

Indicadores globales para la evaluación del uso sostenible del recurso agua: Caso cubano

Dr. Jorge Mario García Fernández¹, Ing. Luis Cantero Corrales²

1: Director Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Secretario Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH). Email: jorgem@hidro.cu. Teléfono: 836 34 49. Humboldt 106 esquina P, Plaza, Vedado. La Habana, Cuba. www.hidro.cu

2: Director Obras Hidráulicas. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Email: luis@hidro.cu. Teléfono: 836 67 02. Humboldt 106 esquina P, Plaza, Vedado. La Habana, Cuba. www.hidro.cu

I. Introducción

Hoy es común encontrar en la documentación nacional e internacional, pruebas, análisis y evaluaciones sobre el deterioro ambiental, así como de los problemas cuantitativos y cualitativos del recurso agua, tanto en lo que se refiere a su distribución, disponibilidades naturales y principales usos, como de sus impactos negativos. Estos últimos, como se conoce, tienen su origen en factores de índole antropogénico, presentando una amplia escala de causas y efectos, desde la disposición de aguas residuales en los cuerpos de agua hasta la influencia de los cambios climáticos sobre su comportamiento, con cambios más o menos significativas del régimen pluvial, entre otros.

Si bien el recurso natural agua y su manejo tienen características sectoriales, sobre todo en todo lo que se refiere a lo hidráulico (su conducción y canalización), desde el punto de vista general es un recurso que se manifiesta marcadamente con características transectoriales en el contexto del desarrollo sostenible, dada su presencia en toda la actividad económica, social y de protección del medio ambiente de un país, región o localidad.

La Humanidad ha sido protagonista y al mismo tiempo testigo de la estrecha relación entre el recurso agua y su propio origen y desarrollo, hasta los momentos presentes. Por otra parte, los medios masivos de comunicación y la literatura científico-técnica, aportan de manera permanente informaciones sobre su carencia o abundancia relativa, ejemplificando que, tanto una como otra, es motivo de guerras, conflictos, acuerdos, epidemias, beneficios, daños y otros.

Los problemas de la variabilidad del clima y sobre todo las consecuencias negativas del cambio climático mundial, regional y local, le han conferido a las acciones de adaptación y mitigación de sus efectos sobre los recursos hídricos, una actualidad relevante y de ahí, que diferentes organizaciones, tanto dentro como fuera del sistema de las Naciones Unidas, Bancos, Fundaciones, instituciones gubernamentales nacionales, centros de investigación, Organizaciones no Gubernamentales, grupos de expertos y muchos otros, hayan elaborado reportes conteniendo aproximaciones sobre la evaluación y comportamiento del recurso agua, empleando indicadores generales y específicos, para diferentes escalas temporales y espaciales.

El propósito de este documento es aportar una visión de acercamiento más actual al empleo e interpretación de los indicadores sobre los recursos hídricos, entre ellos, el denominado por los presentes autores Indicador clásico de Disponibilidad (IcD), así como la Huella Hídrica (HH) y Agua Virtual (AV) y el Indicador de Estrés Hídrico (IEH). Con excepción del primero, el resto es de más reciente elaboración o uso. Por otra parte, es también nuestro propósito analizar sus fortalezas y limitaciones y aplicarlos preliminarmente al caso cubano, como una contribución al proceso de elevar nuestros conocimientos al respecto y de instrumentar sus conclusiones y resultados, en función de alcanzar el uso sostenible del recurso agua en las condiciones particulares cubanas.

II. Indicadores

II. 1 Indicador clásico de disponibilidad (IcD)

La disponibilidad del recurso agua viene determinada desde un punto de vista general, en primera instancia, por las condiciones y comportamiento de las características climáticas e hidrológicas existentes, en su relación con otros componentes ambientales, por la densidad de población y su distribución espacial.

Según WRI (1987), empleando como referencia los recursos hídricos potenciales por países, la disponibilidad puede variar en tiempo y en espacio, aproximadamente desde 120 000 m³ por persona por año (Canadá), hasta menos de 100 m³ por persona por año (Malta).

Sin embargo, WHO – PNUMA (1988) reconoce explícitamente en esa fecha, que las disponibilidades per cápita por año referido a los recursos potenciales de agua, solo ofrecen una muy general idea de lo adecuado de las existencias de agua para el país, siendo indispensable incorporar en el análisis, las reales necesidades para satisfacer los diferentes usos, si el objetivo es llegar a determinar si estamos ante abundancia o escasez relativa del recurso para la economía, sociedad y la protección del medio ambiente. No toda el agua a partir de las precipitaciones y otras fuentes, puede estar disponible en función del desarrollo sostenible.

Esta misma publicación emplea para sus evaluaciones la clasificación WRI (1986), alcanzada a partir de los resultados de una investigación realizada en 100 países del Mundo, referida a la disponibilidad per cápita por año, sobre la base de los recursos hídricos potenciales, llegando a lo que se expone en la Tabla 1.

El empleo de este indicador tradicionalmente va acompañado de tablas y gráficos donde se precisan por países, las entregas respectivas del recurso para su empleo en los sectores claves de la agricultura, industria y la población.

Cifras de disponibilidades empleando este indicador aparecen muy comúnmente en la literatura. Shilkomanov (1997, 2000), WBCSD (2006) y otros, las reportan y discuten en este contexto.

Tabla 1. Clasificación (WRI 1986)

| Categoría | Disponibilidad per cápita por año | % de países |
|------------------|--|--------------------|
| Muy bajo | 1 000 m ³ o menos | 14 |
| Bajo | Entre 1 000 y 5 000 m ³ | 37 |
| Medio | Entre 5 000 y 10 000 m ³ | 14 |
| Alto | 10 000 m ³ o más | 35 |

De una manera u otra, en la literatura consultada existe cierto manejo indiscriminado del indicador disponibilidad (m³ por habitante por año) en cada país, empleándose para el análisis los recursos hídricos (potenciales o aprovechables), sin considerar las capacidades para su uso en la economía, sociedad y la protección del medio ambiente, a partir de la infraestructura hidráulica creada a tal efecto (recursos hidráulicos disponibles). El indicador IcD se refiere principalmente a la riqueza del recurso agua de un país, a partir del comportamiento de las precipitaciones y sus condiciones climáticas generales que la determinan.

Compartiendo la aproximación ampliamente sustentada de que no todos los recursos hídricos provenientes de las precipitaciones y otras fuentes, pueden estar efectivamente disponibles para su empleo, pudiera ocurrir, entre otras alternativas de interpretaciones, que países con coberturas mínimas de infraestructura hidráulica y a su vez con gran riqueza del recurso natural agua, aparezcan en las tablas y resúmenes publicados, con indicadores cuantitativos superiores a 5 000 y 10 000 m³/habitante/año, lo que aparentemente los colocaría en situación relativamente ventajosa en cuanto a la abundancia del recurso para su consumo en función del desarrollo económico y social, cuestión que no necesariamente pueda ser cierta.

En este contexto y aún con sus limitaciones, tal vez pudiera ser más relevante y efectivo para los análisis y comparaciones internacionales, regionales, zonales y por países en los que se use este indicador clásico de disponibilidad, seleccionar una disponibilidad de agua por países más cercana a la “real”, mediante el total de los recursos de agua existentes a partir de la infraestructura hidráulica creada. Lo anterior permite acercarse a las condiciones generales existentes para su uso en la economía, sociedad y para la protección del medio ambiente, pero persistiría la limitación de poder introducirse por dentro de este indicador e identificar su relación con el consumo de agua.

II. 2 Huella Hídrica (HH) y Agua Virtual (AV)

Transitando hacia mayores precisiones sobre la evaluación de las disponibilidades de agua, autores internacionales han introducido otras variables y alternativas, teniendo en cuenta sus necesidades de respuesta ante las situaciones que enfrentaron.

De esta forma Allan (1993, 1994), introdujo el concepto de **Agua Virtual (AV)**, cuando estudiaba la importación de agua como una de las soluciones a los problemas de escasez en el Oriente Medio, incorporando además, el consumo real de agua en sus análisis.

Este concepto y su empleo favorecieron la identificación en la economía de algunos países, de la producción o no de bienes y servicios que necesitan de mayores o menores volúmenes de agua y a partir de ello, decidir las exportaciones e importaciones correspondientes,

Por otra parte, A.Y. Hoekstra introdujo el concepto de **Huella Hídrica (HH)**, para obtener un indicador que relacionara el agua con los patrones y hábitos de consumo a todos los niveles, ya sea de un país, industria, persona o familia.

Según Hoekstra y Chapagain (2007), la sola descripción de los recursos de agua utilizados en la agricultura, industria y población de un país, son datos muy útiles para el proceso de toma de decisiones, pero no son suficientes para conocer las verdaderas necesidades de la población, en relación con sus hábitos y patrones de consumo.

En A. K. Chapagain y A.Y. Hoekstra (2004), publicado por UNESCO – IHE, puede encontrarse una extensa descripción de los indicadores Huella Hídrica y Agua Virtual, así como los procedimientos de cálculo y estimaciones empleadas.

Dado la relativa novedad de estos conceptos, se requiere precisar sus definiciones de manera resumida, a partir de sus fuentes originales descritas en las referencias anteriores.

Huella Hídrica: Volumen de agua utilizado directa e indirectamente para la elaboración de productos y la prestación de servicios consumidos por los habitantes de un país (o industria, o persona).

Como no todos los bienes y servicios consumidos por un país se producen en ese, la Huella Hídrica se calcula tomando en cuenta dos partes: el uso doméstico del agua en el país y el uso del agua fuera de las fronteras de ese país. Se expresa normalmente como m³ per cápita por año.

Se calcula como: $HH = HH_i + HH_e$,

donde:

HH: Huella Hídrica
HHi: Huella Hídrica Interna
HHe: Huella Hídrica externa

La HHi incluye el volumen total de agua empleada en la agricultura, industria y por la población de un país. Se calcula como:

HHi = Volumen total de agua consumida – exportación de agua virtual a otros países, donde: Volumen total de agua consumida, es el volumen total de agua utilizada en la agricultura, industria y por la población

La HHe es el volumen anual de agua usada en otros países para producir bienes y servicios consumidos por el país que los importa.

Por otra parte, como Agua Virtual se entiende el volumen de agua necesario para elaborar un producto o facilitar un servicio, expresada en m³ por tonelada u otra unidad equivalente.

Los conceptos de Agua Virtual y Huella Hídrica están muy relacionados. Según Hoekstra y Chapagain (2007), cuando se evalúa la Huella Hídrica de una nación, es esencial cuantificar los flujos de agua virtual que entran y salen del país. Si se considera el uso doméstico del recurso agua en la agricultura, industria y población, como punto de partida para esa evaluación, se debe sustraer el agua virtual saliente (exportaciones) y añadir el flujo de agua entrante (importaciones) al país.

La Huella Hídrica es un indicador que sirve para caracterizar el uso del agua en relación con patrones y volúmenes de consumo por su población. Como indicador agregado muestra la demanda total de agua de un país y de ahí que sea una medida aproximada del impacto del consumo sobre los recursos hídricos y el medio ambiente acuático. Ha de tenerse en cuenta ambos, la Huella Hídrica interna y externa, ya que externalizar la HH implica externalizar también el impacto ambiental. Además, parte del agua puede reutilizarse, mientras que en otros casos, no. Es una herramienta para mostrar cómo los patrones de consumo afectan el uso del agua y cómo sus futuros cambios influirán en los recursos hídrico

El concepto de Huella Hídrica, se desarrolló por analogía con el de Huella Ecológica (HE), a inicios de los años noventa. Si por una parte la HE representa el área de tierra productiva y de ecosistemas acuáticos requeridos para producir los recursos necesarios y asimilar los residuos que se originan por una población, a un nivel determinado de la calidad de vida, la Huella Hídrica lo que determina es la cantidad de agua necesaria para sostener la actividad de la población.

Los cuatro principales factores que influyen directamente en la estimación de la HH de un país, al decir de los mismos autores, son:

1. *Volumen de agua consumido* (Usos domésticos: población, industria y riego y agua consumida por la importación de productos)
2. *Patrones de consumo* (Consumo de productos con mayor o menor contenido de Agua Virtual, producidos en el país o importados)
3. *Clima* (Evaporación, comportamiento y régimen de las precipitaciones)
4. *Prácticas agrícolas* (Extensión y eficiencia en el riego)

Comparaciones y detalles de cómo la Huella Hídrica puede variar, dependiendo del nivel de desarrollo económico y social y otras características nacionales, puede encontrarse tanto en las citas anteriores, como en University of Twente y UNESCO – IHP, 2007. En ellos puede encontrarse también los valores de la Huella Hídrica para varios países y otras tablas y apéndices, con similares datos e informaciones. Su página web es <http://www.waterfootprint.org/>.

Países en desarrollo del Sur, presentan condiciones climáticas no muy favorables en términos de sus altas demandas de evaporación, que unido a ineficiencias en el uso del agua para riego - su mayor empleo relativo - son factores que pueden determinar HH altas. Por otro lado, los Estados Unidos de América tienen la mayor HH mundial con un promedio de 2 480 m³/habitante/año, a lo que contribuye significativamente su alto consumo de productos industriales y de carne por persona. Este último alcanza la cifra de 120 kg/habitante/año. El contenido de Agua Virtual de 1 kg carne es de 16 000 litros. Disminuyendo el consumo medio de carne por su población, su HH puede disminuir

En términos generales, se identifican como vías para reducir la HH de un país, las siguientes:

1. *Disminuir el vínculo directo entre el desarrollo económico y el incremento del consumo de agua, mediante la introducción y adopción de técnicas que utilicen menos cantidades de agua por unidad de producto o servicio.*
2. *Elevar la captación directa del agua de lluvia y emplear tecnologías de riego más eficientes.*
3. *Cambiar los patrones de consumo a productos y servicios en los que se usen menos cantidades de agua.*
4. *Introducir incentivos y desincentivos económicos, etiquetado ecológico u otras medidas similares, en la producción de bienes y servicios.*
5. *Externalizando los consumos de agua mediante la importación de bienes y productos grandes consumidores de agua, en países con menores riquezas del recurso agua.*

En adición de estos 5 aspectos citados originalmente por Hoekstra y Chapagain (2007), pueden identificarse de forma explícita, otras tres alternativas cuya introducción sistemática en el accionar de un país, influirían en la disminución de la Huella Hídrica, sobre todo en aquellos países subdesarrollados dependientes de la agricultura y cuyos consumos mayoritarios de agua estén relacionadas con su uso agrícola. Estas son:

- a) Volumen total de agua reutilizada
- b) Acciones que incrementen la eficiencia en la conducción hidráulica y distribución del agua para los diferentes usos.
- c) Educación ambiental para alcanzar el uso sostenible de agua y contribuir al cambio de patrones de consumo.

La Huella Hídrica mundial supone una media cercana a los 1 240 m³/persona/año y por ejemplo, la de Japón es de 1 150 metros cúbicos por habitante por año y el 65 % de ella proviene del exterior.

Otros conceptos y definiciones útiles para evaluar y comparar la sostenibilidad del agua en un país y entre países, son la Escasez de Agua (EA), la Autosuficiencia de Agua (ASA) y la Dependencia de Agua Importada (DAI).

Por **Escasez de Agua** de un país, se entiende el cociente resultante de dividir la Huella Hídrica (HH) entre el total de recursos renovables de agua (RRA), generalmente expresada como por ciento. Es un indicador relativo del consumo de agua a partir de la disponibilidad de fuentes domésticas.

$$EA (\%) = HH / RRA \times 100$$

Por **Autosuficiencia de Agua** de un país, se entiende el cociente resultante de dividir la Huella Hídrica interna (HHi) entre su Huella Hídrica. Es un indicador que denota las capacidades de un país para suministrar las necesidades de agua que aseguran las demandas domésticas de producción y sus servicios.

$$ASA (\%) = HHi / HH \times 100$$

Su valor cercano al 100 % indicará que el país asegura sus producciones y servicios con fuentes domésticas y cercanas a 0, si sus demandas provienen de agua importada.

Por **Dependencia de Agua Importada**, se entiende el cociente resultante de dividir la Huella Hídrica externa entre su Huella Hídrica.

$$DAI (\%) = HHe / HH \times 100$$

II.3 Indicador de Estrés Hídrico (IEH)

Otro indicador empleado para evaluar el estado de los recursos hídricos, es el denominado **Indicador de Estrés Hídrico** (En <http://www.worldwatercouncil.org/>), definido como el cociente resultante entre el volumen de agua empleado para la economía, sociedad y la protección del medio ambiente, respecto a los recursos renovables totales. Este indicador ofrece una idea acerca del balance entre el uso y los recursos de agua. Valores por encima del 40 % se estiman ya como de Alto Estrés hídrico.

Está orientado a estimular el incremento de los volúmenes de agua usados para satisfacer las necesidades de un país. Su clasificación general se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Indicador de Estrés Hídrico

| No estrés | Bajo | Medio | Alto | Muy Alto |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| De 0 hasta 0,1 | De 0,1 hasta 0,20 | De 0,2 hasta 0,40 | De 0,4 hasta 0,80 | Mayor que 0,80 |

III. Aplicación al caso cubano

En el caso cubano, existen algunas condiciones de partida – premisas - que condicionan mucho de nuestras actuaciones relativas al suministro seguro de la cantidad y calidad de agua y la gestión integrada de los recursos hídricos. Entre ellas:

- 1. Vulnerabilidad propia de nuestra condición de Archipiélago. Somos un estado insular.*
- 2. Parte aguas central a todo lo largo de las Isla principal que delimita la formación de numerosas y pequeñas cuencas y predominio del carso en las formaciones acuíferas subterráneas.*
- 3. Dependencia de nuestros recursos de agua con el comportamiento de las precipitaciones.*
- 4. Variabilidad climática, que se refleja de distintas formas, entre ellas, el cambio en el régimen de lluvias.*
- 5. El cambio climático y las medidas de adaptación y mitigación.*
- 6. Desarrollo eminentemente agropecuario, de acuerdo con la estructura del uso del agua.*

El desarrollo hidráulico cubano comenzó hace más de 40 años precisamente en una situación de sequía extrema unida al azote del Ciclón Flora (periodo 1962 – 1963) y se reconoce que están aseguradas en lo fundamental, las demandas para el desarrollo económico, social y la protección del medio ambiente.

Permanecen sin resolver problemas importantes, los que son motivo de atención sistemática por el Gobierno y sus instituciones especializadas.

Entre ellos se citan:

- 1. Carestía relativa del recurso agua en zonas más vulnerables.*
- 2. Deterioro de la calidad original de las aguas por la actividad antrópica (descarga de residuales fundamentalmente orgánicos biodegradables y concentración de la explotación de las aguas subterráneas, que provoca intrusión salina).*
- 3. Menor disponibilidad real de agua, por el mal estado de los sistemas de conducción y canalización*

4. El 4,4 y 5,0 % de la población cubana no cuenta, respectivamente, con cobertura de agua potable y de saneamiento ambiental.
5. Ineficientes tecnologías para el riego agrícola, mayor usuario de aguas del país.

La extensión de la aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas, proceso que se desarrolla y se consolida, también contribuye a alcanzar el uso sostenible del agua.

Datos e informaciones sobre los recursos hídricos potenciales (RHP) y aprovechables (RHA) cubanos, así como sus recursos hidráulicos disponibles (RHD), pueden encontrarse en Voluntad Hidráulica (2002), Año 40, Edición Especial.

Del total de 38,1 km³, alrededor de 24,0 km³ son aprovechables y 13,68 km³ se encuentran disponibles (57% de los aprovechables).

Tomando como referencia el Indicador clásico de Disponibilidad (IcD) y los recursos potenciales, aprovechables y disponibles cubanos, teniendo en cuenta el número de habitantes del país (11 177 743 habitantes, según el Censo de 2002), se tienen los per cápita expuestos en la tabla 3.

Tabla 3. Índices clásicos Cuba

| CUBA | RH Potenciales | RH Aprovechables | RH Disponibles |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| IcD (m³/hab/año) | 3 400 (Bajo) | 2 140 (Bajo) | 1 220 (Bajo) |

Como se observa, de acuerdo con la clasificación WRI (1986) de la Tabla 1, se transita desde 3 400 a 1 220 m³ por habitante por año, clasificados como Bajo en todos los casos.

Estos resultados pudieran indicar que se requeriría continuar con los esfuerzos para alcanzar mayores por cientos de aprovechamiento de los recursos hídricos para poder satisfacer así las demandas y elevar el valor del Índice, todo ello, sobre la base de nuevas inversiones para el aseguramiento de la cantidad y calidad de agua en todo el país.

Esto resulta objetivamente dudoso en función del uso sostenible del recurso, a tenor del conocimiento de los problemas y características de nuestro desarrollo hidráulico, de la satisfacción básica actual de esas demandas, de los problemas de pérdidas importantes en la conducción y canalización del recurso y del uso general de las aguas en el país, así como de las carencias relativas de agua en áreas determinadas.

De la disponibilidad actual, cada año se planifica utilizar alrededor de 7 000 millones de m³ al año – aproximadamente el 52 % de los recursos disponibles - siendo alrededor del 60% destinado para el riego, el 20% al abastecimiento de la población e industrias locales, el 5% a las industrias no vinculadas al sistema de acueducto y un 15% a otros consumos, entre los que se encuentra los requerimientos ecológicos (caudales ambientales).

Un camino cierto para alcanzar la sostenibilidad del recurso, en cualquiera de los escenarios, es el de profundizar en la aplicación de políticas y acciones encaminadas al uso racional y eficiente del agua, junto con la elevación de la cultura hidráulica y ambiental, tanto entre los profesionales, instituciones y órganos de gobierno dedicados a su manejo, como en toda la población, para mitigar así los efectos de su carestía relativa, en un contexto climático complejo que está determinando la ocurrencia más frecuente de fenómenos extremos (sequías prolongadas y huracanes). En el mismo sentido, continuar realizando acciones con vistas a mejorar el manejo de los recursos disponibles, así como incrementar estas disponibilidades mediante el uso eficiente del agua, promoviendo a su vez, la reutilización y reciclaje, medidas todas que también están encaminadas a la adaptación y mitigación ante los cambios climáticos.

Por otra parte, los resultados que se exponen relativos a la aplicación de la Huella Hídrica al caso cubano, son los obtenidos por Chapagain y Hoekstra en un estudio publicado por UNESCO 2004 y por Hoekstra y Chapagain (2007), para un total de 210 países, utilizando la base de datos del Personal Computer Trade Analysis System (PC-TAS, 2004), de la Organización Mundial de Comercio (OMC) y de FAO (AQUASTAT 2003).

La Huella Hídrica de Cuba alcanza la cifra de 1 712 m³ por habitante por año y se coloca en el lugar número 30, en orden descendente, del total de países involucrados en la evaluación. La Huella Hídrica de Cuba, se encuentra entre la de Finlandia (HH = 1 727) y la de Suiza (1 682).

Por encima de Cuba se encuentran, entre otros, los Estados Unidos de América (HH = 2 483), la mayor, Grecia (HH = 2 389), Italia (HH = 2 322), España (HH = 2 325), Portugal (HH = 2 264), Canadá (HH = 2 049), Francia (HH = 1 875), Federación de Rusia (HH = 1 858), Bélgica (HH = 1 802), Finlandia y países en desarrollo tales como, Malasia (HH = 2 344), Tailandia (HH = 2 223), expresados todos en m³ por habitante por año.

De acuerdo con la metodología aplicada, Cuba presenta los siguientes valores de Escasez de Agua, Autosuficiencia de Agua y Dependencia de Agua Importada.

Tabla 4. Cuba: Escasez de Agua, Autosuficiencia y dependencia de Agua importada (Fuente: A.K. Chapagain y A.Y. Hoekstra (2004). UNESCO -IHE)

| Total recursos renovables | Huella Hídrica interna | Huella Hídrica externa | Huella Hídrica Total | Escasez de Agua | Autosuficiencia de Agua | Dependencia de Agua Importada |
|---------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|
| Gm ³ /año | Gm ³ /año | Gm ³ /año | Gm ³ /año | % | % | % |
| 38,12 | 17,23 | 1,90 | 19,13 | 50 | 90 | 10 |

Completa el set de datos de Cuba empleados por los autores, lo siguiente:

Tabla 5. Cuba: datos para el periodo 1997- 2001 (Fuente: A.K. Chapagain y A.Y. Hoekstra (2004). UNESCO -IHE)

| Tierra arable | Recursos renovables Totales | Uso agrícola | Uso población | Uso industrial | Uso Total |
|---------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 000 ha | Gm ³ /año | Gm ³ /año | Gm ³ /año | Gm ³ /año | Gm ³ /año |
| 3 630 | 38,12 | 5,64 | 2,05 | 0,50 | 8,20 |

La Huella Hídrica, dada sus características y naturaleza y entre sus ventajas relativas, puede diferenciar entre los recursos de agua naturalmente disponibles y los empleados para satisfacer las demandas económicas, sociales y ambientales, a partir de la infraestructura hidráulica creada. Según WBCSD (2006), un pequeño grupo de países del Mundo, concentran alrededor del 60 % del total de los recursos de agua, teniendo cada uno un Indicador clásico de Disponibilidad entre 5 000 y 10 000 m³ o mayor que 10 000 m³ por habitante y año. Sin embargo, sus respectivos valores de su Huella Hídrica, son los que aparecen en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de la Huella Hídrica de países seleccionados

| PAIS | USA | Canadá | Rusia | Brasil | Indonesia | Colombia | RP Congo | China |
|---------------------------------|-------|--------|-------|--------|-----------|----------|----------|-------|
| HH m³/hab/año | 2 483 | 2 049 | 1 858 | 1 381 | 1 317 | 812 | 734 | 702 |
| Lugar | 1 | 17 | 25 | 63 | 71 | 130 | 138 | 140 |

A manera de ilustración, la Republica Popular del Congo presenta un IcD mayor que 10 000 m³ por habitante y por año y por otra parte, su Huella Hídrica es de 734 m³ por habitante y por año, ocupando el lugar 138 de un total de 147 países. Por el IEH se colocaría entre los países que no tienen o tienen un bajo estrés hídrico. La situación es que su riqueza hídrica es grande, pero la disponibilidad creada en función del desarrollo y del incremento de la calidad de vida de la población está muy limitada, mas allá de otros factores relacionados.

Aplicando el Indicador de Estrés Hídrico para el caso cubano, considerando un volumen medio anual de empleo doméstico de agua cercano a 7 Km³ por año y considerando, tanto los recursos potenciales, como aprovechables y disponibles, se alcanzan los valores expuestos en la Tabla 7. Es conveniente recalcar que en la literatura internacional sobre este tema, son los recursos renovables totales de agua, los que se emplean para las evaluaciones y comparaciones respectivas.

Tabla 7. Estrés Hídrico (IEH) Cuba

| CUBA | Uso medio anual de Agua | RH Potenciales | RH Aprovechables | RH Disponibles |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Km³ | 7,0 | 38,1 | 24,0 | 13,68 |
| IEH | ---- | 0,18 (Bajo Estrés) | 0,29 (Estrés Medio) | 0,51 (Alto Estrés) |

El valor del IEH oscila, a partir de su clasificación expuesta en la Tabla 2, de Bajo, respecto a los potenciales – de referencia internacional -, transitando por Estrés Medio respecto al total de aprovechables - posiblemente el que refleje mejor la realidad - y Alto Estrés respecto a los disponibles.

El valor de 51 %, (Alto Estrés) coincide con el 50 % de Escasez de Agua por la vía de la Huella Hídrica, lo que contribuye a explicar la necesidad de resolver mediante nuevas inversiones, las carencias relativas de agua aún existentes en el país. Respecto a los recursos aprovechables cubanos, se alcanza un IEH del 29 % (Estrés Medio), que también justificaría las nuevas inversiones (EA = 80 %).

Las acciones que se vienen decidiendo por el Gobierno cubano y ejecutándose por las instituciones especializadas relativas a nuevas inversiones vinculadas a la rehabilitación de redes en la capital del país y capitales provinciales (La Habana, Camaguey, Las Tunas, Santiago de Cuba, Holguín), la construcción y completamiento de acueductos, obras de saneamiento y otras, se enmarcan en las medidas para alcanzar una mayor eficiencia en el empleo del agua doméstica y con ello, elevar de manera relativa sus disponibilidades reales, todo lo cual contribuiría a disminuir el valor de la Huella Hídrica de Cuba.

V. Comentarios Finales

El análisis preliminar del empleo de los indicadores globales aquí descritos, para evaluar el uso sostenible del recurso en Cuba, nos permite sustentar que:

1. Una aproximación de las fortalezas y debilidades relativas de los Indicadores empleados, aparecen resumidas en la Tabla 8 siguiente:

Tabla 8. Cuadro Resumen de Indicadores (IcD, HH y AV, IEH)

| Indicador | Fortalezas | Debilidades |
|--|---|---|
| Indicador clásico de Disponibilidad (IcD) | Orientado eminentemente a evaluar los recursos hídricos naturales del país. | No incluye usos, ni factores antrópicos. Su utilidad es principalmente descriptiva respecto a la riqueza natural del recurso. |
| Huella Hídrica y Agua Virtual (HH y AV) | Incluye factores antrópicos, tales como volumen y uso de las aguas y su eficiencia, patrones de consumo, comercio entre países y condiciones naturales. | Mayor necesidad de datos e informaciones para su evaluación. Proceso de cálculo más complejo. |
| Indicador de Estrés Hídrico (IEH) | Incluye volumen y uso de las aguas y condiciones climáticas. Estimula el aumento de las disponibilidades. | No considera elementos de eficiencia en su uso, ni patrones de consumo. |

2. Al Archipiélago cubano lo caracterizan limitados recursos renovables de agua a partir de las precipitaciones ($LmH = 1\,335\text{ mm}$ y $24,0\text{ km}^3$ de recursos hídricos aprovechables, $IcD = 1\,220\text{ m}^3/\text{hab}/a$ – respecto a los disponibles e $IcD = 2\,140\text{ m}^3/\text{hab}/a$ – respecto a los aprovechables), con carencias relativas del recurso ($EA = 50\%$, $IEH = 51\%$ ó $EA = 80\%$, $IEH = 29\%$; $4,4\%$ de la población cubana sin cobertura de agua potable.), aún teniendo en cuenta su importante desarrollo hidráulico (disponibilidad del 57% de sus recursos aprovechables, a partir de la infraestructura hidráulica creada) y a su vez, un alto valor relativo de su Huella Hídrica ($HH = 1\,712\text{ m}^3/\text{hab}/a$), que indica una correspondencia con la intensidad de las intervenciones sobre el recurso (lugar 30 de un total de 147 países), todo ello en función de contribuir al desarrollo sostenible del país. Tiene reservas significativas de acciones a ejecutar para elevar sus disponibilidades relativas de agua, por la vía de aumentar la eficiencia en el uso para riego (60% del total) y en el abastecimiento de la población, el fortalecimiento de la educación ambiental para el uso sostenible del agua, trayendo como consecuencia, además, una disminución de su valor.

Otros comentarios adicionales son:

1. De partida, no parece ser aconsejable emplear únicamente el resultado de los Indicadores clásicos de Disponibilidad y de Estrés Hídrico, para evaluar la sostenibilidad del recurso agua, dado que ofrecen solo una visión limitada del problema, llegando inclusive a favorecer interpretaciones orientadas a la continua ejecución de acciones para elevar sus disponibilidades reales para su uso en el riego, población e industria y con ello, mayores intervenciones no necesariamente justificadas sobre el recurso hídrico nacional.
2. Parece aconsejable y conveniente, seguir profundizando en el empleo de los indicadores Huella Hídrica y Agua Virtual aplicados al caso cubano, incorporando datos e informaciones un tanto más cercanas a nuestras propias evaluaciones y análisis sobre los problemas de la disponibilidad de agua en el país. Sus resultados y aproximaciones preliminares así lo demuestra.
3. Teniendo en cuenta las ventajas relativas del empleo de la Huella Hídrica y del Agua Virtual, ya apuntadas con anterioridad, se pudieran realizar también los siguientes comentarios:
 - a. El alto valor relativo de la Huella Hídrica de Cuba – puesto mundial número 30 (de 147 países) - está directamente relacionado con el desarrollo hidráulico cubano, que ha llegado hasta estos momentos, como se conoce, a la creación de una infraestructura hidráulica que permite utilizar aproximadamente el 57 % de sus recursos aprovechables. De inicio, esta interpretación está más cercana a la realidad, cuando se contrapone al camino apuntado por el empleo de los Indicadores clásicos de Disponibilidad y de Estrés Hídrico, donde, aún considerando que todos los recursos hídricos potenciales fuesen recursos hidráulicos disponibles, no rebasaríamos los 5 000 m³ por habitante y por año, clasificación de Bajo, como puede verse en la Tabla 3. Respecto al Estrés Hídrico, la clasificación es de Estrés Medio y solo en el supuesto de considerar que el total de los potenciales estuvieran disponibles, su valor puede clasificarse de Bajo Estrés, como puede verse en la Tabla 7.
 - b. Al alto valor relativo de la Huella Hídrica de Cuba contribuye directamente además, el factor climático y el comportamiento de las precipitaciones, dado los altos valores de evaporación y evapotranspiración, por ser un país tropical.

- c. De igual manera, otro factor que hace que la Huella Hídrica de Cuba sea relativamente alta, es el hecho de que el riego consume aproximadamente el 60 % del total del volumen de agua usada en el país (alrededor del 18 % de los recursos aprovechables y 31 % respecto a los disponibles) y que esto se hace sin la generalización de tecnologías eficientes.

Se hará necesario disminuir las cantidades de agua empleadas en la agricultura, sobre la base de elevar la eficiencia en la conducción y uso del agua en los sistemas de riego y la estimulación del reuso de las aguas con este fin, para disminuir los valores de este indicador.

- d. En términos cuantitativos las cifras de agua destinada al consumo de la población son inferiores a las de riego, pero su actual uso ineficiente también contribuye al alto valor de la Huella Hídrica del país, por lo que elevar la eficiencia en su uso, es también una acción para disminuirlo

Bibliografía

- WRI (1986). World Resources 1986. An Assessment of the Resource Base that supports the Global Economy. WRI.Washington D.C. Basic Books Inc. NY. 353 p.
- WRI (1987). World Resources 1986. An Assessment of the Resource Base that supports the Global Economy. WRI.Washington D.C. Basic Books Inc. NY. 379 p.
- J.A. Allan (1993). Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydrological futures would be impossible. En: Priorities for water resources allocation and management- ODA, London, pp 13 – 26.
- J.A. Allan (1994). Overall perspectives on countries and regions. En: Rogers P. y Lydon P (editores). Water in the Arab World: perspective and prognoses.
- A.K. Chapagain y A.Y. Hoekstra (2004). UNESCO -IHE. Water footprints for nations. Vol. 1. Main Report. Research Report Series No. 16. November 2004.
- A.Y. Hoekstra y A.K. Chapagain 2007. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Manage. (2007)21:35 – 48. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 00 65 – 100.
- WHO, PNUMA 1988. Global Environment Monitoring System. Assessment of Fresh Water Quality. MARC, London.
- Shiklomanov, I.A. (1997) Valoración de los recursos hídricos y disponibilidad del agua en el Mundo. OMM, PNUMA, IMA Estocolmo.
- Shiklomanov I.A. (2000) Appraisal and assessment of world water resources. Water International
- Water: Trends and Facts. World Business Council for Sustainable

Development (WBCSD). August 2006. ISBN 2 – 940240-70-125 (1): 11 – 32.

- Grupo Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. GEARH – INRH. PUBLICITUR 2002.
- Voluntad Hidráulica (2002), Año 40, Edición Especial.
- Indicador de Estrés Hídrico. <http://www.watercouncil.org/>
- <http://www.waterfootprint.org/> (University of Twente y UNESCO – IHP, 2007).