

EPÍGRAFE 5.7. MANEJO DEL AGUA

La variabilidad climática de cualquier territorio determina la magnitud de sus recursos hídricos, al margen de la fuente involucrada. Para el ser humano, además de la cantidad de agua dulce disponible, también es importante su calidad, accesibilidad y utilización. Precisamente esta sección aborda el “Manejo del agua” en la superficie del archipiélago cubano a partir de la información obtenida en distintas publicaciones de instituciones cubanas y el procesamiento estadístico hidrológico y espacial de la data especialmente recopilada.

El desarrollo de los mapas presentados en esta sección comienza por la cantidad de agua dulce, es decir, los recursos hídricos totales en el territorio cubano (agua contenida en los cuerpos de agua y en los acuíferos). Según cálculos realizados utilizando los datos de 628 cuencas hidrográficas se ha obtenido un volumen de agua de 32 mil hm³ como promedio anual, cifra a tener en cuenta en los cálculos que se realicen para lograr una utilización racional de los recursos hídricos.

Desde mediados de la década de los 60` del pasado siglo XX, se llevó a cabo un amplio desarrollo de construcciones hidráulicas en el país, lo cual ha permitido contar en la actualidad con más de 9 mil hm³ de capacidad de embalse y poder satisfacer las demandas de la población, agricultura, turismo y otros usuarios y, al mismo tiempo, disponer del agua durante el período menos lluvioso (noviembre-abril), así como regular las crecidas producidas por las intensas y extremas lluvias, cumpliendo de esta forma con el principio de “*ni una gota de agua al mar*”.

Otro aspecto importante es la distribución espacial de los embalses en operación. Anegar tierras fértiles con el área del espejo de los embalses crea una contradicción muy difícil de resolver, tener agua o tierras para la agricultura, pero las características fisiográficas e hidrográficas del territorio obligaron a tomar decisiones, debido a que la mayoría de los ríos corren desde el parteaguas central hacia el Norte y Sur, exceptuando el Cuyaguajete, Cauto y Toa, vertiendo sustanciales volúmenes en el mar. Aunque no se utilizaron todos datos de los embalses en el territorio cubano debido a la escala del mapa, la muestra tomada refleja la capacidad de agua embalsada con relación a la superficie provincial.

La presencia del agua en las distintas actividades inherentes al ser humano no solo está referida a su cantidad y utilización, no puede soslayarse la calidad, por ello se ha tomado uno de los parámetros que refleja esta característica: la cantidad de contaminante en los diferentes medios (suelos, agua, atmósfera) o liberada a los mismos en una unidad de tiempo. En este caso se ha tomado la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), publicada como Carga dispuesta anual para cada provincia y para las cuencas de interés nacional.

El tema más sensible es el acceso y consumo del agua potable por parte de la población, muy relacionado con la calidad de vida de los cubanos. Inicialmente es necesario considerar la fuente o el acceso al agua y, en segundo término, el proceso de evacuación de las aguas residuales, es decir, la población con acceso al saneamiento. Para el territorio de los municipios del país, se ha representado la población con acceso al agua potable y la cobertura de saneamiento, considerando distintas modalidades, lo cual permite evaluar las posibilidades higiénicas de la población urbana y rural.

Se han construido 243 embalses y cientos pequeños (micro-presas) diseminados por todo el territorio, no obstante, al observar un mapa isoyético se aprecian zonas donde precipita poco

y otras donde las lluvias alcanzan valores por encima del valor medio anual. Se sabe que la única fuente de alimentación hídrica existente en Cuba son las precipitaciones pluviales, es decir, el desarrollo socioeconómico, agrícola, industrial, etc., depende de este parámetro climático, por esta razón durante décadas se ha pensado trasvasar agua desde cuencas hídricamente abundantes hacia otras con menos recursos hídricos. No fue posible incluir esquemas de todos los trasvases, los proyectados, construidos o algunos recuperados debido a la escasez de información, pero la muestra presentada da una idea del extraordinario esfuerzo y la fuerte inversión dedicada a "distribuir" el agua en forma racional y efectiva, velando siempre por no alterar las características ambientales de los territorios involucrados.

Agua dulce

Se presenta el resultado obtenido después de calcular el volumen de esorrentía para 628 cuencas hidrográficas espacialmente ubicadas en dos grandes regiones hidrológicas (Occidental/Central y Oriental). La fuente utilizada está centrada en un estudio donde se han calculado los volúmenes de esorrentía con datos confiables de las precipitaciones medias anuales mediante la aplicación de una metodología especialmente deducida para las condiciones del archipiélago cubano, dada la escasez de series hidrológicas suficientemente largas.

Este trabajo es un breve aporte a la preocupación de muchos especialistas por conocer si realmente el valor promedio de los recursos hídricos de Cuba ha aumentado o disminuido, de acuerdo a los resultados de las observaciones pluviométricas y los procesos de sequía que ha sufrido el país en los últimos lustros. Detalles de la metodología utilizada puede consultarte en el artículo "*Evaluación de los recursos hídricos de Cuba*", Instituto de Geografía Tropical, (<http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1675>). Se incluye también la representación del módulo de escurrimiento (caudal específico), expresado en L/s.km², o sea, la cantidad de agua que escurre en una cuenca hidrográfica desde cada km², en un segundo. Esta variable hidrológica permite hacer comparaciones entre distintas corrientes fluviales y su aplicación práctica es determinar las magnitudes de los caudales, volúmenes y/o láminas de esorrentía con solo conocer el área hidrográfica de una cuenca para un cierre previamente seleccionado.

El "agua dulce", contenida en fuentes superficiales y acuíferos, es el agua en estado natural en ríos, lagos, arroyos, pantanos, humedales y bajo la superficie terrestre, como agua subterránea en los acuíferos, donde tiene poca concentración de sales disueltas y de sólidos disueltos totales (sustancias inorgánicas y orgánicas mezcladas).

Según definiciones del Glosario Hidrológico Internacional, los recursos hídricos son los "**disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un periodo de tiempo dados, apropiados para satisfacer una demanda identificable**", mientras, el recurso de agua subterránea, "**es el volumen de agua almacenado en un acuífero disponible para su utilización**" (UNESCO, 2012). Partiendo de estos importantes conceptos, es conocido y aplicable el método del "balance hídrico", basado en el estudio de sus seis componentes, el cual permite evaluar los procesos involucrados en el ciclo hidrológico por medio de un sistema de ecuaciones:

$$P = R + E \quad (1); \quad R = S + U \quad (2); \quad W = P - S = U + E \quad (3)$$

Las ecuaciones expresan la relación entre la precipitación (**P**), el escurrimiento fluvial total (**R**) y sus componentes genéticos superficial (**S**) y subterráneo (**U**), la evapotranspiración (**E**) y la humedad total del territorio (**W**), todos expresados en láminas medias anuales (mm). La

componente subterránea (**U**) es la escurrentía también llamado "escurrimiento base", o sea, la alimentación subterránea de los ríos y su interacción con distintos niveles freáticos, expresado, según el citado Glosario, como el "**caudal que se incorpora a una corriente de agua, procedente principalmente de aguas subterráneas**". Por otra parte, el "acuífero" es una "**formación geológica permeable capaz de almacenar, transmitir y proporcionar cantidades aprovechables de agua**", comúnmente denominado "aguas subterráneas".

El procesamiento hidrológico realizado para 628 cuencas hidrográficas del archipiélago cubano y la determinación de los volúmenes de escurrimiento total, utilizando la información disponible, añadidos al volumen del agua subterránea (acuíferos), muestra un volumen total de recursos hídricos de 32 000 hm³ (www.publicaciones.ipgh.org/rge/rge157.pdf).

Resultado del procesamiento de 628 cuencas hidrográficas

| Región | Cantidad de Cuencas | A (km ²) | Pm (mm) | Hm (m.s.n.m.) | Wo (hm ³) |
|---|---------------------|----------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| <i>Cuencas mayores de 10 km² (corrientes permanentes)</i> | | | | | |
| Occ./Central | 345 | 52 656 | 1 406 | 61 | 16 797 |
| Oriental | 161 | 27 046 | 1 468 | 227 | 8 512 |
| Subtotal | 506 | 79 702 | - | - | 25 309 |
| <i>Cuencas entre 5 y 10 km² (corrientes intermitentes)</i> | | | | | |
| Occ./Central | 55 | 390 | 1 313 | 36 | 74 |
| Oriental | 67 | 493 | 1 230 | 174 | 92 |
| Subtotal | 122 | 883 | - | - | 166 |
| TOTAL | 628 | 80 585 | 1 395* | 114* | 25 475 |

*Promedio aritmético para todas las cuencas hidrográficas.

A: área de la cuenca;

Hm: altura media de la cuenca;

Pm: precipitación media anual;

Wo: volumen de escurrimiento medio anual.

Recursos hídricos de Cuba

| | Wo (hm ³) | % |
|------------------------------|-----------------------|--------------|
| Escurrimiento total (S+U) | 25 475 | 79.8 |
| Agua subterránea (acuíferos) | 6 450 | 20.2 |
| Total | 31 925 | 100.0 |

Agua embalsada

Cuba cuenta con 987 embalses, con una capacidad total de 9 661.85 hm³, almacenándose 95.4 %, del total nacional, en 243 embalses y el restante 4,6 % en 744 pequeños embalses. Entre la totalidad de embalses del país, existen 21 con capacidad superior a los 100 hm³, los cuales almacenan 53 % de la capacidad total. Entre ellos, el Zaza, con un volumen total de 1020 hm³, es el mayor del archipiélago cubano. Para la conducción y entrega del agua desde las fuentes hasta los sistemas de entrega de los usuarios, se manejan 61 derivadoras, 20 grandes estaciones de bombeo y 791.2 km de canales, divididos en 635.8 km de canales magistrales, 91.7 km de trasvase y 63.7 km de otros canales (Gestión integrada del agua, INRH, <http://www.hidro.cu>).

Los Boletines Hidrológicos, publicados en el sitio Cubagua (<http://www.hidro.cu>) han sido la fuente utilizada para procesar y presentar los resultados relacionados con el agua contenida en 243 presas (Boletines mensuales del periodo 2004-2016). La tabla muestra los volúmenes

correspondientes a la capacidad total de embalse (**Wt**) en cada provincia, expresados en hm^3 , desglosados en volumen muerto (**Wm**) y volumen útil (**Wu**), recordando que $Wt = Wm + Wu$. Por otra parte, el gráfico representa la relación entre la cantidad de precipitación mensual de cada año y el porcentaje del volumen actual con respecto al volumen total, es decir, el estado mensual de llenado de cada embalse durante el periodo señalado. Aunque en este gráfico no se ha considerado las extracciones de agua para distintos usos, se aprecia el importante papel que juegan las precipitaciones pluviales en la alimentación de los cuerpos de agua.

Área de espejo de embalses

Esta representación espacial, después de procesar los datos de los Boletines Hidrológicos del periodo 2004-2016 Cubagua (<http://www.hidro.cu>), contiene información significativa, desde el punto de vista de las capacidades de almacenamiento de los embalses, casi 40 % de ellos tienen volúmenes superiores a 20 hm^3 , pero la mitad almacenan menos de 10 hm^3 . En cuanto a la capacidad de embalse con relación a la superficie de las provincias, es interesante observar la presencia de acuíferos subterráneos y, por tanto, los menores porcentajes para las provincias de Matanzas y Ciego de Ávila. Las áreas de los espejos de agua de los embalses constituyen un elemento evaluador de la relación entre el agua y las tierras cultivables. El mapa se ha elaborado tomando la información contenida de los cuerpos de agua en la base de datos del mapa a escala 1:1000 000, obviamente muy alejado de la realidad, pero considerando la superficie total de Cuba, menos de 1% de su territorio se encuentra anegado por los espejos de los embalses.

Carga contaminante

Los datos relacionados con la carga contaminante, expresada en $\text{ton DBO}_5/\text{año}$, se han obtenido de la información publicada en el sitio <http://www.one.cu>, recopilada para el periodo 1999-2015 para todas las provincias, el municipio especial Isla de la Juventud y las cuencas hidrográficas de interés nacional. La distribución espacial de la carga contaminante muestra a las provincias de La Habana (23 035) y Matanzas (19 567) con los mayores valores de $\text{ton DBO}_5/\text{año}$, mientras Guantánamo y el municipio especial Isla de la Juventud presentan los valores mínimos, 6 823 y 3 208 $\text{ton DBO}_5/\text{año}$, respectivamente. Sobre la marcha anual de la carga contaminante en algunas provincias para el periodo 1999-2015, se aprecia una tendencia a la disminución de este parámetro en la mayoría de las provincias tomadas como ejemplo. Sin embargo, llama la atención el brusco descenso de la carga de la provincia de La Habana en el año 2012, cuando alcanzó un valor de 8 101 $\text{ton/DBO}_5/\text{año}$. Por último, la carga contaminante en las cuencas de interés nacional refleja la influencia de origen antrópico (Cauto) y el rol filtrante de la vegetación (Toa).

Cobertura de agua potable y saneamiento

La información para elaborar este mapa ha sido tomada del sitio oficial de la Oficina Nacional de Estadística e Información (<http://www.onei.cu>). En los anuarios de la ONEI aparece el porcentaje de la población, no obstante, para representar un escenario más comprensible y evaluativo se han procesado los datos, expresándolos en "cantidad de habitantes", resumidos en municipios y provincias. El mapa contiene la distribución de la población en todas las provincias y en el municipio especial Isla de la Juventud. En el gráfico de barras se ha incluido la población con acceso a agua potable, señalando si es urbana y rural, haciendo hincapié en la modalidad de acceso a la fuente. Se aprecian las buenas condiciones existentes en la población cubana, donde una pequeña minoría utiliza el servicio público, es decir, el agua se

entrega por carros cisternas y los usuarios tienen que acarrear el agua dentro y fuera del domicilio. Fácil acceso, requiere buscar agua hasta distancias de 300 metros. La condición más eficiente es la conexión domiciliaria, mediante las redes de distribución del agua potable. Con relación a la cobertura de saneamiento, el gráfico de barra expresa la cantidad de habitantes que reciben el servicio, tanto en las zonas urbanas como en las rurales, señalando las distintas formas del acceso, tales como alcantarillado, fosas, letrinas y sin acceso al saneamiento.

Trasvases

El trasvase entre cuencas, desde el punto de vista conceptual, consiste en el traslado físico del agua desde una cuenca hidrográfica a otra, representa una "intervención en la naturaleza" en ocasiones no exenta de "conflictos" de diversa índole, que deben ser resueltos con previsión e inteligencia.

Dada la novedad e importancia del tema en Cuba existen varios trasvases proyectados (algunos parcial o totalmente construidos, también recuperados), pero no ha sido posible incluirlos todos debido a la falta de información detallada. En esta sección sobre el Manejo del Agua, solo se expondrán los esquemas con breves descripciones, sin abordar las ventajas e inconvenientes de los trasvases desde una cuenca hidrográfica con abundantes precipitaciones y escorrentía, hacia otra con escasez hídrica, tema muy tratado en foros científicos internacionales. Se ha incluido el isoyético medio anual (Rodríguez, F. et al., 2005: "Estudio pluvial de Cuba. Periodo principal 1961-2000", INRH), como fondo cualitativo para presentar los siguientes trasvases:

1. Jaruco - La Coca;
2. Matanzas - Mayabeque;
3. Centro - Este;
4. Este - Oeste;
5. Norte - Sur (Toa - Yateras - Guaso);
6. Sabanalamar - Pozo Azul.

Jaruco - La Coca: Una conductora de unos 10 km de longitud, permite llevar el agua desde el embalse Jaruco (capacidad total de 28.1 hm³), en la provincia de Mayabeque, hasta el embalse La Coca (capacidad total 11.7 hm³), ubicado hacia el Oeste, en la provincia de La Habana.

Este trasvase juega un papel importante para mantener el abasto de los volúmenes de agua a 60 000 - 70 000 clientes de la capital del país durante los años de fuerte sequía, como la ocurrida en el periodo 2015-2016.

Matanzas - Mayabeque: El Trasvase Matanzas-Mayabeque, parte del río San Juan (el cual desemboca en la bahía de la ciudad de Matanzas), al que anualmente se le deben extraer 65 hm³ de agua, que es impulsada hacia la estación de bombeo N° 2 y luego hacia la N° 3. A partir de esta última se distribuye por una canal hasta los arroyos Americano y Culebra, donde el agua fluye hacia la derivadora "Pedroso". Posteriormente, el agua llega, por un lado, hasta la Comunidad de Regantes, del municipio de Güines y, por otro lado, sigue a través de la derivadora "Pedroso-Güira" hacia los campos de cultivo del municipio Güira de Melena. De

esta forma el agua se conduce mediante 104 km de canales desde la provincia de Matanzas hasta la provincia de Mayabeque.

La obra posibilitará cubrir el déficit del embalse "Mampostón" y facilitará, además, la recarga de la cuenca subterránea Aguacate, que abastece al acueducto "El Gato", uno de los principales suministradores de agua a la provincia de La Habana.

Trasvase Centro - Este: Parte de la presa Agabama, en las estribaciones de la sierra del Escambray, al sur de la provincia de Sancti Spíritus, conectándose con la presa Zaza (capacidad 1020 hm³). Desde aquí, mediante canales, se trasvasará agua hasta la presa Muñoz al sur de la ciudad de Camagüey, después de atravesar la provincia de Ciego de Ávila en su porción meridional. En este trasvase, además de las citadas presas, están conectadas las de Lebrije, La Felicidad, Dignora y la derivadora El Patio, con el objetivo de alimentar el canal, dependiendo de la disponibilidad de agua en esos embalses.

Esta obra, actualmente en desarrollo, contempla la reconstrucción del canal magistral Zaza, con cuatro décadas de explotación, para poder aprovechar el agua del embalse, que actualmente presenta pérdidas por la falta de eficiencia del mencionado canal.

Trasvase Este - Oeste: La construcción de este trasvase contempla un conjunto de grandes y pequeños embalses, túneles, canales magistrales y sistemas de riego, con el propósito de solucionar el abasto de agua en el oeste de la provincia de Holguín y en el norte de Las Tunas.

El trasvase comienza en el río Sagua de Tánamo, en la presa del mismo nombre, a unos 37 km de la desembocadura del río en el Atlántico y a 15 km del pueblo de Sagua de Tánamo. En su recorrido hacia el Oeste, el primer tramo cruza los ríos Miguel, Grande, Cabónico, Téneme, Levisa y Arroyo Blanco y, mediante túneles, llega a la presa Mayarí, a 13 km al sur del poblado homónimo. A partir de la presa Mayarí, continúa su recorrido hacia el Oeste, también mediante túneles y canales, hasta verter sus aguas en la presa "Sabanilla", construida a 12 km aguas arriba de la presa "Nipe", cerca del poblado de Marcané.

Es precisamente la presa Sabanilla la reguladora de las entregas de agua para distintos destinos; desde esta presa, en dirección Norte, el proyecto contempla el canal "Sabanilla-Banes", atravesando el área cañera de complejos agroindustriales, pasando a un km al Oeste de Cueto y a 1.5 y 3.5 km, al Este de Báguano y Tacajó, respectivamente, beneficiando áreas cañeras y no cañeras superiores a 26 000 ha.

También desde la presa Sabanilla, pero con rumbo Este, el proyecto del trasvase continua con el canal "Sabanilla-San Andrés" con una longitud de más de 100 km, para el beneficio de la agricultura cañera y no cañera, así como para el abasto de agua a la población de Holguín y para la entrega de agua al Norte de la provincia de Las Tunas. El canal "Sabanilla-San Andrés" pasa a 1 km al Norte del poblado de San Germán, así como a 3 km al Norte del aeropuerto de Holguín hasta llegar a la cuenca de la presa "San Andrés", luego de cruzar la carretera Holguín-Tunas, al Oeste de la capital provincial.

A partir de la presa "Sabanilla", hacia el Sur, está considerado entregar agua a la presa "Bío" a través de combinaciones de tramos de túneles y canales que lleguen a esta presa, y desde aquí conectarse con los canales "Bío-Cauto" y "Bío-La Rioja", beneficiando más de 45 000 ha del macizo cañero "Urbano-Cristino-Maceo".

Trasvase Norte - Sur (Toa-Yateras-Guaso): Para llevar el agua desde el río Toa hasta el valle de Guantánamo se concibió una derivadora en este río y un túnel de 17 km hasta

desaguar en el río Yateras y alimentar el embalse del mismo nombre. Desde esta presa, el agua se trasvasará al río Guaso a través de canales y de un túnel de 3.5 km para atravesar la sierra del Maguey, conformando un sistema que moverá un total de 192 hm³, de ellos, 80 del río Yateras y 112 del Toa, beneficiando principalmente a los pobladores de la ciudad de Guantánamo. Este trasvase se justifica por las características de aguda escasez hídrica de la provincia de Guantánamo, que ha sufrido periodos de sequía en los últimos años y, además, posibilitará mejorar la disponibilidad de agua para el regadío y el abasto a la población. Por ello se ha incorporado en el sistema, tal y como puede apreciarse en el esquema, los embalses "Faustino Pérez" y "La Clotilde", de capacidades de almacenamiento 26.0 y 6.10 hm³, respectivamente.

Sabanalamar - Pozo Azul: Este sistema se enmarca también en Norte - Sur, en la provincia de Guantánamo y aunque su representación espacial es la más sencilla, precisa de una compleja construcción y tiene una importancia económica trascendental, pues permite triplicar las áreas de riego del Valle de Caujerí, eliminando el bombeo, que consume un enorme gasto de electricidad anualmente. Para ello, se ha concebido la ejecución de una derivadora en un cierre del río Sabanalamar, y desde ésta última, el trasvase 400 - 500 l/s hasta el embalse Pozo Azul, que se ve alimentado insuficientemente por el río homónimo, debido a las fuertes sequías y su régimen intermitente. Desde el embalse Pozo azul, el agua será entregada a todo el valle por gravedad, por tanto, no es necesario gasto económico alguno. La construcción requiere atravesar una elevación intermedia de 439 m de cota, con dos túneles de una longitud total de 1887 m, con piso en la cota 232 m y el techo en la cota 236 m, atravesando complicadas estructuras geológicas. En el esquema se ha incluido las curvas de nivel cada 20 metros para que se tenga una idea del trabajo ingenieril requerido y las características constructivas de la obra.