hombre se instaló en las zonas áridas y semiáridas pasó de un aprovechamiento pasivo a un aprovechamiento activo de los ríos; es decir, construyó obras de ingeniería para llevar el agua hasta el lugar de su utilización. Aparecieron así las bocatomas, los canales y los sistemas de distribución de agua. Recordemos, por ejemplo, que los lugares de la costa peruana donde la vida es posible constituyen una inmensa obra de irrigación. En la costa del antiguo Perú, el nacimiento, desarrollo y muerte de las llamadas Culturas estuvo en función del aprovechamiento de los ríos y del dominio del agua. Los primeros desarrollos hidráulicos se hacían dentro de una cuenca. Pero, cuando las necesidades aumentaron hubo que pasar a sistemas de economía abierta y asociar hidráulicamente dos o más cuencas.

Posteriormente aparecieron los trasvases de cuencas y los de una vertiente a otra. Se ha construido túneles transandinos para traer a la costa las aguas de otras vertientes y larguísimos canales para llevar el agua a los lugares de aprovechamiento. En otras partes del mundo se ha construido obras monumentales para almacenar, regular y conducir el agua hasta el lugar en el que se la necesita.

Cada vez se emprende obras de mayor complejidad para obtener un beneficio mayor de las aguas y satisfacer la creciente demanda de bienestar humano. La ingeniería hace posible lo que algunos autores llaman el dominio de la naturaleza. Finalmente, se busca compensar las carencias de alimentos mediante su importación. Hoy día, los problemas del agua no pueden examinarse exclusivamente dentro de la problemática de una cuenca o una región. Los problemas del agua son nacionales y, en gran medida, planetarios.

Si observamos el comercio entre los países se verá que hay poco comercio del agua real, porque es pesada y costosa para transportarla a lugares distantes. Pero, hay casos extremos en los que se importa agua real. Actualmente en los supermercados de Lima se puede adquirir agua embotellada proveniente de otras partes del mundo (a \$ 3000 el metro cúbico). Los países árabes estudian la posibilidad de trasladar agua en forma de témpanos. Hace muchos años el Perú importaba hielo desde Boston. El primer cargamento de unas 700 toneladas llegó a el Callao, según informó el diario "El Comercio" en marzo de 1853, a bordo del vapor "Coquimbo", luego de una larga navegación que incluyó doblar el Cabo de Hornos. Ese hielo importado costaba la mitad del que se traía de la Cordillera de los Andes.

Hay, sin embargo, algunos casos de comercio con el agua real. Así, Chile y Bolivia están culminando un acuerdo en virtud del cual el primero usaría aguas del segundo (Río Silala) mediante el pago de una compensación económica, por parte de empresarios chilenos, que dependería del aprovechamiento que se obtuviese del agua.

Para la satisfacción de la demanda de alimentos agrícolas en las zonas áridas hay dos grandes posibilidades. Una, es transportar el agua hasta el lugar de su utilización en el riego, lo que implica, por lo general, un costoso sistema de presas, canales y túneles, como se ha descrito anteriormente. La otra posibilidad es producir los alimentos en el lugar en el que hay agua y transportarlos al lugar de consumo. Surge entonces la pregunta ¿no es más barato transportar 1 kilogramo de arroz que 4 toneladas de agua?

Hay zonas de la Tierra en las que el agua es muy escasa. Se sabe que esta escasez irá en aumento por el crecimiento exponencial de la demanda. Es entonces cuando aparece la otra forma de solucionar la escasez, que consiste en importar bienes en cuya producción se empleó grandes cantidades de agua. Es así como se importa Agua Virtual. Aparecen entonces los países que podrían llamarse "hidrodependientes". No es agua lo que se comercia, dice Allan, sino alimentos.

En muchos países se importa alimentos, eventualmente subvencionados, principalmente trigo, soya, arroz y maíz. El trigo representa alrededor del 30% del comercio mundial de alimentos (expresado en función de la cantidad de agua involucrada). Sucede lo mismo en el Perú, pues somos importadores

de muchos productos agrícolas. Aparece entonces algo así como un mercado de Agua Virtual Podría considerarse también que el Agua Virtual corresponde a la cantidad de agua que demandaría su producción en el país de destino, puesto que las condiciones son diferentes en ambos escenarios.

El comercio de Agua Virtual se realiza continuamente entre los países y representa alrededor de un 15% del agua que se usa en el mundo. En general, Norteamérica exporta Agua Virtual y el Asia la importa. Hay países como Australia, Estados Unidos, Canadá, Argentina y Brasil que exportan grandes cantidades de Agua Virtual, en tanto que otros, como Japón, Italia, el Reino Unido, Alemania y Corea del Sur la importan en grandes cantidades. Dado que hay países que exportan e importan Agua Virtual se debe calcular, en cada caso, el valor neto correspondiente.

Generalmente se piensa que los países que tienen escasez de agua no deberían exportar bienes en cuya producción se emplea gran cantidad de agua. Es así como se decía que Israel no debería exportar frutas. Pero, el problema debe mirarse desde una perspectiva más amplia; es así como Israel exporta 0,7 km<sup>3</sup> de Agua Virtual anualmente, pero importa 6,9 km<sup>3</sup>, según señalan Hoekstra y Hung.

El ingeniero Mamdouh Shahin, de origen egipcio, quien ha estudiado mucho los problemas hidrológicos del Medio Oriente, manifiesta que *“Las importaciones de alimentos son más estratégicas que las importaciones de petróleo. Se puede vivir sin petróleo, pero no sin comer. En caso de que los países productores de trigo decidieran dejar de subvencionar a sus agricultores, el alza consiguiente de los precios tornaría aún más vulnerables a los países importadores.”* Precisamente en 1999 Egipto tuvo una importación neta de 15,3 km<sup>3</sup> de Agua Virtual.

El Perú, a pesar de la gran cantidad de agua que posee, importa anualmente cientos de miles de dólares en alimentos. El Perú importa anualmente alrededor de 1 300 000 toneladas de trigo, el 90% de su consumo, lo que representa unos 41 m<sup>3</sup>/s de Agua Virtual. A esto se añade que importa el 75% de los aceites vegetales y el 27% de la leche que consume. Algunos de estos productos son subsidiados, lo que distorsiona fuertemente nuestra economía. De acá que las súbitas alzas de los productos agrícolas en el mercado mundial nos impacten fuertemente.

## **EL BALANCE COMERCIAL HÍDRICO**

La idea de Balance Hidrológico, o Hídrico, corresponde a la comparación entre la oferta y la demanda de agua, para un país, región o comarca. La oferta incluye todas las posibilidades utilizables, como la lluvia, el agua superficial, subterránea y de cualquier otro origen. La demanda corresponde a todos los usos del agua, tales como abastecimiento poblacional, riego, energía, industrias y el tan olvidado uso ecológico (biológico o sanitario). Como consecuencia de ese Balance se obtiene una situación que puede ser de equilibrio, de déficit o de excedentes de agua. Usualmente, el déficit ha venido siendo resuelto mediante la ejecución de obras de ingeniería (regulaciones, trasvases) y más recientemente intentando un mejor manejo del agua. Surge así la Gestión de la Oferta y de la Demanda de agua, a las que se les debe prestar particular atención.

Cuando se trata de determinar la cantidad total de agua que usa un país (“Huella Hídrica”) es indispensable introducir el concepto de Agua Virtual, añadiendo al agua producida dentro de él, la diferencia entre la importación y exportación de Agua Virtual. Se obtiene así el Balance Comercial Hídrico, como se muestra a continuación:

$$\text{AGUA UTILIZADA} = \text{AGUA PRODUCIDA} + \text{AGUA VIRTUAL IMPORTADA} - \text{AGUA VIRTUAL EXPORTADA}$$

La cantidad de agua utilizada es la Huella Hídrica. Como se ve el balance completo debe incluir tanto las importaciones como las exportaciones de Agua Virtual que realiza un país o una región. A esa diferencia se le llama importación o exportación neta de Agua Virtual.

En los Cuadros N° 1 y N° 2 se aprecia los diez principales países exportadores e importadores netos de Agua Virtual, respectivamente, para el periodo 1997-2001, según Chapagain y Hoekstra.

**CUADRO N° 1  
PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES NETOS DE AGUA VIRTUAL**

Países con exportación neta	Flujos de Agua Virtual Neta (Gm <sup>3</sup> /año)		
	Exportación	Importación	Exportación neta
Australia	73	9	64
Canadá	95	35	60
Estados Unidos	229	176	53
Argentina	51	6	45
Brasil	68	23	45
Costa de Marfil	35	2	33
Tailandia	43	15	28
India	43	17	25
Ghana	20	2	18
Ucrania	21	4	17

**CUADRO N° 2  
PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES NETOS DE AGUA VIRTUAL**

Países con importación neta	Flujos de Agua Virtual Neta (Gm <sup>3</sup> /año)		
	Importación	Exportación	Importación neta
Japón	98	7	91
Italia	89	38	51
Reino Unido	64	18	47
Alemania	106	70	35
Corea del Sur	39	7	32
México	50	21	29
Hong Kong	28	1	27
Irán	19	5	14
España	45	31	14
Arabia Saudita	12	1	13

El concepto de Balance Comercial Hídrico entre países podría aplicarse también a las regiones y a los desequilibrios hidráulicos internos existentes en el Perú.

## **IMPLICANCIAS DEL AGUA VIRTUAL**

1. Es un hecho innegable que la demanda mundial de agua sigue aumentando cada vez más rápidamente, lo que se debe al incremento de la población y a su deseo de tener una mejor calidad de vida, lo que implica disponer de agua en cantidad y calidad suficiente.
2. Muchas naciones buscan compensar su escasez de agua importando alimentos en cuya producción se empleó grandes cantidades de agua; es decir, importando Agua Virtual.
3. Estas consideraciones llevaron al profesor Allan a relacionar el agua, los alimentos y el comercio y a expresar que el concepto de Agua Virtual fue desarrollado para explicar como es que la escasez de agua de los países áridos se mitiga mediante la importación de productos agrícolas de altos requerimientos de agua.
4. Teóricamente, un país con escasez de agua podría no desarrollar grandes proyectos hidráulicos y, en cambio, importar todo lo que necesita en materia de productos agrícolas y así dependería totalmente del Agua Virtual. Sería un país “hidrodependiente”.
5. Es muy grave que un país tenga una fuerte dependencia de la importación de Agua Virtual. Esto no es social ni políticamente aceptable; cada país debería tener “autonomía hídrica” (“independencia hidrológica”) y “soberanía alimentaria” (“autosuficiencia alimentaria”).
6. Frente a la escasez creciente de agua por aumento de la demanda podría llegar el momento en el que los países exportadores de Agua Virtual dejen de serlo, por imposibilidad física o por decisión política. Es entonces cuando se vería las graves consecuencias de depender de la importación de Agua Virtual. Pero, frente a la creciente demanda de agua cabría preguntar ¿Qué pasará en el futuro con los precios de los productos agrícolas? ¿Es que determinados países siempre estarán dispuestos a exportar Agua Virtual?
7. Algunos analistas sostienen que los ingenieros civiles son opuestos a depender del Agua Virtual porque entonces desaparece la necesidad de construir obras de aprovechamiento hidráulico como presas, canales, túneles y sistemas de riego. Esto podría ser cierto, pero por otras razones.
8. Se debe tener presente que la labor que realiza la ingeniería en la transformación del territorio árido para hacer posible la agricultura, mediante la construcción de obras de irrigación, no es solo una forma de producir alimentos, sino de ocupar el territorio, de evitar la desertificación y de afianzar al hombre a la tierra. Se debe, pues, aspirar a la independencia hidrológica y a la soberanía alimentaria. He ahí un gran reto para la ingeniería

## **REFERENCIAS**

1. ALLAN J. A. **Los peligros del agua virtual**. El Correo UNESCO, Febrero 1999.
2. ALLAN J. A. **A convenient solution**. El Correo UNESCO.
3. ALLAN J. A. (Tony) **Virtual Water-the Water, Food and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor?** IWRA, Water International, Volume 28 Number 1 March 2003.
4. CHAPAGAIN A. K. y HOEKSTRA A. Y. **Water Footprints of Nations** . UNESCO-IHE, Delft, November 2004.



5. CHAPAGAIN A. K. y HOEKSTRA A. Y. **Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows in Relation to the International Trade of Agricultural Products.** UNESCO-IHE, Delft, Institute for Water Education.
6. CHAPAGAIN A. K. **Globalization of water: Opportunities and Threats of Virtual Water Trade.** UNESCO-IHE Institute, Delft, 2006.
7. "EL COMERCIO" **Nota periodística.** Lima, 18 de marzo de 1853.
8. HOEKSTRA Arjen Y. **The water footprint of food.** University of Twente, Holanda.
9. HOEKSTRA A.Y. y HUNG P.Q. **Virtual water trade - A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.** IHE Delft, 2002.
10. INSTITUTE FOR SOCIAL-ECOLOGICAL RESEARCH **Virtual Water Trade. Documentation of an International Expert Workshop.** Frankfurt/Main, Germany, 2006.
11. IZA Alejandro **Agua Virtual.** Centro de Derecho Ambiental-Bonn-UICN.
12. LLAMAS MADURGA Manuel Ramón **Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos.** Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Discurso Inaugural del Año Académico 2005-2006, Madrid, España, 2005.
13. OTCHET Amy **Un espejismo económico.** El Correo, UNESCO, 1999.
14. ROCHA FELICES Arturo **Regiones políticas y Comarcas Hidráulicas.** Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros del Perú-CDL, Año 9 N° 40, 2009.
15. \_\_\_\_\_ **¿Qué hacer con los grandes proyectos hidráulicos de la costa norte norperuana?** Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional, Revista INGENIERÍA, N° 2, octubre 2007.
16. \_\_\_\_\_ **El agua, manantial de vida.** Conferencia Magistral. Día del Ingeniero. Colegio de Ingenieros del Perú-Consejo Nacional, Lima. junio 2007.
17. \_\_\_\_\_ **El agua, recurso vital propiedad de todos.** Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros del Perú-CDL, Año 6 N° 27, 2002.
18. \_\_\_\_\_ **Agua para Lima en el Siglo XXI.** publicado por el Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú, 1996.
19. \_\_\_\_\_ **Recursos Hidráulicos.** publicado por el Colegio de Ingenieros del Perú, Capítulo de Ingeniería Civil. Colección del Ingeniero Civil, Lima, 1993.
20. TAIKAN OKI y otros **Virtual Water Trade to Japan and in the World.** Research Institute for Humanity and Nature, Japón.
21. TURTON, A. R. y otros **An Analysis of the Role of Virtual Water in Southern Africa in Meeting Water Scarcity: an Applied Research and Capacity Building Project.** World Conservation Union (IUCN) NETCAB, Pretoria University. Republic of South Africa.
22. TURTON Anthony **Getting Back to Basics: The Hydrological Cycle Revisited From A Virtual Water Perspective.** University of Pretoria, Republic of South Africa.