

# Demanda - Disponibilidad. Una relación a tener en cuenta

Por  
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS  
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS

## ¿Qué es el Balance de Agua?

El Balance de Agua es la relación entre la demanda y la disponibilidad de agua; éste representa la base para la operación de las fuentes de abasto en Cuba, con el objetivo de lograr un uso más racional de los recursos hídricos.

Anualmente, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) elabora este balance, con el fin de conocer el aseguramiento de agua para las diferentes actividades económicas y sociales del país, según las disponibilidades de las fuentes de abasto para el año que se planifica.

Para las condiciones específicas del actual período de sequía, el balance requiere de un trabajo minucioso que permita, a partir de una distribución más racional del agua y con el mínimo posible de afectaciones, comenzar un proceso recuperativo para la estabilización de las entregas de las fuentes de abasto.

La ejecución del Balance de Agua está regida por el calendario que anualmente emite el INRH, el cual se pone en vigor a través de una resolución emitida por el Presidente del organismo.

## Generalidades sobre el Balance

Existen una serie de documentos oficiales que regulan y/o se relacionan con el proceso de elaboración del Balance de Agua, que deben ser de absoluto conocimiento de todos aquellos que de una forma u otra intervienen en éste; éstos son:

- Resolución 21/1999 del Presidente del INRH, que pone en vigor las normas netas y coeficiente de eficiencia para el riego.
- Resolución 45/1991 del Presidente del INRH, que pone en vigor los índices de consumo para el sector de la economía no agrícola.
- Resolución 15/1998 del Presidente del INRH, que pone en vigor la metodología para la elaboración del Balance de Agua.
- Resolución 95/2005 del Presidente del INRH, que pone en vigor los volúmenes mínimos de explotación para los embalses de abasto.
- Norma Cubana 53-91/1983 para la determinación de la demanda de agua potable.

Al inicio del proceso de elaboración del Balance de Agua, el INRH evalúa las disponibilidades de agua de las fuentes de abasto e informa a las entidades usuarias de las posibles afectaciones para el año que se planifica.

Estas entidades, a partir de las disponibilidades entregadas por el INRH y las necesidades de agua según sus planes de producción o servicio, presentan a las Empresas de Aprovechamiento Hidráulico (EAH) en su territorio las demandas de agua, argumentadas con el nivel de actividad previsto en las normas de consumo de agua aprobadas para la actividad que realizan, desglosadas por actividades y trimestres, en los modelos aprobados por la Resolución 15/1998.

Los usuarios que se abastecen por medios propios de fuentes de abasto no opera-



das por el INRH (como micropresas, ríos o cuencas subterráneas), desglosan además la demanda por pozos o equipos de bombeo.

Son considerados todos los usuarios, independientemente del volumen de agua que éstos demanden. En el caso de consumos inferiores a los 4 000  $m^3/año$ , se trata de agruparlos por fuente de agua.

Para los acueductos, sólo se admiten incrementos en las demandas en los casos que se argumente en base a la puesta en marcha de una nueva inversión, avalado dicho incremento por el Delegado de Recursos Hidráulicos en la provincia, debiendo estar fundamentada la demanda de agua en la norma cubana.

Las EAH a partir de las demandas de agua recibidas de las entidades usuarias, elaboran los balances de las fuentes de abasto, considerando los criterios técnicos orientados.

El informe del balance contendrá, además de las tablas establecidas, un análisis de los resultados del mismo, tanto desde el punto de vista de los aspectos más significativos a tomar en cuenta en la explotación de las fuentes, como del análisis de la satisfacción de las necesidades de los principales usuarios.

Una vez elaborada la propuesta de Balance de Agua por cada territorio y aprobada por la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos, se presenta al Gobierno de la provincia. El documento final resultante es discutido con la Dirección Nacional de Obras Hidráulicas del INRH, y por último, es presentado por los Delegados Provinciales al Presidente del INRH para su aprobación final.

Las cifras aprobadas del Plan de Asignaciones para el año y puestas en vigor por resolución del Presidente del INRH, son entregadas a los usuarios, y se procede entonces a la firma de los contratos económicos correspondientes para el cobro de los servicios de Provisión de Agua y Derecho de Uso.

### Criterios técnicos a considerar

El balance de las fuentes constituye el trabajo básico en la elaboración del Balance de Agua, siendo el punto focal de la planificación anual y del posterior trabajo de operación de las fuentes.

Existen una serie de criterios técnicos importantes, que se deben tener en cuenta

a la hora de realizar el balance de las fuentes de agua, para garantizar la calidad de éste. Estos criterios son:

- El orden de prioridad será el siguiente, salvo que puntualmente se dé otra orientación:
  - Abasto a la población
  - Abasto a la ganadería
  - Riego y producción de alimentos
  - Uso industrial
  - Otros
- Las entregas garantizadas de los embalses y de las cuencas subterráneas corresponderán a lo plasmado en el documento oficial aprobado por el INRH. No se planificarán entregas superiores a los recursos aprobados en este documento.
- Debido a la situación de sequía que ha afectado al país y con vistas a recuperar la hiperanualidad de los embalses y restablecer su funcionamiento normal en un período de dos años, se aplicará una restricción a la entrega garantizada de los

embalses hiperanuales, que como resultado de evaluaciones, se calcule inicien el año en zona de entrega reducida, según su Gráfico de Despacho.

- La reducción a aplicar en los casos señalados en el epígrafe anterior se calculará por la siguiente expresión:

$$R_{\text{reduc}} = 1.5 W_g - [0.5\alpha \cdot (W_0 - P_t)] \quad (2)$$

Donde:

$R_{\text{reduc}}$  = Entrega reducida a realizar

$W_g$  = Escorrimento para la garantía de cálculo. Se tomará del estudio hidrológico del embalse.

$W_0$  = Escorrimento medio anual

$P_t$  = Pérdidas totales en el embalse

$\alpha$  = Grado de regulación del embalse

Transcurrido el primer año de aplicación del proceso recuperativo puede suceder:

1. Que el escurrimiento real ( $W_{\text{real}}$ ) resulta igual que el escurrimiento de cál-



culo ( $W_g$ ). Entonces para el siguiente año se mantendrá la entrega reducida, calculada por la expresión (2).

2. Que el escurrimiento real ( $W_{real}$ ) resulte inferior al escurrimiento de cálculo ( $W_g$ ). Entonces para el siguiente año la entrega reducida se calculará por la expresión (2), disminuyéndola en el valor modular de la diferencia entre el escurrimiento real y el de cálculo (3).

$$R_{reduc} = [1.5 W_g - [0.5\alpha \cdot (W_0 - P_t)]] - [W_g - W_{real}] \quad (3)$$

3. Que el escurrimiento real ( $W_{real}$ ) resulte superior al escurrimiento de cálculo ( $W_g$ ). Entonces para el siguiente año la entrega reducida se calculará por la expresión (2) aumentándola en el valor modular de la diferencia entre el escurrimiento real y el de cálculo (4).

$$R_{reduc} = [1.5 W_g - [0.5\alpha \cdot (W_0 - P_t)]] + [W_g - W_{real}] \quad (4)$$

4. Que el escurrimiento real ( $W_{real}$ ) a los dos años de implantada la restricción resulte inferior al escurrimiento de cálculo ( $W_g$ ). Entonces para el siguiente año habría que prolongar el período de restricciones por un año más, aplicando la expresión de la entrega reducida para la recuperación de la hiperanualidad de acuerdo con el criterio que se decida en cuanto a años de recuperación (1).

$$R_{reduc} = [W_g (1 + N) / N] - [\alpha \cdot W_0 / N - P_t] \quad (1)$$

Donde:

$N$  = Número de años en que se quiere recuperar la hiperanualidad

- Como afluencia anual del escurrimiento de entrada para el balance se considerará el 75 % para el riego, el 85 % para la industria y en el caso del abasto el 95 %, según el estudio vigente en la provincia. En el caso de embalses en cascada, se considerará además del escurrimiento desde el área complementaria, el vertimiento del o los embalses ubicados aguas arriba del de cálculo. La aplicación de otro criterio estará en fun-

ción de las consideraciones específicas y debe ser suficientemente argumentado.

- La distribución mensual de las entregas deberá estar en correspondencia con la distribución porcentual definida en el estudio hidroeconómico.
- Para el cálculo de las pérdidas por filtración, de no haber estudios específicos, se utilizará la expresión:

$$Pf = G \cdot Vm$$

Donde:

$Pf$  = Pérdidas por filtración

$Vm$  = Volumen medio =  $\frac{1}{2} Vu + Vaz$

$Vu$  = Volumen útil

$Vaz$  = Volumen de azolve

$G$  = Coeficiente general de las condiciones del terreno, que tendrá los siguientes valores:

Buenas de 0.03 a 0.05

Medias de 0.05 a 0.10

Malas de 0.10 a 0.20

- Las pérdidas por evaporación ( $Pe$ ) desde la superficie libre del agua, se calcularán por la expresión siguiente:

$$Pe = 0,001 \text{ Area } (Ev_m - Ll_m)$$

Donde:

$Ll_m$  = Lluvia mensual para el área de espejo del embalse para el año de la garantía de cálculo ( $P = G$ ; 75, 85, 95 %).

$Ev_m$  = Evaporación mensual para el área del espejo del embalse para el año de la probabilidad inversa a la de la garantía de cálculo ( $q = 100 - P$ ; 25, 15, 5 %).

De existir estudio hidrológico, tanto la lluvia como la evaporación se tomarán de éste (valores anuales y distribución interanual). De no existir estudio, entonces:

1. Tomar las series anuales de lluvia y evaporación (esta última afectada por el coeficiente 0.8) de cada estación evapométrica que haya existido en la provincia y construir una curva de relación tipo potencial. Ejemplo:

$$\text{Evaporación} = 92766 (\text{Lluvia})^{-0.5286}$$

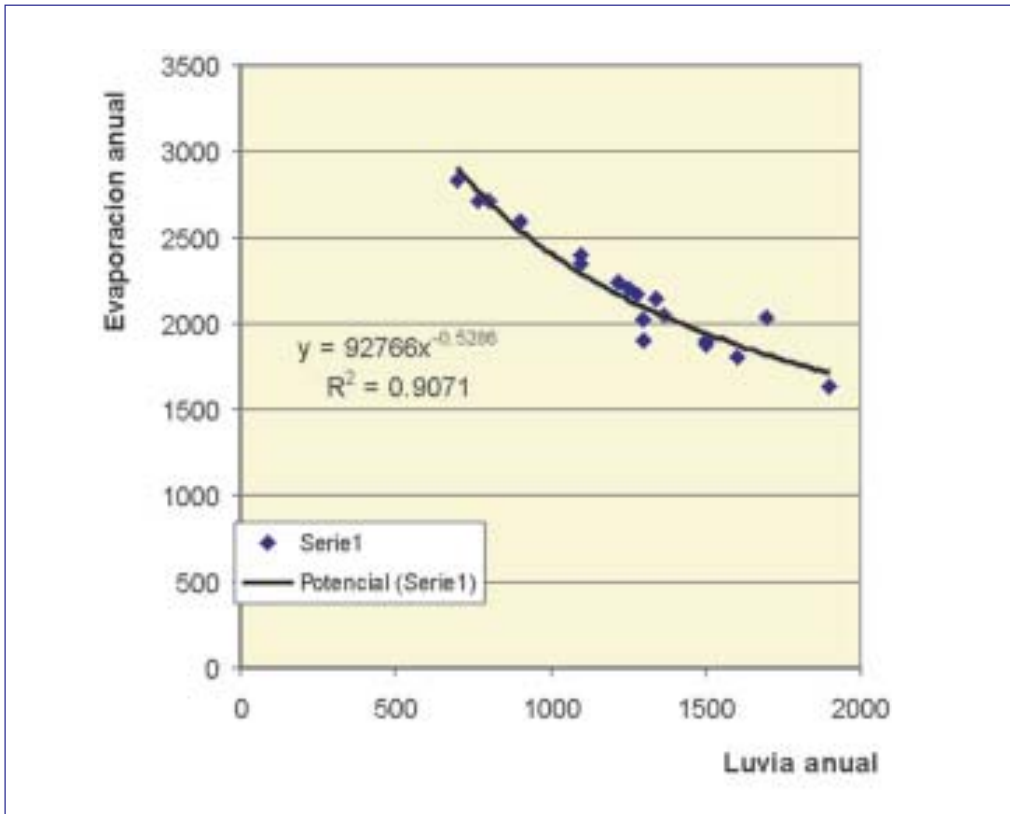


Fig. 1.

2. Partiendo de la lluvia de la probabilidad de cálculo sobre el área del espejo de cada embalse (tomado por Mapa Isoyético), obtener la lámina de evaporación anual correspondiente en la curva obtenida en el punto anterior (ecuación del punto 1)

3. Tomando las láminas de evaporación mensuales de la estación climática representativa para cada embalse, determinar la distribución porcentual que se aplicará al valor anual calculado en la curva del punto 2.

4. De no contarse con la información necesaria (datos de evaporación) para las evaluaciones anteriores, utilizar el método de balance de dos aproximaciones, considerando las pérdidas por evaporación y filtración equivalentes al 1,5 % del volumen medio mensual.

- En los reguladores anuales se calculará el vaciado total de  $V_u$  a fines de la temporada de déficit para el riego. En el caso del abasto, se tomarán en cuenta las orientaciones emitidas para considerar el volumen mínimo de operación.
- Los criterios para el cálculo de las pérdidas por conducción serán de acuerdo a

eficiencias evaluadas y se aplicarán como un % de las entregas, en dependencia de los estudios realizados.

- No se considerará en el balance el vaciado del volumen muerto.
- Para el cálculo de aprovechamiento del agua no regulada, se tomarán en cuenta los resultados de los estudios de derivación.
- Para el cálculo de la derivación en zonas donde no hay estudios, se utilizará la siguiente fórmula:

$$W_d = K(W_g(\text{mes}) \cdot D(\text{mes}))^{1/2}$$

Donde:

$$W_g \geq W_d \leq D$$

$W_g$  = Escurrimiento derivado en un mes

$K$  = Coeficiente de temporada: 0,8 período de déficit y 0,5 período de excesos

$W_{\text{mes}}$  = Afluencia mensual

$D_{\text{mes}}$  = Demanda mensual

- Para las fuentes de agua no reguladas se deberá reflejar el escurrimiento considerado en el balance.
- El gasto sanitario deberá incluirse en el balance de cada embalse, y se considerará como un “usuario” de máxima prioridad.

- Para la confección de los balances de los sistemas que trabajan en régimen de compensación, en primer lugar se balancearán las fuentes no reguladas y subterráneas, y en segundo lugar, el déficit se balanceará contra las fuentes reguladas.
- En el balance de los embalses, la compensación se considerará como un “usuario” más.
- Para los sistemas hidráulicos, se desglosarán las entregas por usuario correspondientes a la vinculación común.

## Cómo presentar el informe

El informe tiene la finalidad de ofrecer los elementos más importantes relativos al Balance de Agua que caracteriza el año que se planifica, así como aquellos aspectos más sobresalientes que se deben señalar para la toma de decisiones por los niveles correspondientes, teniendo en cuenta todos los detalles de las fuentes que sean necesarios para su posterior explotación. Esta memoria estará compuesta de las siguientes partes:

### I. Introducción

Donde se presente el balance y se exponen los aspectos más sobresalientes surgidos durante la elaboración del mismo. Se destaca el análisis del comportamiento hidrológico del año precedente y su repercusión en el llenado de los embalses y en los niveles de las cuencas subterráneas.

### II. Aspectos de carácter general

Se reflejan los resultados generales del balance, así como el grado de aseguramiento de las demandas presentadas por los usuarios y el grado de aprovechamiento de las fuentes reguladas y subterráneas. Se especifican aquellos casos donde existan problemas, aportándose los elementos para su interpretación en relación a las demandas, los consumos reales históricos, los niveles de actividad, normas de consumo, asignaciones y déficit, y se exponen las decisiones tomadas relativas al balance.

### III. Aguas superficiales

Se destacan las fuentes que, debido a su situación desfavorable, influyen en el aseguramiento de las demandas presentadas por los usuarios y otros problemas que así lo merezcan por su importancia. Se explican además los criterios técnicos específicos tenidos en cuenta en el balance, que por su importancia requieran ser destacados.

### IV. Aguas subterráneas

Se señala si se prevé alguna situación crítica en las cuencas o tramos hidrogeológicos, así como otros problemas que puedan surgir y que influyan negativamente en el aseguramiento de agua a los usuarios a partir de este tipo de fuente.

### V. Tablas

Se incluyen las tablas resúmenes siguientes:

- Aseguramiento de las solicitudes
- Aprovechamiento de los recursos hidráulicos
- Análisis de las demandas de agua de los acueductos
- Resumen comparativo de las demandas de agua

### VI. Conclusiones y recomendaciones

Se reflejan las conclusiones a las que se arribe como resultado de la elaboración del Balance de Agua, así como las recomendaciones que se entiendan pertinentes para la explotación de las fuentes.

### VII. Resultados del Balance

Se incluyen las tablas resultantes del procesamiento automatizado del balance en el siguiente orden:

- Resumen por organismo y tipo de fuente
- Resumen general de la utilización de las aguas
- Resumen de la propuesta de Balance de Agua
- Balance por fuentes (reguladas incluyendo los sistemas, no reguladas y subterráneas) **VH**