

# RECURSOS HÍDRICOS

# VII

El agua es un recurso natural que tiene extraordinaria significación para el desarrollo de cualquier país, sin embargo, este recurso, aunque renovable, de mandado en cantidades cada día más crecientes para el desarrollo de la industria, la agricultura y los núcleos urbanos, es escaso, ya que sus condiciones naturales de formación y distribución no siempre resultan homogéneas ni en tiempo ni en espacio.

La posición latitudinal y la configuración de Cuba, alargada y estrecha, condicionan determinadas peculiaridades en la disposición de su red fluvial, distinguiéndose un parage principal, situado al centro y a todo lo largo del territorio, que lo divide en dos vertientes, la Norte y la Sur; esto hace que los ríos tengan sus fuentes hacia el centro del país y casi todos corren de Sur a Norte o de Norte a Sur, según estén situados en una u otra vertiente.

Igualmente condicionan que la longitud de los ríos y el área de sus cuencas, en el 85 por 100 de los casos, sea inferior a los 40 km y 200 km<sup>2</sup>, respectivamente.

La red fluvial presenta, además, características determinadas por la influencia de los diferentes factores físico-geográficos, tales como las precipitaciones, las condiciones geomorfológicas y geológicas, la cubierta vegetal, las propiedades hidrofísicas de los suelos. Entre ellos, uno de los más importantes es la precipitación.

Los valores máximos de precipitación anual y el relieve abrupto de los sistemas montañosos dan lugar a un desarrollo apreciable de la red fluvial excepto en las áreas de relieve cónico, donde su densidad es menor debido a la infiltración de las aguas. En las zonas llanas, con menor precipitación y relieve menos abrupto, los valores de la densidad de drenaje disminuyen, principalmente en los territorios de casco semiendunado (lanuras de La Habana-Matananzas y Júcaro-Morón) y de casco desnudo (lanuras de Guanahacabibes, sur de Isla de la Juventud y Zapata), donde es escaso o no existe.

En gran parte de la periferia de la isla de Cuba la existencia de extensas llanuras transgresivas carbonatadas e intensamente calcificadas, y el desarrollo en ellas de acuíferos abiertos al mar, provoca la pérdida de grandes volúmenes de agua dulce en forma de escurrimiento subterráneo directo al mar, fenómeno éste aún no bien estudiado ni cuantificado.

Las zonas bajas y pantanosas se localizan hacia las costas, presentando anchos variables que no exceden unos cuantos kilómetros y su alimentación proviene no sólo de las precipitaciones y los ríos que en ella desembocan, sino también del escurrimiento subterráneo de las zonas alejadas. En las ciénagas se produce una alta evapotranspiración, debido al empañamiento de las aguas, y el escurrimiento tiene lugar superficialmente, a través de canales y en forma subterránea. Las principales ciénagas son las de Zapata, Lanier y Bixama.

En Cuba todos los procesos asociados al escurrimiento fluvial, sus componentes genéticos, su variabilidad y el escurrimiento sólo están determinados por una sola fuente de alimentación: la precipitación. Esta generalmente cae en cualquier época del año, pero, durante los meses de mayo a octubre (período lluvioso) suele registrarse alrededor del 80 por 100 de la lluvia de precipitación anual, mientras que en el período comprendido entre noviembre y abril (período menos lluvioso) precipita el resto. Asimismo su variabilidad en el tiempo muestra una alternancia de períodos lluviosos y menos lluviosos en el transcurso de muchos años de observaciones, lo que da lugar a prolongadas e intensas sequías y períodos de elevada actividad pluvial, comportamiento éste que influye sensiblemente sobre la formación de los recursos hídricos y en el manejo del agua en el país.

La lluvia de precipitación media anual del territorio nacional ha sido calculada en 1 375 mm, sin embargo, la distribución espacial de esta lluvia no es homogénea, ya que en algunas zonas precipitan anualmente más de 3 000 mm y en otras apenas alcanzan los 600 mm.

Los períodos de ocurrencia de las lluvias también determinan el régimen hídrico de los ríos, esto da lugar a que en el período lluvioso se produzcan las mayores crecidas y en el período menos lluvioso los ríos disminuyen notablemente sus gastos, llegando a secarse alguno de ellos, y la alimentación es básicamente subterránea. Así vemos que los ríos en el Mayabeque y el Cañes presentan gastos casi estables durante todo el año, debido a la alimentación subterránea que reciben de la cuenca hidrogeológica Júcaro-Aguacate, y otros por encontrarse en zonas cónicas sólo corren durante y poco después del período lluvioso, producto de la infiltración de sus aguas. Igualmente existen ríos que por el abrupto relieve donde se encuentran (vertiente sur de la Sierra Maestra) corren sólo cuando llueve y en forma de rápida avenida.

Debido a la configuración de la red fluvial y a las características del régimen hídrico del país, millones de metros cúbicos de agua se vierten de forma directa al mar, provocando un déficit de humedad en el territorio y una disminución de las reservas de agua, principalmente en el período menos lluvioso.

Un aprovechamiento útil y racional de los recursos hídricos requiere un amplio conocimiento de las características hídricas del territorio, lo cual sólo es posible mediante la creación de redes de observación sistemática durante un largo período.

Al triunfo de la Revolución, en Cuba se existía una estación hidrográfica, por lo que se inició, a partir de 1960, la organización de una red de observación hidrográfica destinada, fundamentalmente, a recopilar la información necesaria para argumentar la construcción de embalses y complejos hidráulicos para satisfacer los volúmenes de agua requeridos en el desarrollo socioeconómico del país, lo que ocasionó que muchas de estas estaciones se desactivaran al concluirse las obras.

Actualmente existen 70 estaciones hidrográficas cubiertas principalmente en

zonas premontañosas; además, en los últimos años se ha creado una red de 217 puntos hidrográficos secundarios con probabilidad de ser aumentados, con el objetivo de mostrar las diferentes condiciones físico-geográficas.

El objetivo de esta sección es mostrar, sobre la base de la información existente, algunas características hidrográficas del territorio, el uso de los recursos hídricos, las afectaciones que de este uso se derivan y las medidas globales necesarias para su mejor aprovechamiento. Por ello resulta imprescindible, para un manejo adecuado de los recursos disponibles, la realización del balance hídrico del país. Para lograrlo se empleó el método basado en el estudio de seis componentes que permitan evaluar los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico por medio del sistema de fórmulas siguientes:

$$P=R+E, \quad R=S+U, \quad W=P-S+U+E$$

que expresan la relación entre la precipitación (P), el escurrimiento fluvial (R) y sus componentes genéticos (S) y subterráneo (U), la evapotranspiración (E) y la humedad total del territorio (W), todos dados en láminas medias anuales.

El escurrimiento fluvial presenta como tendencia un aumento desde las costas hacia el interior y con la altura de la cuenca, en dependencia directa del aumento de las precipitaciones. Esto provoca que sus mayores valores anuales se localicen en las zonas montañosas: Guaniguanico 1 400 mm, Guamañá 1 000 mm, Sierra Maestra 1 000 mm, y Nipe-Sagua-Baracoa 1 400 mm; y los menores hacia las costas, y en aquellas zonas donde los sistemas orográficos proyectan su sombra de lluvia: lanura del Cauto 100 mm, lanura de Guantánamo y la zona llana de la vertiente meridional de las montañas de Baracoa 10 mm.

Las regiones Occidental y Central presentan un escurrimiento fluvial más uniforme y mejor distribuido que las restantes; está determinado por una mejor distribución anual y espacial de la precipitación, lo que produce un humedecimiento del territorio más estable y homogéneo. La región Camagüey-Manabán es la menos abundante en escurrimiento, en ella el valor máximo no sobrepasa los 400 mm, y se debe a los bajos niveles de precipitación provocados, en parte, por el relieve llano y ligeramente ondulado de la misma. La región Oriental presenta como característica más sobresaliente los mayores contrastes en el humedecimiento, determinado por las notables diferencias que existen en la distribución de las lluvias, lo que provoca que en la región existan zonas con pocos recursos de escurrimiento fluvial, como en las llanuras del Cauto y Nipe, con valores promediados cercanos a los 100 mm, y la lanura de Guantánamo, con un valor promedio inferior a los 100 mm, mientras que en las zonas montañosas los valores promediados del escurrimiento fluvial son de los mayores registrados en el país. La isla de la Juventud presenta en su parte norte un valor máximo superior a los 600 mm de escurrimiento fluvial, pero su distribución por el territorio es muy irregular, ya que en la zona sur no existe escurrimiento fluvial.

El escurrimiento fluvial, al igual que las precipitaciones, presenta variaciones en el territorio. Los valores mínimos del coeficiente de variación del escurrimiento fluvial (Cv) se producen en las zonas montañosas: Guaniguanico, Guamañá y Sierra Maestra (0,30) y Nipe-Sagua-Baracoa (0,25), donde las precipitaciones son más abundantes y estables; en cambio, en las zonas llanas, donde disminuyen las lluvias y su inestabilidad es más alta, el coeficiente de variación es mayor aumentando hacia las costas hasta llegar a valores máximos de 0,60.

La componente subterránea del escurrimiento fluvial constituye un elemento importante dentro del balance hídrico, ya que gracias a ella se cuenta con una entrada de agua garantizada a los embalses durante el período menos lluvioso. La distribución y el volumen de este componente del escurrimiento fluvial no sólo depende de las características de las precipitaciones, sino también de las propiedades hidrofísicas del suelo, así como de la acción conjunta de los demás factores físico-geográficos. En líneas generales su distribución, para todo el territorio, sigue los mismos patrones que el escurrimiento fluvial, localizándose sus mayores valores en las zonas montañosas de la Cordillera de Guaniguanico (400 mm), Guamañá y la Sierra Maestra (200 mm) y Nipe-Sagua-Baracoa (400 mm), y los valores mínimos en la lanura del Cauto (10 mm) y la lanura de Guantánamo y la zona llana de la vertiente sur de la Sierra de la Gran Piedra y las montañas de Baracoa (donde llegan solamente a unos 5-10 mm). Las variaciones en la distribución de este componente están dadas por las condiciones locales de los factores físico-geográficos antes mencionados: en la lanura de La Habana-Matananzas, donde las propiedades hidrofísicas de los suelos y la presencia del casco semicubierto favorecen la infiltración, los valores son muy altos (los mayores de todo el país para las zonas llanas, 200-400 mm). En términos generales el escurrimiento subterráneo alcanza un promedio del 20 por 100 del escurrimiento fluvial, llegando a niveles superiores sólo cuando las condiciones físico-geográficas así lo permiten, como el ejemplo anterior, que llega hasta un 70 por 100 del escurrimiento.

El escurrimiento superficial es el componente más inestable del escurrimiento fluvial y representa una fuente potencial de recursos hídricos, ya que para su aprovechamiento se requiere construir presas para retener las aguas de crecida que se producen durante el período lluvioso. El mismo depende básicamente de la precipitación y su incremento se comporta en concordancia con el aumento de ésta, alcanzando como promedio un 80 por 100 del escurrimiento fluvial, sus variaciones están determinadas por la influencia de las condiciones físico-geográficas. Los valores más altos de la lluvia anual del escurrimiento superficial ocurren en las zonas montañosas del país, llegando a 200 mm en la Cordillera de Guaniguanico, a 1 000 mm en las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa y a los 800 mm en las montañas de Guamañá y la Sierra Maestra. Sus valores más bajos se producen en las zonas

de menor precipitación como la lanura de Guantánamo y la vertiente sur de las montañas de Baracoa, donde se determinan valores del orden de los 10 mm, y la lanura del Cauto, con menos de 100 mm, o donde las condiciones físico-geográficas permiten una gran infiltración, como en la lanura de La Habana-Matananzas, con valores inferiores a los 100 mm.

La evapotranspiración, que comprende la evaporación desde la superficie libre del agua y desde el suelo desnudo, más la transpiración de las plantas, varía en dependencia de las precipitaciones y el escurrimiento fluvial, aumentando desde la costa hacia el interior del país y con la altura. Sus valores más bajos se producen en las zonas costeras, principalmente en la costa sureste del extremo oriental, donde presenta valores inferiores a los 600 mm debido a las pocas precipitaciones del lugar; otro mínimo se origina al sureste de la ciudad de Matanzas, provocado por el alto escurrimiento, con 800 mm de evapotranspiración. En las zonas montañosas el valor de la evapotranspiración aumenta con la altura hasta un límite en que comienza a disminuir, esto se debe a que se reducen las condiciones favorables para su desarrollo, principalmente por la disminución de la temperatura con la altitud, lo que trae como consecuencia que en la Cordillera de Guaniguanico la evapotranspiración llegue a 1 200 mm y disminuya después hasta los 800 mm, que aumenta hasta 1 200 mm y después baje a 1 000 mm en las montañas de Guamañá, y que en las montañas de Baracoa tenga un valor máximo de 1 400 mm, descendiendo a 1 200 mm.

La humedad total del territorio, que es la humedad del suelo aprovechable por la vegetación, es otro importante elemento del balance hídrico. Al igual que el resto, aumenta desde la costa hacia el interior y con la altitud a medida que es mayor la precipitación. Sus valores mínimos se localizan en la costa sureste de la región Oriental, con 600 mm, debido a las pocas precipitaciones que allí se producen, y los máximos, que alcanzan los 1 400 mm en las zonas montañosas, en concordancia con las abundantes precipitaciones. Igual que sucede en el caso de la evapotranspiración, este aumento con la altitud tiene un límite, a partir del cual se observa una disminución de sus valores, ocasionado por la influencia de varios factores, entre los cuales están: aumento de las pendientes, poca profundidad de los suelos y empalmeamiento de la vegetación, que reducen las posibilidades de infiltración del agua.

En las zonas llanas los valores máximos de 1 400 mm se corresponden con áreas de abundantes precipitaciones, localizadas al centro y sureste de la lanura de La Habana-Matananzas y en la lanura de Cienfuegos. La capacidad de infiltración de los suelos es otro factor que contribuye a la formación de la humedad total, como sucede en las llanuras de La Habana-Matananzas y Júcaro-Morón.

Como resultado del proceso posterior al contacto del agua, proveniente de la precipitación, con la vegetación y el suelo, ésta varía su composición química. Al caer en el suelo, una parte de la precipitación corre superficialmente o subsuperficialmente hacia los cauces y la otra se infiltra, por lo que la composición química de ambas es diferente. Las aguas que se infiltran a profundidad fluyen lentamente hacia los cauces y los depósitos subterráneos, disolviendo a su paso distintos tipos de rocas y arrastran sales y minerales en disolución. Por regla general, estas aguas son utilizadas en el abastecimiento a la población y como aguas minero-medicinales debido a su buena calidad. Las que corren superficial y subsuperficialmente tienen menos posibilidades de disolver las rocas y mineralizarse, pero arrastran a su paso partículas pequeñas, erosionando el suelo y transportando este material hacia los cauces, lo que da origen al escurrimiento sólido en los ríos.

El gasto sólido de los ríos se evalúa desde dos puntos de vista: los azóvies en suspensión, que expresa el peso de los arrastres por unidad de volumen del escurrimiento líquido (g · m<sup>-3</sup>), y el módulo del escurrimiento sólido que refleja el peso de los arrastres por unidad de área (ton · km<sup>-2</sup> · año<sup>-1</sup>). En términos generales para ambos casos, su aumento es de la costa hacia el interior y con la altura y sus variaciones están determinadas por los cambios del escurrimiento fluvial, el uso del suelo y las condiciones físico-geográficas.

En el comportamiento de los valores de los azóvies para las zonas montañosas se puede ver que existe una gran diferencia entre la Cordillera de Guaniguanico, la Sierra Maestra y las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa. En las primeras, donde el incremento de los azóvies es proporcional al aumento del escurrimiento líquido, se registran poco más de 200 g · m<sup>-3</sup>, correspondiendo los valores de 300 g · m<sup>-3</sup> a la Sierra del Rosario, debido a la intensa actividad agrícola que en ella se realiza, principalmente en los valles intramontañosos. En las segundas, donde se localizan las mayores alturas de Cuba, la protección que dan los bosques al suelo hace que el gasto sólido aumente en menor proporción que el gasto líquido, el cual aumenta notablemente por el incremento de las precipitaciones, lo que provoca que los azóvies disminuyan con la altitud, desde 500 g · m<sup>-3</sup> en las premontañas hasta 200-300 g · m<sup>-3</sup> en las zonas más altas. En las llanuras los azóvies alcanzan valores máximos de 200-300 g · m<sup>-3</sup> y mínimos de 100 g · m<sup>-3</sup>, correspondiéndose con las áreas de cultivos estacionales y perennes respectivamente. En general, la cantidad de azóvies en las áreas con cultivos estacionales es tres veces mayor que en las áreas con cultivos perennes.

Los relativos valores del módulo de escurrimiento sólido se registran en las zonas montañosas, en concordancia con el escurrimiento fluvial; en la Cordillera de Guaniguanico se producen 300 ton · km<sup>-2</sup> · año<sup>-1</sup>, y en la Sierra Maestra y las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa llegan a 200 t · km<sup>-2</sup> · año<sup>-1</sup>. La diferencia entre ellos se debe a la actividad económica que se desarrolla en la Cordillera de Guaniguanico y a la protección que brindan al suelo las áreas boscosas que se

encuentran en la Sierra Maestra y en las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa. Otros mínimos de 200 t · km<sup>-2</sup> · año<sup>-1</sup> se localizan en las alturas de Bejucal-Medvegas-Coliseo, formados fundamentalmente por la intensa actividad agrícola en ese territorio. Los valores mínimos se observan en las zonas con poco escurrimiento fluvial, con manifestación de casco semicubierto y cultivos que brindan una buena protección al suelo, donde no exceden las 10 t · km<sup>-2</sup> · año<sup>-1</sup>; esto sucede en las llanuras del sur de Pinar del Río, La Habana-Matananzas, Cienfuegos y norte de Camagüey-Las Tunas.

La utilización de los recursos hídricos se hace cada día una tarea difícil y compleja si se realiza de una manera racional, ya que debe llevarse a cabo no sólo desde el punto de vista estructural, sino integralmente, de forma que conlleve a una protección de los mismos, tanto para evitar su agotamiento como su contaminación. Es por esto que se hace necesario abordar el tema de la utilización de los recursos hídricos con el objetivo de dar una idea general de la situación actual y las perspectivas en la utilización de las aguas en Cuba. El período tomado para este análisis ha sido el promedio de los años 1980-85.

Los recursos hídricos totales cubanos se han evaluado en 32 200 millones de metros cúbicos, de los cuales 23 200 millones corresponden al escurrimiento fluvial (Componentes subterráneos y superficial) y 9 000 millones constituyen el recurso subterráneo natural (incluyendo el escurrimiento subterráneo directo al mar), según los cálculos realizados en base a los mapas del balance hídrico.

En todo el país se usan considerables volúmenes de agua tomadas de distintas fuentes para los principales sectores socioeconómicos: como la población, industria, ganadería, agricultura no cafetera y agropandustria azucarera.

La población favorecida por el sistema de acueductos nacional alcanza los 6 300 000 habitantes. Por concepto de abasto a la población se consumen aproximadamente 1 125 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales el 74 por 100 son subterráneos.

En el riego de las tierras agrícolas destinadas al cultivo de la agricultura no cafetera se utilizan 4 000 millones de metros cúbicos, de los cuales el 93 por 100 son regulados.

En el proceso agropandustrial de la caña de azúcar, primer renglón económico del país, se consumen alrededor de 2 300 millones de metros cúbicos, de los cuales 2 000 millones (el 87 por 100) corresponden a la fase agrícola.

Para la mayor parte de las provincias y el municipio especial Isla de la Juventud, el índice de utilización no sobrepasa el 40 por 100 y el promedio nacional es el 27 por 100.

Ciudad de La Habana es la provincia que presenta el mayor índice de utilización, llegando al 105 por 100, ya que sus recursos sólo alcanzan los 478 millones de metros cúbicos, siendo necesario para el abasto a la ciudad de La Habana el trasvase de agua desde la provincia alejada del 31 por 100 de toda el agua que ésta consume.

En contraste con esta provincia se encuentra la más oriental, Guantánamo, que sólo usa el 6 por 100 de sus recursos hídricos, calculados en 3 123 millones de metros cúbicos, aunque el 75 por 100 de éstos se encuentran en difíciles condiciones para poder ser utilizados por estar ubicados en las zonas montañosas.

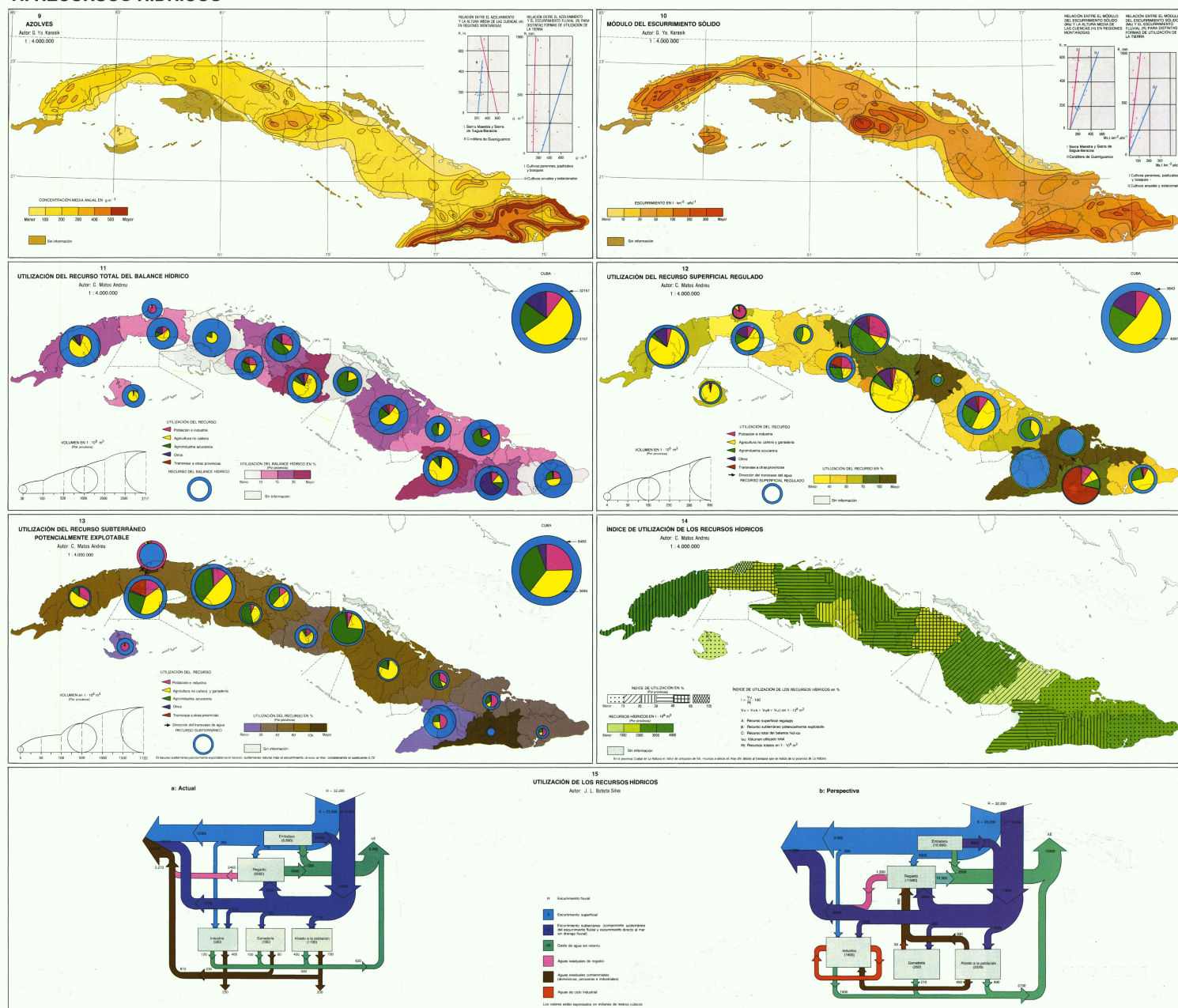
Es importante señalar que gran parte de los recursos superficiales con que cuenta el país han sido regulados mediante la construcción de presas, que actualmente tienen un volumen de entrega de casi 6 000 millones de metros cúbicos de agua, situación que no exista un cuartel de siglo atrás; no obstante queda aún un considerable potencial de aguas superficiales sin regular, las cuales son poco explotadas por la compleja situación geográfica donde se ubican las corrientes fluviales.

Si se analiza el esquema actual de aprovechamiento del agua puede observarse que cerca de 5 360 millones de metros cúbicos de agua consumida por los usuarios más importantes, retornan al ciclo hidrológico a través de los distintos procesos del mismo, 450 millones de metros cúbicos van directamente al mar y alrededor de 3 260 millones de metros cúbicos constituyen el vertimiento de residuales de todo tipo a los cauces. Es obligado decir que según normas internacionales las aguas negras contaminan un volumen equivalente a cuatro veces la vertida, razón por la cual el total de recursos hídricos disponibles, aproximadamente 13 000 millones de metros cúbicos pudieran presentar, en mayor o menor grado, problemas de contaminación, quedando un volumen de 13 410 millones de metros cúbicos sin contaminar. Esto significa que deben aplicarse medidas de control para lograr la máxima eficiencia en todos sus usos y destinos, con el objetivo de mantener los niveles cuantitativos y cualitativos necesarios, de modo que la escasez del recurso no se convierta en un freno.

En el desarrollo prospectivo de la utilización de los recursos hídricos es necesario introducir el concepto de "no verter": contaminantes a objetivos hídricos sin que hayan sido tratados previamente mediante la aplicación de otras variantes como la construcción de fábricas que funcionen con los sistemas de industrias "cerradas" o "secas", es decir, utilizar la misma agua o prácticamente no utilizarla en el proceso de producción; que los residuales o domésticos sean empleados en la industria y en el riego; y que las aguas de la ganadería se destinen a la irrigación. Con estas medidas el desarrollo del país no se detendrá por falta de agua, ya que su utilización racional contribuirá a la preservación del recurso más preciado por la humanidad, vital para su vida: el agua. Por otra parte, los programas de investigación están orientados a obtener resultados que permitan cumplir estos objetivos.



## VII RECURSOS HÍDRICOS



## VII RECURSOS HÍDRICOS

