

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD Y DÉFICIT DE AGUA SUPERFICIAL EN CUENCAS HIDROLÓGICAS: APLICACIÓN AL CASO DE LA NORMATIVA MEXICANA

• Humberto Silva-Hidalgo •
*Junta Central de Agua y Saneamiento /
Universidad Autónoma de Chihuahua, México*

• Álvaro A. Aldama •
Consultor independiente

• Ignacio R. Martín-Domínguez • María Teresa Alarcón-Herrera •
Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., México

Resumen

La existencia de disponibilidad media anual de agua superficial, conforme a la Ley de Aguas Nacionales mexicana, es condicionante para la autorización de nuevas concesiones o asignaciones en una cuenca. La norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000 establece el procedimiento base para su determinación. Aunque el concepto de déficit es opuesto al de disponibilidad, en la actualidad el primero está implícito en el segundo en la norma mexicana. En este trabajo se analizan ambos conceptos, y se presenta un planteamiento matemático general y consistente, que permite determinar ambos de manera independiente; incluso se contempla descomponer el déficit total en interno y externo. Se demuestra la funcionalidad conceptual y numérica de la metodología que se propone a través de su aplicación al caso de la cuenca del río Bravo, que se presenta como ejemplo demostrativo. El procedimiento desarrollado es aplicable a cualquier cuenca, sin importar en qué país se localice, y facilita la interpretación de los estudios de disponibilidad por parte de la sociedad, así como su uso para fines de planificación hídrica. De incorporarse los resultados de este trabajo en la NOM-011-CNA-2000, se contribuiría a enriquecer este importante instrumento normativo en México.

Palabras clave: balance hídrico, disponibilidad de agua superficial, déficit de agua superficial, NOM-011-CNA-2000.

Introducción

En la actualidad, un mayor número de personas en el planeta toma conciencia de los problemas que existen en torno al recurso agua, pero son más quienes se ven afectados por esos mismos problemas cada día. El derecho que tiene la humanidad a disponer del agua para su consumo se reconoce en muchos países (WWC-CNA, 2006a). En el caso de México, este derecho se establece en el artículo décimo séptimo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), donde se

determina que es libre el aprovechamiento de las aguas superficiales por medios manuales para uso doméstico básico (CNA, 2004). Pero también en su artículo décimo cuarto BIS 5, párrafos I y V, esta ley reconoce que el agua es un bien de dominio público federal, que tiene un valor social y que la política hídrica nacional debe incorporar la atención de las necesidades de agua de la sociedad, de las actividades productivas y del entorno físico; necesidades relacionadas con el bienestar, el desarrollo económico y el cuidado del medio ambiente.

Hace algunas décadas, el agua se visualizaba como recurso de importancia estratégica sólo en aquellas regiones en las que por sus condiciones físicas naturales, el líquido era muy escaso. En la mayoría de los casos, el recurso hídrico se percibió como un insumo para el desarrollo social y económico de las regiones. Sin embargo, el interés del hombre en aprovechar este vital recurso, que en muchas ocasiones parecía suficiente, ha provocado su desperdicio y contaminación, con el consiguiente deterioro del medio ambiente. El crecimiento de la población y, como consecuencia, el de la demanda de agua para satisfacer sus necesidades, ha llevado a muchos lugares del planeta a enfrentar conflictos hídricos entre los diferentes sectores que la aprovechan (Rosegrant, 1995; Svubure et al., 2010). El futuro no es alentador, a menos que se tomen medidas para establecer mecanismos de control adecuados, que normen el aprovechamiento de este recurso.

El artículo vigésimo séptimo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CDHCU, 2009) establece que las aguas comprendidas dentro de los límites territoriales de México son propiedad de la nación. El Ejecutivo Federal, conforme a las leyes mexicanas, puede autorizar la explotación, el uso o aprovechamiento de esta agua, mediante concesiones otorgadas conforme a las reglas y condiciones que establezcan las propias leyes.

Los procedimientos y las reglas para el otorgamiento de concesiones citadas en el párrafo anterior se especifican en la LAN y en su Reglamento. El primero de dichos ordenamientos, en su artículo vigésimo segundo, establece que el otorgamiento de concesiones o asignaciones de agua queda sujeto a las disposiciones de la propia Ley y su Reglamento, así como que tomará en cuenta la disponibilidad media anual de agua. Además, el artículo transitorio décimo tercero del Reglamento establece que los volúmenes medios anuales disponibles se determinarán de acuerdo con las normas oficiales mexicanas emitidas por la Comisión Nacional del Agua para este propósito (CNA, 2004).

Precisamente con la finalidad de dar cumplimiento a estos ordenamientos legales, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2002) publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece el método para determinar la disponibilidad de agua en nuestro país, misma que en lo sucesivo se denominará la Norma. De lo establecido en ella se infiere que la disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica en estado natural (sin aprovechamiento de agua) es el límite del volumen medio anual de agua que puede ser concesionado o asignado de forma sustentable; mientras que en una cuenca en la que ya se realiza un cierto aprovechamiento autorizado de agua, la disponibilidad media anual de agua superficial es la porción de ese límite que continúa disponible para concesionarse o asignarse. Sin embargo, existen casos en los cuales el volumen de agua actualmente concesionado o asignado supera dicho límite, dando lugar a un déficit que impide (en promedio) satisfacer el aprovechamiento autorizado.

El concepto de disponibilidad de agua superficial de la norma tiene una acepción jurídico-administrativa o regulatoria, ya que tiene el objeto de definir la existencia de volúmenes de agua susceptible de ser concesionado en una cuenca, sin afectar los volúmenes previamente concesionados.

Concepto de disponibilidad de agua en términos jurídico-administrativo en la literatura internacional

En la literatura existen varios manuales para determinar la disponibilidad de agua en una cuenca, sin embargo se refieren a la disponibilidad natural del recurso o escurrimientos naturales que se generen en ella (OMM-UNESCO, 1998; UNESCO-PHI, 2006; AG-NWC, 2005), contexto distinto al jurídico-administrativo o regulatorio. Publicaciones en revistas especializadas con esta acepción de disponibilidad de agua se pueden encontrar

de manera frecuente. En contraste, resultan escasas las publicaciones científicas relativas al tema de la disponibilidad de agua en términos jurídico-administrativos o regulatorios.

En Chile existe un “Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos” (MOP-DGA, 2002), en el cual se establece que se puede otorgar como derecho permanente de aprovechamiento de agua en una cuenca el caudal correspondiente a una probabilidad de excedencia del 85% y como derecho eventual el caudal que tiene una probabilidad de excedencia del orden de 5%; adicionalmente, el otorgamiento de un derecho para el uso de agua está condicionado al cumplimiento de un caudal ecológico y al de los derechos de aprovechamiento existentes.

En España se tienen varios documentos que norman la política hídrica de ese país (BOE, 2001; BOE 2007), en los cuales se prevé la necesidad de desarrollar planes hidrológicos que permitan satisfacer la Directiva 2000/60/CE (DOCE, 2000). En esta directiva se establece el concepto de “buen estado y adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas que cita la Ley de Aguas Española”; asimismo, se establece que la preservación del recurso hídrico se basará en la planificación regional, para lo cual se cuantificarán los recursos naturales y se caracterizará su calidad, se analizará la demanda actual y futura, y se definirán los caudales ecológicos que permitan asegurar el buen estado del recurso, o en el caso de cuencas afectadas, su recuperación.

El Departamento de Recursos Hídricos del estado de Oregon, Estados Unidos de América, ha publicado un reporte denominado: “Determinación de la Disponibilidad de Agua Superficial en Oregon” (SO-WRD, 2002), en el cual se establece que la disponibilidad de agua (en su acepción jurídico-administrativa), se obtiene deduciendo de los escurrimientos naturales el almacenamiento existente, los usos consuntivos fuera de los cauces (extracciones) y las demandas del propio cauce. La disponibilidad de agua debe determinarse para cada cuenca ubicada aguas arriba del punto de derivación analizado.

Por otro lado, en el estado de Texas existe un sistema para evaluar la disponibilidad de agua superficial en términos jurídico-administrativo, el cual es operado por la Comisión de Texas para la Calidad Ambiental (TCEQ por sus siglas en inglés). El sistema se fundamenta en un modelo matemático para el análisis de derechos de agua, mediante el cual se evalúa la confiabilidad en el suministro de los volúmenes autorizados de agua superficial para ser aprovechados en el largo plazo (Wurbs, 2006); el análisis de confiabilidad en el suministro se realiza bajo dos escenarios: (1) considerando la totalidad de los volúmenes autorizados y (2) considerando las condiciones actuales de aprovechamiento (Wurbs, 2005). Este sistema fue desarrollado bajo la autorización de la legislatura del estado de Texas en el año 1997.

Como puede constatarse, existen diferentes metodologías para la determinación de la disponibilidad de agua superficial con el enfoque jurídico-administrativo o regulatorio, las que con algunas variantes resultan consistentes entre sí y con respecto a la norma mexicana (como se verificará más adelante); en esencia, la disponibilidad de agua resulta de deducir de los escurrimientos naturales las concesiones otorgadas, así como las demandas del medio ambiente.

No se omite señalar que en la literatura internacional consultada se encontró que sólo se evalúa si existe disponibilidad de agua, pero no se hace referencia al término déficit.

Alcances y objetivos

El objetivo de este trabajo es introducir el concepto de déficit y la forma de calcularlo de manera autocontenida (independiente), pero paralela al de disponibilidad, lo cual no ocurre actualmente en la norma mexicana. Como caso demostrativo de la metodología que se propone, se determina la disponibilidad y déficit de agua superficial en la cuenca del Río Bravo.

Considerando que los estudios de disponibilidad de aguas superficiales son de dominio público y que la Comisión Nacional del

Agua (Conagua) publica sus resultados en el *Diario Oficial de la Federación*, los hallazgos de este trabajo pueden facilitar el proceso de comunicación de dichos estudios a la sociedad, la cual finalmente es el usuario principal de la valiosa información contenida en los mismos. De igual forma, el dar a conocer la experiencia mexicana en torno a la determinación de la disponibilidad de agua superficial, en términos jurídico-administrativo, puede resultar del interés de otros países que se encuentran en el proceso de desarrollo de métodos, normas o sistemas que les permitan evaluar si es factible o no, otorgar nuevas concesiones para el aprovechamiento de agua superficial en una cuenca hidrológica.

Disponibilidad de agua superficial en una cuenca conforme a la norma mexicana

La disponibilidad de agua en términos de la Norma tiene el objetivo de definir si es posible autorizar nuevos aprovechamientos sin afectar los que ya se encuentran concesionados o asignados, ni tampoco el entorno natural. La Norma consigna en su definición 3.16 y especificación 4.2.1, que la disponibilidad media anual de agua superficial, D , es el "Valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo, A_p , y el volumen anual actual comprometido aguas abajo, R_{xy} ".

$$D = A_p - R_{xy} \quad (1)$$

El término A_p se determina conforme a la siguiente expresión matemática (especificación 4.2.2. de la norma):

$$A_p = A_r + C_p + R + I_m - E_{xtr} - E_x \quad (2)$$

Una vez que se incorpora la existencia de un almacenamiento de agua superficial en la cuenca, la ecuación (2) queda:

$$A_b = A_r + C_p + R + I_m - E_v - E_{xtr} - E_x \quad (3)$$

En donde A_r es el volumen medio anual desde la cuenca aguas arriba; C_p es el volumen medio anual de escurrimiento natural (que se determina conforme a alguno de los métodos contenidos en el Apéndice Normativo "A" de la Norma); E_{xtr} es el volumen anual de extracción de agua superficial (que se determina conforme a la especificación 4.2.8. de la norma; véase Aldama, 2007); E_x es el volumen anual de exportaciones; I_m es el volumen anual de importaciones; E_v es el volumen anual evaporado, y R es el volumen anual de retornos. Aldama (2007) desarrolló un análisis matemático detallado, mediante el cual se demuestra que para el proceso estacionario representado por la ecuación (3), el promedio anual del cambio de almacenamiento tiene un valor nulo ($\Delta V = 0$). En la figura 1 se muestra una cuenca hidrológica sin almacenamientos de agua superficial (a) y otra con embalses naturales o artificiales (b), así como las variables que intervienen en las ecuaciones (2) y (3).

Es pertinente mencionar que el artículo tercero de la LAN (CNA, 2004) contiene una definición de "disponibilidad media anual de agua superficial", que es congruente con la ecuación (1).

Déficit de agua superficial en una cuenca

La Ley de Aguas Nacionales no define el concepto de déficit de agua, y aunque la norma tampoco lo incluye en su apartado de definiciones, sí menciona que cuando la disponibilidad resulte negativa, será representativa de éste (especificación 4.4.5).

El considerar la posibilidad de disponibilidades negativas resulta inconsistente y puede generar confusión. En lo general, disponibilidad se entiende como "cantidad disponible" (Larousse, 2005). Por tanto, su límite inferior o valor mínimo es el nulo. Por otro lado, déficit en general se entiende como "cantidad que falta para llegar al nivel necesario" (Larousse, 2005), significado contrario al de disponibilidad. Este hecho contradictorio en la Norma ha permitido que a la fe-

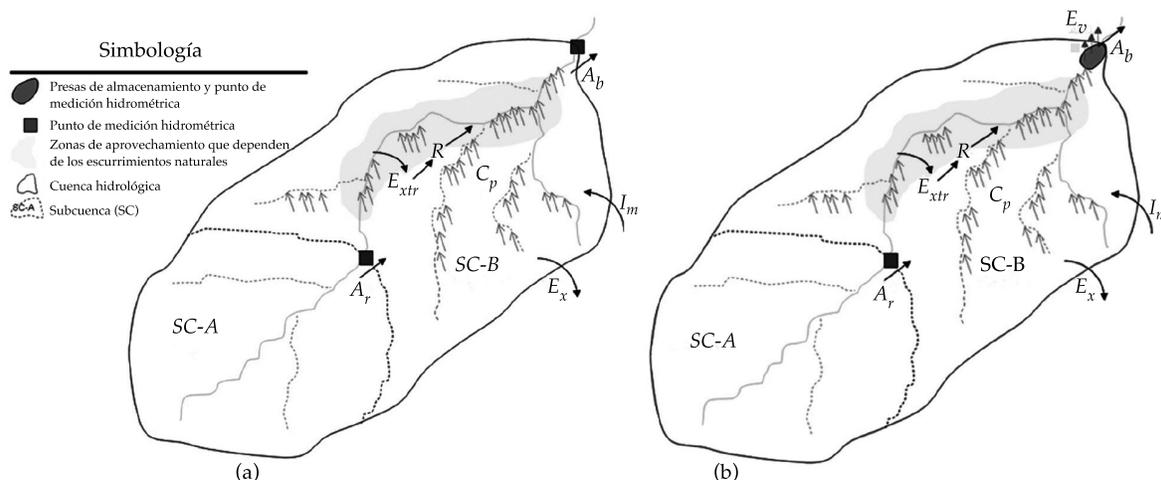


Figura 1. Cuenca hidrológica: a) sin almacenamientos de agua superficial y b) con embalses naturales o artificiales (adaptado de Silva-Hidalgo, 2010).

cha existan publicaciones de disponibilidad de agua superficial en donde se reportan valores negativos de disponibilidad media anual de agua superficial (Semarnat, 2003) y otras en las que se emplea el valor nulo como su límite inferior (Semarnat, 2006). Definitivamente, las publicaciones con este último criterio se apegan al concepto de disponibilidad que es más claro para la sociedad.

La Ley de Aguas Nacionales, al incorporar el concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos a la política hídrica nacional, implícitamente incorpora la intención de crear esquemas de participación de la sociedad (Silva-Hidalgo et al., 2008a; Silva-Hidalgo et al., 2008b), los cuales también promueve la Norma (véase el apartado séptimo “Observancia de esta Norma”).

Entonces, definir de manera consistente los conceptos de disponibilidad y déficit en la Norma se traduce en mayor entendimiento y, por consecuencia, en mayores posibilidades de aceptación por parte de la sociedad. Ello también puede facilitar el proceso participativo, dando lugar a una mayor transparencia al proceso de obtención de los resultados contenidos en los acuerdos que hacen pública la disponibilidad de aguas superficiales de las

diferentes cuencas del país. Lo anterior puede incidir de manera definitivamente positiva en la confianza y credibilidad que los usuarios de esta información puedan depositar en la misma, así como en las instancias que la generaron.

Método de cálculo que se propone para conciliar los conceptos de disponibilidad y déficit en la Norma

Como se mencionó anteriormente, la Norma asigna al término A_b el significado de “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”. Tratándose de un escurrimiento, A_b debe siempre tener valores físicamente posibles, por lo que su límite inferior es el valor nulo. Sin embargo, está claro que en una cuenca sobre-concesionada se podrían obtener valores negativos de A_b , empleando las ecuaciones (2) y (3); en efecto, cuando $E_{xtr} + E_x > A_r + C_p + R + I_m$ o $E_{xtr} + E_x + E_v > A_r + C_p + R + I_m$, entonces $A_b < 0$. Los valores negativos de dicho término no tienen significado físico, aunque sí son representativos de un déficit. Por esta razón, resulta conveniente que la Norma especifique la forma de calcular el déficit, pero sin caer en contradicciones conceptuales que puedan confundir a la sociedad.

Déficit interno

Como fue ya citado, el balance hídrico representado por las ecuaciones (2) y (3) corresponde a un estado estacionario de la cuenca en estudio, en el que el volumen de escurrimiento natural se mantiene estable hacia el futuro y las extracciones, exportaciones, evaporación, retornos e importaciones permanecen en sus valores actuales (Aldama, 2007), que en lo sucesivo se denominará estado *hipotético estable* (Silva-Hidalgo, 2010). Por lo tanto, el término A_p en las ecuaciones (2) y (3) puede redefinirse como “residuo del balance hídrico o volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo en el estado hipotético estable” $A_b^{(h)}$, quedando la ecuación (2) como:

$$A_b^{(h)} = A_r + C_p + R + I_m - E_{xtr} - E_x \quad (4)$$

A su vez, la ecuación (3) queda:

$$A_b^{(h)} = A_r + C_p + R + I_m - E_v - E_{xtr} - E_x \quad (5)$$

Cuando $A_b^{(h)}$ resulta en valores negativos, automáticamente indica que hay un déficit interno en el volumen de agua superficial disponible en la cuenca para poder satisfacer el volumen que hipotéticamente en promedio se pretende extraer de ella; en caso contrario, el volumen disponible es superior al que en promedio se pretende extraer; por consecuencia, el déficit interno es nulo.

Los valores de $A_b^{(h)}$ que resulten negativos corresponden a lo que se denominará déficit interno y deben considerarse para la determinación del déficit total que será definido posteriormente. Sin embargo, para fines de balance hídrico y, por consecuencia, de la disponibilidad de aguas superficiales, el límite físico inferior del volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo es el nulo. Por tanto, el volumen medio de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo, denotado por A_p , debe redefinirse como sigue:

$$A_b = \begin{cases} A_b^{(h)}, & \text{si } A_b^{(h)} \geq 0 \\ 0, & \text{si } A_b^{(h)} < 0 \end{cases} \quad (6)$$

lo que de forma automática permite satisfacer la siguiente condición de factibilidad física, $A_b \geq 0$. Se define el déficit interno medio anual, $D_e^{(i)}$, como sigue:

$$D_e^{(i)} = \begin{cases} 0, & \text{si y sólo si } A_b^{(h)} \geq 0 \\ -A_b^{(h)}, & \text{si y sólo si } A_b^{(h)} < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Evidentemente, de acuerdo con las ecuaciones (6) y (7), se cumple que:

$$A_b - D_e^{(i)} = A_b^{(h)} \quad (8)$$

El hecho de que $D_e^{(i)}$ represente un déficit interno implica que éste no debe transmitirse a las cuencas que se ubiquen aguas abajo de la que esté en estudio. La definición (6) asegura que esto sea así. De emplearse la ecuación (2) o la (3), de conformidad con la práctica de aplicación de la Norma, y suponiendo se tenga un sistema de dos cuencas consecutivas —una de cabecera y otra intermedia o de emisión—, un escurrimiento aparentemente negativo, $A_b^{(h)}$, que egrese de la primera, se transferiría como A_r a la segunda; sin embargo, por su valor negativo se estaría incrementando virtualmente la extracción (Aldama, 2007), afectando el balance hídrico en ella.

Este problema queda subsanado mediante el empleo de la definición (6), en donde el volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba en la cuenca intermedia o de emisión sería siempre igual al término A_p correspondiente a la cuenca de cabecera, el cual sería igual al residuo del balance hídrico en la misma, $A_b^{(h)}$, si el déficit interno en ella es cero, y sería igual a cero de lo contrario.

Déficit externo

Cuando el residuo del balance hídrico de la cuenca bajo estudio, $A_b^{(h)}$, resulta positivo,

el déficit interno es nulo. No obstante, puede existir un déficit en la cuenca debido a compromisos que existan con la cuenca o cuencas ubicadas aguas abajo, lo cual da origen al *déficit externo*, como se explica en esta sección.

La especificación 4.3.10 de la Norma establece que el volumen anual actual comprometido aguas abajo, R_{xy} , corresponde a "la parte de los escurrimientos de la cuenca hacia aguas abajo, necesaria para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a las reservas, conservación ecológica, reglamentos y programación hidráulica". Conforme a esta definición, en ningún caso R_{xy} puede ser mayor que A_b ; cuando mucho, puede llegar a tener un valor de hasta A_b , es decir, el 100% del escurrimiento hacia aguas abajo. Además, con la definición actualmente contenida en la Norma, dada por la ecuación (1), un valor de R_{xy} mayor que A_b resultaría en un valor negativo de disponibilidad (lo que es contradictorio, dado que no es posible tener como disponible un faltante), al tiempo que excedería al 100% del escurrimiento, A_b , determinado. Queda claro, entonces, que existe una contradicción de términos en la definición de R_{xy} al ser definido como la parte de los escurrimientos de la cuenca hacia aguas abajo.

Para subsanar estas inconsistencias es necesario ahora reformular la definición de disponibilidad, D , de la siguiente manera:

$$D = A_b - R_{xy}^{(f)} \quad (9)$$

donde $R_{xy}^{(f)}$ representa la porción del volumen anual actual necesario aguas abajo, R_{xy} , que es físicamente factible proporcionar para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a las reservas, conservación ecológica, reglamentos y programación hidráulica.

También es necesario modificar la definición del volumen anual actual comprometido aguas abajo, R_{xy} , como sigue: "volumen anual actual necesario aguas abajo para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a las reservas, conservación ecológica, reglamentos y programación hidráulica".

Tomando en cuenta lo anterior, es posible introducir la siguiente condición de factibilidad física para $R_{xy}^{(f)}$:

$$0 \leq R_{xy}^{(f)} \leq \text{mín}(A_b, R_{xy}) \quad (10)$$

Es evidente que es deseable satisfacer en la mayor proporción posible el volumen anual actual comprometido aguas abajo. La siguiente definición de dicha porción, que es físicamente factible proporcionar, $R_{xy}^{(f)}$, maximiza dicha variable dentro del espacio factible de soluciones, definido por la ecuación (10):

$$R_{xy}^{(f)} = \begin{cases} A_b, & \text{si y sólo si } A_b \leq R_{xy} \\ R_{xy}, & \text{si y sólo si } A_b > R_{xy} \end{cases} \quad (11)$$

De acuerdo con la ecuación (9), cuando la disponibilidad sea nula ($D = 0$), $R_{xy}^{(f)}$ será igual a A_b . De conformidad con la ecuación (11), esto sólo puede ocurrir si $A_b \leq R_{xy}$. En este caso puede o no haber un déficit interno. Cuando lo hay, $R_{xy}^{(f)} = A_b = 0$ (véanse ecuaciones (6) y (7)). Cuando no lo hay, $R_{xy}^{(f)} = A_b > 0$. En este caso existen también dos posibilidades: si $R_{xy}^{(f)} = A_b = R_{xy}$ será físicamente factible satisfacer el volumen anual actual comprometido aguas abajo; en cambio, si $R_{xy}^{(f)} = A_b < R_{xy}$ existirá un déficit externo a la cuenca bajo estudio.

Con base en la discusión anterior, es necesario definir el déficit externo que corresponde a la cuenca como:

$$D_e^{(e)} = R_{xy} - R_{xy}^{(f)} \quad (12)$$

Las definiciones de los conceptos de disponibilidad (D), porción del volumen

anual actual comprometido aguas abajo que es físicamente factible proporcionar ($R_{xy}^{(f)}$), y déficit (D_e), implican que todos los volúmenes involucrados resultan físicamente posibles (esto es, con valores no negativos) y eliminan las contradicciones conceptuales presentes en la actual versión de la Norma.

Déficit total en la cuenca

El déficit total medio anual en la cuenca que se esté analizando sería entonces la suma del déficit interno y del externo:

$$D_e^{(t)} = D_e^{(i)} + D_e^{(e)} \quad (13)$$

Escenarios de déficit y disponibilidad en una cuenca

De acuerdo con las ecuaciones (6), (7), (9), (11) (12) y (13), los posibles escenarios de déficit y disponibilidad en una cuenca se detallan a continuación:

I. Con disponibilidad de agua superficial ($D > 0$):

$$D_e^{(i)} = D_e^{(e)} = 0 \Rightarrow \begin{cases} A_b = A_b^{(h)} > 0 \\ R_{xy}^{(f)} = R_{xy} \geq 0 \Leftrightarrow A_b > R_{xy} \\ D_e^{(t)} = 0 \end{cases} \quad (14)$$

II. En equilibrio ($D = 0$):

$$D_e^{(i)} = D_e^{(e)} = 0 \Rightarrow \begin{cases} A_b = A_b^{(h)} = 0 \\ R_{xy}^{(f)} = R_{xy} = 0 \Leftrightarrow A_b = R_{xy} \\ D_e^{(t)} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

III. Con déficit de agua superficial ($D_e^{(t)} > 0$):

a) Déficit interno positivo y déficit externo nulo:

$$D = 0 \Rightarrow \begin{cases} A_b^{(h)} < 0 \Leftrightarrow A_b = 0 \\ D_e^{(i)} = -A_b^{(h)} > 0 \\ D_e^{(e)} = 0 \Rightarrow R_{xy}^{(f)} = R_{xy} = 0 \end{cases} \quad (16)$$

b) Déficit interno nulo y déficit externo positivo:

$$D = 0 \Rightarrow \begin{cases} A_b^{(h)} = A_b \geq 0 \\ D_e^{(i)} = 0 \\ D_e^{(e)} > 0 \Rightarrow R_{xy}^{(f)} < R_{xy} \Leftrightarrow R_{xy}^{(f)} = A_b \end{cases} \quad (17)$$

c) Déficit interno y externo positivos:

$$D = 0 \Rightarrow \begin{cases} A_b^{(h)} < 0 \Leftrightarrow A_b = 0 \\ D_e^{(i)} = -A_b^{(h)} > 0 \\ D_e^{(e)} > 0 \Rightarrow R_{xy}^{(f)} < R_{xy} \Leftrightarrow R_{xy}^{(f)} = A_b \end{cases} \quad (18)$$

Caso de estudio: la cuenca del río Bravo, Región Hidrológica 24

Con la finalidad de ilustrar la aplicación de la propuesta desarrollada en el apartado titulado "Método de cálculo que se propone para conciliar los conceptos de disponibilidad y déficit en la Norma", se consideró el caso de la parte mexicana de la cuenca del río Bravo.

La cuenca del río Bravo

La cuenca del río Bravo se ubica en la porción noreste de México y sureste de los Estados Unidos de América, entre las latitudes 24° 30' y 38° 00' norte, y las longitudes 97° 10' y 108° 25' este (figura 2). Comprende una extensión total de 457 275 km² desde su origen en las Montañas Rocallosas, en el estado de Colorado, hasta el Golfo de México; 226 275 km² pertenecen a México (Aparicio et al., 2009). Está inserta en territorio de los estados mexicanos de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Durango y Chihuahua, así como de los estados estadounidenses de Texas, Nuevo México y Colorado.

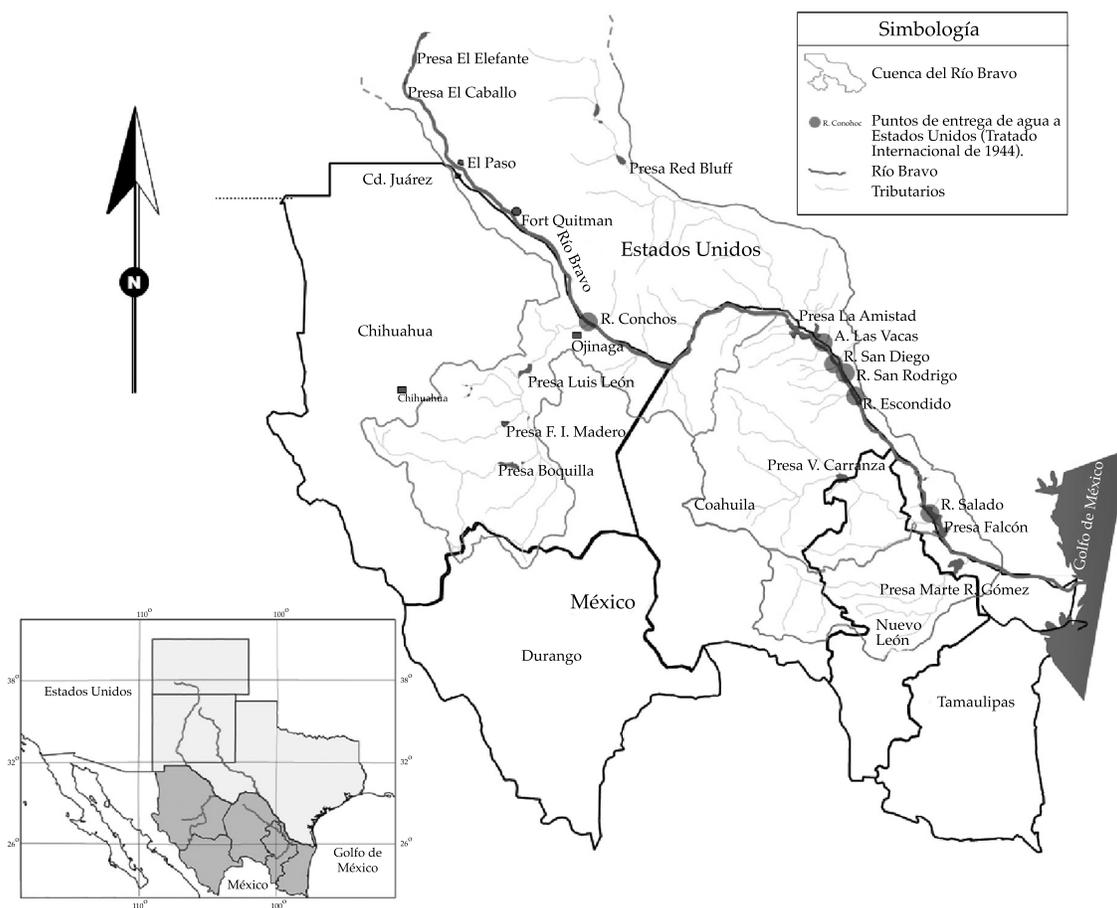


Figura 2. Cuenca del río Bravo en México.

Por su condición de cuenca transfronteriza, sus recursos hídricos son compartidos entre México y Estados Unidos de América conforme a acuerdos binacionales (CILA, 1906; CILA, 1944). Lo anterior, aunado a la alta variabilidad climática de la región, al crecimiento acelerado de la población y de sus actividades económicas, así como al alto grado de desarrollo del aprovechamiento del agua superficial, da como resultado una compleja problemática para la administración y distribución del recurso hídrico que se genera en ella.

Acuerdos internacionales que tienen efecto en la cuenca del río Bravo

La Convención para la Equitativa Distribución de las Aguas del Río Grande firmada el 21

de mayo de 1906 (CILA, 1906), y el Tratado Internacional sobre Distribución de las Aguas Internacionales celebrado entre México y los Estados Unidos, el 3 de febrero de 1944 (CILA, 1944), constituyen el marco jurídico entre ambos países para el aprovechamiento y la distribución de las aguas de los ríos Tijuana, Colorado y Bravo.

En virtud de la Convención de 1906, México recibe de Estados Unidos un volumen de 74 hm³ anualmente, que es entregado en el lecho del río Bravo frente a la boca-toma de la Acequia Madre, en Ciudad Juárez, Chihuahua; la derivación se realiza mediante la presa derivadora Internacional.

El Tratado Internacional sobre Distribución de Aguas de 1944, en su sección II, se refiere a la cuenca del río Bravo desde Fort Quitman,

Texas, hasta el Golfo de México (CILA, 1944). En el artículo cuarto, parte A, incisos a, b, c y d, se establece la asignación de agua a México; mientras que en la parte B, incisos a, b, c y d, se establece la que pertenece a los Estados Unidos. En el inciso c, parte B, se señala que corresponde a EUA una tercera parte del agua que llegue a la corriente principal del río Bravo procedente de los ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido y Salado, y el arroyo de Las Vacas; tercera parte que no será menor, en conjunto, en promedio y en ciclos de cinco años consecutivos, de 431 721 000 m³ (431.72 hm³) anuales. En la figura 2, simbolizados mediante un círculo achurado, se localizan los sitios de confluencia de estos seis tributarios, con la corriente principal del río Bravo.

Disponibilidad media anual de aguas superficiales conforme a la NOM-011-CNA-2000

Los resultados del estudio de disponibilidad media anual de las aguas superficiales de la región hidrológica Bravo-Conchos fueron publicados en el *Diario Oficial de la Federación* en septiembre del año 2008 (DOF, 2008).

Volumen medio anual de escurrimiento natural (C_p)

El volumen medio anual de escurrimiento natural se calculó mediante la metodología descrita en el apéndice A de la NOM-011-CNA-2000. Conforme a la especificación 4.1.2 de la norma, la CNA dividió la cuenca del río Bravo en 37 subcuencas, para las cuales consideró el periodo de análisis de 1950 al año 2004 (Aldama, 2007). Por tratarse de una cuenca aforada se consideraron todos los puntos de control hidrométrico existentes, como estaciones hidrométricas (EH) y presas de almacenamiento. El desarrollo completo para cada subcuenca se consigna en el estudio técnico correspondiente (CNA-OCRB, 2008a), que señala el artículo tercero del acuerdo por el que se dan a conocer los resultados del

estudio de disponibilidad de la cuenca del río Bravo; está disponible para consulta pública (DOF, 2008).

Volumen medio anual de escurrimiento hacia aguas abajo (A_b)

El volumen medio anual de escurrimiento de la subcuenca bajo análisis hacia aguas abajo, A_b, se determinó mediante la expresión matemática (2) de este trabajo, equivalente a la que señala la especificación 4.2.2 de la norma, o la ecuación (3) en aquellas subcuencas en donde existen embalses. Los resultados del balance, así como los valores de los términos que intervienen en el estado hipotético estable, para obtener A_b en las 37 subcuencas, se muestran en el cuadro 1. Estos resultados forman parte de los estudios técnicos, que a su vez forman parte del estudio de disponibilidad de agua de la cuenca del río Bravo (CNA-OCRB, 2008a). En los estudios técnicos se puede consultar en forma detallada la manera de determinar los valores que toman las variables que intervienen en el balance representado por las ecuaciones (2) y (3); además, se puede recurrir a la propia norma (Semarnat, 2002).

Disponibilidad media anual de agua superficial (D)

La disponibilidad media anual de agua superficial se determinó mediante la ecuación (1) de este trabajo (especificación 4.2.1 de la norma). Los resultados de la disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca del río Bravo, conforme a la publicación en el DOF (2008), se muestran en el cuadro 2.

Obsérvese que no se conservan los 37 renglones (una subcuenca por renglón) que aparecen en el cuadro 1. Para poder asignar correctamente el valor del término R_{xy}, se acordó en el seno del Consejo de Cuenca del Río Bravo (CNA-OCRB, 2008b) agrupar los seis tributarios aludidos en el inciso c, parte B del artículo cuarto del Tratado Internacional de

Cuadro 1. Balance de agua superficial para obtener A_p . Adaptado de OCRB (2008).

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Subcuencas	Descripción	Hectómetros cúbicos (hm ³)								
					(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
					C_p	A_r	E_{xtr}	R	I_m	E_x	E_v	A_b	A_b
Alto Bravo	1	Bravo 1	Río Bravo: desde presa derivadora internacional (Cd. Juárez) hasta Fort Quitman		69.9	0.0	125.2	105.2	79.7	0.0	0.0	0.0	129.6
	2	Bravo 2	Río Bravo: desde Fort Quitman hasta estación Presidio		21.0	129.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	149.4
	3	Río Florido 1	Río Florido: desde su origen hasta la presa San Gabriel		121.1	0.0	19.3	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	83.8
	4	Río Florido 2	Río Florido: desde la presa San Gabriel hasta la EH San Antonio		54.6	83.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	135.6
Seis tributarios	5	Río Florido 3	Río Florido: desde la EH San Antonio hasta la EH Jiménez		16.8	135.6	157.2	0.0	0.0	0.0	3.1	-7.9	0.0
	6	Río Parral	Río Parral: desde su origen hasta la EH Búfalo		55.2	0.0	14.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	49.5
	7	Río Balleza	Río Balleza: desde su origen hasta el límite del estado de Chihuahua		85.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.6
	8	Río Conchos 1	Río Conchos: desde la EH Llanitos hasta la presa La Boquilla		987.0	85.6	770.8	713.6	0.0	0.0	191.8	0.0	823.6
	9	Río San Pedro	Río San Pedro: desde su origen hasta la presa Francisco I. Madero		361.0	0.0	269.7	245.8	0.0	0.0	43.4	0.0	293.7
	10	Río Conchos 2	Río Conchos: desde la EH Jiménez y Búfalo, y presas La Boquilla y Fco. I. Madero hasta la EH Las Burras		400.2	1 166.8	2 108.6	757.9	0.0	0.0	0.0	0.0	216.3
	11	Río Chuvíscar	Río Chuvíscar: desde su origen hasta la presa Chihuahua		6.1	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.8
	12	Río Conchos 3	Río Conchos: desde la EH Las Burras hasta la presa Luis L. León		74.6	218.1	53.6	57.7	0.0	0.0	0.0	52.0	244.7
	13	Río Conchos 4	Río Conchos: desde la presa Luis L. León hasta la EH Ojinaga		92.7	244.7	136.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.6
	18	Arroyo de Las Vacas	Arroyo de Las Vacas: desde su origen hasta la EH de Las Vacas		17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4

Cuadro 1 (continuación). Balance de agua superficial para obtener A_p . Adaptado de OCRB (2008).

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Subcuencas	Descripción	Hectómetros cúbicos (hm ³)										
					(1) C_p	(2) A_r	(3) E_{vir}	(4) R	(5) I_m	(6) E_x	(7) E_v	(8) A_b	(9) A_b		
Seis tributarios	19	Río San Diego	Río San Diego: desde su origen hasta la EH San Diego	209.8	0.0	45.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	161.3	161.3	
	21	Río San Rodrigo	Río San Rodrigo: desde su origen hasta la EH El Moral	121.4	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	117.0	117.0	
	23	Río Escondido	Río Escondido: desde su origen hasta la EH Escondido	61.4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2	60.2	
	26	Río Sabinas	Río Sabinas: desde su origen hasta la EH Sabinas	375.0	0.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	346.0	346.0	
	27	Río Nadadores	Río Nadadores: desde su origen hasta la EH Progreso	117.8	0.0	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2	64.2	
	28	Río Salado	Río Salado: desde las EH Sabinas y Progreso hasta la EH Tortillas	348.3	410.3	309.5	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	157.1	301.0	301.0	
	14	Río Bravo 3	Río Bravo: desde la EH Ojinaga y Presidio hasta la EH Rancho Johnson	26.3	350.0	19.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	359.0	359.0	
	15	Río Bravo 4	Río Bravo: desde la EH Rancho Johnson hasta la EH Rancho Foster	196.6	359.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	555.3	555.3	
Medio Bravo	16	Río Bravo 5	Río Bravo: desde la EH Rancho Foster hasta la presa La Amistad	201.4	555.3	1 464.5	1 464.5	0.0	0.0	0.0	0.0	166.9	589.9	589.9	
	17	Río Bravo 6	Río Bravo: desde la presa La Amistad hasta la EH Ciudad Acuña	2.8	589.9	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	586.0	586.0	
	20	Río Bravo 7	Río Bravo: desde la EH Cd. Acuña, Las Vacas y San Diego hasta la EH Jiménez	39.7	764.8	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	797.2	797.2	
	22	Río Bravo 8	Río Bravo: desde las EH Jiménez y El Moral hasta la EH Piedras Negras	11.7	914.2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	905.9	905.9	
	24	Río Bravo 9	Río Bravo: desde la EH Piedras Negras y Río Escondido hasta la EH Guerrero	16.5	966.1	56.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	926.2	926.2	
	25	Río Bravo 10	Río Bravo: desde la EH Guerrero hasta la EH Nuevo Laredo	84.4	926.2	59.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	951.5	951.5	
	29	Río Bravo 11	Río Bravo: desde las EH Nuevo Laredo y Tortillas hasta la presa Falcón	45.0	1 252.6	1 661.4	1 624.3	0.0	0.0	0.0	0.0	163.0	1 097.4	1 097.4	

Cuadro 1 (continuación). Balance de agua superficial para obtener A_p . Adaptado de OCRB (2008).

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Subcuencas	Descripción	Hectómetros cúbicos (hm ³)									
					(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
					C_p	A_r	E_{xtr}	R	I_m	E_x	E_v	A_b	A_b	
Bajo Bravo	30	Río Álamo	Río Álamo: desde su origen hasta la EH Mier		109.2	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	36.0	36.2	36.2	
	31	Río Salinas	Río Salinas: desde su origen hasta la EH Icamole		34.1	0.0	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	7.3	
	32	Río Pesquería	Río Pesquería: desde la EH Icamole hasta la EH Los Herrera		102.3	7.3	176.8	0.0	99.8	0.0	0.0	32.6	32.6	
	33	Río San Juan 1	Río San Juan: desde su origen hasta la presa El Cuchillo		762.8	0.0	611.3	99.8	26.0	100.6	105.8	71.0	71.0	
	34	Río San Juan 2	Río San Juan: desde la EH Los Herrera y presa El Cuchillo hasta la EH Los Aldama		41.2	103.6	24.8	0.0	0.8	0.0	0.0	120.8	120.8	
	35	Río San Juan 3	Río San Juan: desde la EH Los Aldama hasta la EH Camargo		185.8	120.8	552.0	0.0	37.0	0.0	196.9	-405.3	0.0	
	36	Río Bravo 12	Río Bravo: desde la presa Falcón y la EH Mier y Camargo hasta la EH Anzaldúas		102.7	701.9	1 321.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-516.6	0.0
	37	Río Bravo 13	Río Bravo: desde la EH Anzaldúas hasta la EH Matamoros (Golfo de México)		28.2	0.0	82.3	55.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	

1944 (CILA, 1944). Por lo que las subcuencas 3 a 13 (río Conchos), 18 (arroyo de Las Vacas), 19 (río San Diego), 21 (río San Rodrigo), 23 (río Escondido) y 26 a 28 (río Salado) se presentan en el cuadro 2 como una sola unidad (subregión seis tributarios). Así, R_{xy} tomó un valor de $1\,295.2\text{ hm}^3$, y la tercera parte que resulta igual a 431.7 hm^3 satisface la asignación de agua a Estados Unidos, procedente de los citados tributarios.

Para considerar la entrega a los Estados Unidos se incorporó la correspondiente exportación en la subregión denominada Medio Bravo, formada por las subcuencas 14 a 17, 20, 22, 24, 25 y 29, que aparecen en el cuadro 2. Para mayores detalles en cuanto a la discretización espacial de la cuenca del río Bravo para la determinación de la disponibilidad media anual de agua (cuadros 1 y 2), se sugiere al lector interesado consultar la publicación de los resultados (DOF, 2008) y los estudios técnicos correspondientes (Aldama, 2007; CNA-OCRB, 2008a).

Observando la columna extrema derecha del cuadro 2, correspondiente a la disponibilidad media anual de agua superficial (D), prácticamente toda la cuenca del río Bravo, con excepción de la última subcuenca (de la estación hidrométrica Anzaldúas hasta la estación hidrométrica Matamoros en la descarga al Golfo de México) tiene una disponibilidad de agua negativa, que de acuerdo con la especificación 4.4.5 de la norma representa un déficit. Nótese que la columna correspondiente al término A_b presenta valores negativos de escurrimiento medio anual hacia aguas abajo en las subcuencas 35 y 36.

Disponibilidad y déficit medios anuales de aguas superficiales, conforme al método propuesto

La determinación del volumen medio anual de escurrimiento natural (C_p) no sufre modificación con respecto al procedimiento que se describe en el apartado 5.3.1 de este trabajo. El volumen medio anual de escurrimiento

hipotético de la cuenca hacia aguas abajo (residuo del balance hídrico), $A_b^{(h)}$, se determinó mediante las ecuaciones (4) y (5), mientras que el volumen de escurrimiento medio anual de la cuenca hacia aguas abajo, A_v , se estimó mediante la expresión (6). Los resultados del balance hídrico para cada subcuenca se muestran en el cuadro 3 (columnas 1 a 9). Obsérvese que no existe diferencia entre los resultados obtenidos conforme a la Norma (véase el cuadro 1), sólo cambia el encabezado de la columna 8.

Déficit interno

El déficit interno para cada subcuenca se determinó mediante la expresión (7); los resultados se muestra en la columna 10 del cuadro 3. Obsérvese que conforme a la ecuación (7), $D_e^{(i)} = -A_b^{(h)}$ en aquellas cuencas en donde $A_b^{(h)} < 0$, de lo contrario el déficit interno es nulo. La expresión (6) evita que el déficit interno se transfiera a las subcuencas ubicadas aguas abajo (columnas 8, 9 y 2), al tiempo que la condición de factibilidad $A_b \geq 0$ se satisface en todo momento (columna 9). Se hace hincapié en que este déficit tiene lugar internamente en la subcuenca analizada.

Disponibilidad media anual de agua superficial

Siguiendo la metodología propuesta, se construyó el cuadro 4, en el cual las columnas 1 a 3 se emplean para determinar la disponibilidad media anual de agua superficial, D , conforme a la ecuación (9). Nótese que la condición de factibilidad (5) se satisface (véase columna 1), por lo que los valores de A_b siempre resultan no negativos, a diferencia de lo que ocurre en el cuadro 2.

En la columna 2 del cuadro 4 se consignan los valores obtenidos para $R_{xy}^{(f)}$ mediante la ecuación (11). Obsérvese que se cumple que este término toma el valor que resulte menor de entre A_b y R_{xy} (columnas 1 y 4, respectivamente), que es el valor máximo que puede tomar dentro del espacio factible de soluciones representado por la condición de factibilidad (10).

Cuadro 2. Resultados de la disponibilidad media anual de la cuenca del río Bravo.
Adaptado del *Diario Oficial de la Federación* (2008).

Sub-Región	Cuencas			(1)	(2)	(3)
	Núm.	Denominación oficial	Descripción	A_b	R_{xy}	D
				Hectómetros cúbicos		
Alto Bravo	1	Río Bravo 1	Río Bravo: desde presa derivadora Internacional (Cd. Juárez) hasta Fort Quitman	129.6	149.7	-20.1
	2	Río Bravo 2	Río Bravo: desde Fort Quitman hasta estación Presidio	149.4	172.8	-23.4
Seis tributarios	3 a 13, 18, 19, 21, 23 y 26 a 28	Río Florido 1 a 3, río Parral, río Balleza, río Conchos 1 a 4, río San Pedro, río Chuvíscar, arroyo de Las Vacas, río San Diego, río San Rodrigo, río Escondido, río Sabinas, río Nadadores y río Salado	Cuencas de los seis tributarios señalados en el inciso c de la parte B del artículo 4 del Tratado sobre Aguas Internacionales de 1944	857.5	1 295.2	-437.6
Medio Bravo	14 a 17, 20, 22, 24, 25 y 29	Río Bravo 3 a 11	Cuenca del cauce principal del río Bravo, señalada en el inciso d de la parte B del artículo 4 del Tratado sobre Aguas Internacionales de 1944	665.7	1 403.5	-737.8
Bajo Bravo	30	Río Álamo	Río Álamo: desde su origen hasta la EH Mier	36.2	38.7	-2.5
	31	Río Salinas	Río Salinas: desde su origen hasta la EH Icamole	7.3	8.4	-1.1
	32	Río Pesquería	Río Pesquería: desde la EH Icamole hasta la EH Los Herrera	32.6	64.5	-31.9
	33	Río San Juan 1	Río San Juan: desde su origen hasta la presa El Cuchillo	71.0	140.4	-69.5
	34	Río San Juan 2	Río San Juan: desde la EH Los Herrera y presa El Cuchillo hasta la EH Los Aldama	120.8	263.3	-142.5
	35	Río San Juan 3	Río San Juan: desde la EH Los Aldama hasta la EH Camargo	-405.3	0.0	-405.3
	36	Río Bravo 12	Río Bravo: desde la presa Falcón y la EH Mier y Camargo hasta la EH Anzaldúas	-516.6	0.0	-516.6
	37	Río Bravo 13	Río Bravo: desde la EH Anzaldúas hasta la EH Matamoros (Golfo de México)	0.9	0.0	0.9

Cuadro 3. Balance de agua superficial para obtener $A_b^{(h)}$, A_b (columnas 1 a la 9; adaptado de OCRB, 2008) y el déficit interno, $D_e^{(i)}$, por subcuenca (columna 10). Forma propuesta en este trabajo.

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Descripción	Hectómetros cúbicos (hm ³)							$D_e^{(i)}$ (hm ³)			
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)
				C_p	A_r	E_{str}	R	I_m	E_x	E_v	A_b	A_b	$D_e^{(i)}$	
Alto Bravo	1	Bravo 1	Río Bravo: desde presa derivadora internacional (Cd. Juárez) hasta Fort Quitman	69.9	0.0	125.2	105.2	79.7	0.0	0.0	129.6	129.6	0.0	
	2	Bravo 2	Río Bravo: desde Fort Quitman hasta estación Presidio	21.0	129.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	149.4	149.4	0.0	
	3	Río Florido 1	Río Florido: desde su origen hasta la presa San Gabriel	121.1	0.0	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	83.8	83.8	0.0
	4	Río Florido 2	Río Florido: desde la presa San Gabriel hasta la EH San Antonio	54.6	83.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	135.6	135.6	0.0	
	5	Río Florido 3	Río Florido: desde la EH San Antonio hasta la EH Jiménez	16.8	135.6	157.2	0.0	0.0	0.0	3.1	-7.9	0.0	7.9	
	6	Río Parral	Río Parral: desde su origen hasta la EH Búfalo	55.2	0.0	14.0	8.3	0.0	0.0	0.0	49.5	49.5	0.0	
Seis tributarios	7	Río Balleza	Río Balleza: desde su origen hasta el límite del estado de Chihuahua	85.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.6	85.6	0.0	
	8	Río Conchos 1	Río Conchos: desde la EH Llanitos hasta la presa La Boquilla	987.0	85.6	770.8	713.6	0.0	0.0	191.8	823.6	823.6	0.0	
	9	Río San Pedro	Río San Pedro: desde su origen hasta la presa Francisco I. Madero	361.0	0.0	269.7	245.8	0.0	0.0	43.4	293.7	293.7	0.0	
	10	Río Conchos 2	Río Conchos: desde la EH Jiménez y Búfalo, y presas La Boquilla y Francisco I. Madero hasta la EH Las Burras	400.2	1 166.8	2 108.6	757.9	0.0	0.0	0.0	216.3	216.3	0.0	
	11	Río Chuvíscar	Río Chuvíscar: desde su origen hasta la presa Chihuahua	6.1	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.8	1.8	0.0
	12	Río Conchos 3	Río Conchos: desde la EH Las Burras hasta la presa Luis L. León	74.6	218.1	53.6	57.7	0.0	0.0	0.0	52.0	244.7	244.7	0.0
	13	Río Conchos 4	Río Conchos: desde la presa Luis L. León hasta la EH Ojinaga	92.7	244.7	136.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.6	200.6	0.0

Cuadro 3 (continuación). Balance de agua superficial para obtener $A_b^{(h)}$, A_b (columnas 1 a la 9; adaptado de OCRB, 2008) y el déficit interno, $D_e^{(i)}$, por subcuenca (columna 10). Forma propuesta en este trabajo.

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Subcuencas							$D_e^{(i)}$ (hm ³)		
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)
			C_p	A_r	E_{str}	R	I_m	E_x	E_v	A_b	A_b	
			Hectómetros cúbicos (hm ³)									
Descripción												
Seis tributarios	18	Arroyo de Las Vacas	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	17.4	0.0
	19	Río San Diego	209.8	0.0	45.9	0.0	0.0	0.0	2.5	161.3	161.3	0.0
	21	Río San Rodrigo	121.4	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	2.9	117.0	117.0	0.0
	23	Río Escondido	61.4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2	60.2	0.0
	26	Río Sabinas	375.0	0.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	346.0	346.0	0.0
	27	Río Nadadores	117.8	0.0	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2	64.2	0.0
	28	Río Salado	348.3	410.3	309.5	9.1	0.0	0.0	157.1	301.0	301.0	0.0
Medio Bravo	14	Río Bravo 3	26.3	350.0	19.1	1.7	0.0	0.0	0.0	359.0	359.0	0.0
	15	Río Bravo 4	196.6	359.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	555.3	555.3	0.0
	16	Río Bravo 5	201.4	555.3	1 464.5	1 464.5	0.0	0.0	166.9	589.9	589.9	0.0
	17	Río Bravo 6	2.8	589.9	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	586.0	586.0	0.0
	20	Río Bravo 7	39.7	764.8	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	797.2	797.2	0.0
	22	Río Bravo 8	11.7	914.2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	905.9	905.9	0.0

Cuadro 3 (continuación). Balance de agua superficial para obtener $A_b^{(h)}$, A_b (columnas 1 a la 9; adaptado de OCRB, 2008) y el déficit interno, $D_e^{(i)}$, por subcuenca (columna 10). Forma propuesta en este trabajo.

Sub-Región	Núm.	Subcuencas		Descripción	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
		Denominación oficial												
Hectómetros cúbicos (hm ³)														
Medio Bravo	24	Río Bravo 9		Río Bravo: desde las EH Piedras Negras y Río Escondido hasta la EH Guerrero	16.5	966.1	56.3	0.0	0.0	0.0	0.0	926.2	926.2	0.0
	25	Río Bravo 10		Río Bravo: desde la EH Guerrero hasta la EH Nuevo Laredo	84.4	926.2	59.1	0.0	0.0	0.0	0.0	951.5	951.5	0.0
	29	Río Bravo 11		Río Bravo: desde la EH Nuevo Laredo y Tortillas hasta la presa Falcón	45.0	1 252.6	1 661.4	1,624.3	0.0	0.0	0.0	1 097.4	1 097.4	0.0
	30	Río Álamo		Río Álamo: desde su origen hasta la EH Mier	109.2	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	36.0	36.2	36.2	0.0
	31	Río Salinas		Río Salinas: desde su origen hasta la EH Icamole	34.1	0.0	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	7.3	0.0
	32	Río Pesquería		Río Pesquería: desde la EH Icamole hasta la EH Los Herrera	102.3	7.3	176.8	0.0	99.8	0.0	0.0	32.6	32.6	0.0
Bajo Bravo	33	Río San Juan 1		Río San Juan: desde su origen hasta la presa El Cuchillo	762.8	0.0	611.3	99.8	26.0	100.6	105.8	71.0	71.0	0.0
	34	Río San Juan 2		Río San Juan: desde la EH Los Herrera y la presa El Cuchillo hasta la EH Los Aldama	41.2	103.6	24.8	0.0	0.8	0.0	0.0	120.8	120.8	0.0
	35	Río San Juan 3		Río San Juan: desde la EH Los Aldama hasta la EH Camargo	185.8	120.8	552.0	0.0	37.0	0.0	196.9	-405.3	0.0	405.3
	36	Río Bravo 12		Río Bravo: desde la presa Falcón y la EH Mier y Camargo hasta la EH Anzaldúas	102.7	701.9	1 321.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-516.6	0.0	516.6
	37	Río Bravo 13		Río Bravo: desde la EH Anzaldúas hasta la EH Matamoros (Golfo de México)	28.2	0.0	82.3	55.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.0

Cuadro 4. Resultados de la disponibilidad media anual de la cuenca del río Bravo, así como de los déficit medios anuales internos, externos y totales. Forma propuesta en este trabajo.

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Descripción	Hectómetros cúbicos			Hectómetros cúbicos			(7)
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Cuencas				A_b	$R_{xy}^{(f)}$	D	R_{xy}	$D_e^{(e)}$	$D_e^{(f)}$	$D_e^{(t)}$
Alto Bravo	1	Río Bravo 1	Río Bravo: desde la presa derivadora Internacional (Cd. Juárez) hasta Fort Quitman	129.6	129.6	0.0	149.7	20.1	0.0	20.1
	2	Río Bravo 2	Río Bravo: desde Fort Quitman hasta la estación Presidio	149.4	149.4	0.0	172.8	23.4	0.0	23.4
Seis tributarios	3 a 13, 18, 19, 21, 23 y 26 a 28	Río Florido 1 a 3, río Parral, río Balleza, río Conchos 1 a 4, río San Pedro, río Chuvíscar, arroyo de Las Vacas, río San Diego, río San Rodrigo, río Escondido, río Sabinas, río Nadadores y río Salado	Cuencas de los seis tributarios señalados en el inciso c de la parte B del artículo 4 del Tratado sobre Aguas Internacionales de 1944	857.5	857.5	0.0	1 295.2	437.6	7.9	445.5
	14 a 17, 20, 22, 24, 25 y 29	Río Bravo 3 a 11	Cuenca del cauce principal del río Bravo señalada en el inciso d de la parte B del artículo 4 del Tratado sobre Aguas Internacionales de 1944	665.7	665.7	0.0	1 403.5	737.8	0.0	737.8
Bajo Bravo	30	Río Álamo	Río Álamo: desde su origen hasta la EH Mier	36.2	36.2	0.0	38.7	2.5	0.0	2.5
	31	Río Salinas	Río Salinas: desde su origen hasta la EH Icamole	7.3	7.3	0.0	8.4	1.1	0.0	1.1

Cuadro 4 (continuación). Resultados de la disponibilidad media anual de la cuenca del río Bravo, así como de los déficit medios anuales internos, externos y totales. Forma propuesta en este trabajo.

Sub-Región	Núm.	Denominación oficial	Descripción	Hectómetros cúbicos			Hectómetros cúbicos			
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
		Cuencas		A_b	$R_{xy}^{(f)}$	D	R_{xy}	$D_e^{(e)}$	$D_e^{(t)}$	$D_e^{(t)}$
Bajo Bravo	32	Río Pesquería	Río Pesquería: desde la EH Icamole hasta la EH Los Herrera	32.6	32.6	0.0	64.5	31.9	0.0	31.9
	33	Río San Juan 1	Río San Juan: desde su origen hasta la presa El Cuchillo	71.0	71.0	0.0	140.4	69.5	0.0	69.5
	34	Río San Juan 2	Río San Juan: desde la EH Los Herrera y la presa El Cuchillo hasta la EH Los Aldama	120.8	120.8	0.0	263.3	142.5	0.0	142.5
	35	Río San Juan 3	Río San Juan: desde la EH Los Aldama hasta la EH Camargo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	405.3	405.3
	36	Río Bravo 12	Río Bravo: desde la presa Falcón y la EH Mier y Camargo hasta la EH Anzalduías	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	516.6	516.6
	37	Río Bravo 13	Río Bravo: desde la EH Anzalduías hasta la EH Matamoros (Golfo de México)	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0

Los valores de la disponibilidad media anual (D) que resultan con el procedimiento propuesto son físicamente factibles (columna 3 del cuadro 4), a diferencia de lo que ocurre cuando se emplean las ecuaciones (2) y (3), conforme al procedimiento que establece la Norma (columna 3 del cuadro 2). En efecto, ya no resultan valores negativos de disponibilidad; en lugar de ello, $D = 0$ (no hay disponibilidad), pero en el caso de los valores positivos, el resultado se conserva (véase la subcuenca 37 denominada "Río Bravo 13", en los cuadros 2 y 3).

Déficit externo

El déficit externo, $D_e^{(e)}$, se determinó mediante la ecuación (12); los resultados obtenidos se presentan en la columna 5 del cuadro 4. Nótese que en todo momento se cumple que $R_{xy}^{(f)} \leq R_{xy}'$ conforme a la ecuación (11), por lo que $D_e^{(e)}$ siempre resulta en valores no negativos. Se hace notar que este déficit tiene lugar en la subcuenca o subcuencas ubicadas aguas abajo de la subcuenca en estudio.

Déficit total

Para completar el cuadro 4 (que es la que finalmente se publicaría en un momento dado), los valores del déficit interno previamente determinados (véase "Déficit interno" del apartado "Disponibilidad y déficit medios anuales de aguas superficiales, conforme al método propuesto"), se consignan en la columna 6.

El déficit total, $D_e^{(t)}$, se determinó mediante la ecuación (12). Los resultados obtenidos se consignan en la columna 7 del cuadro 4. Obsérvese que el $D_e^{(t)}$ obtenido corresponde con los valores de disponibilidad que resultaron negativos con el procedimiento que establece la Norma (columna 3 del cuadro 2), con excepción de la subregión seis tributarios.

El valor de $D = -437.6 \text{ hm}^3$ (subregión seis tributarios), publicado en el estudio de disponibilidad de la cuenca del río Bravo

(DOF, 2008), refleja únicamente el déficit externo; sin embargo, el $D_e^{(t)} = 437.6 + 7.9 = 445.5 \text{ hm}^3$. Cabe señalar que esta diferencia resulta como consecuencia de haber agrupado varias subcuencas en la subregión denominada "seis tributarios", situación particular de la cuenca del río Bravo, que obedeció a la correcta incorporación del Tratado Internacional de Aguas de 1944.

Conclusiones

Se propone una alternativa para conciliar los conceptos de disponibilidad y déficit de agua en el contexto de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, así como un procedimiento para su determinación. El caso de estudio correspondiente a la cuenca del río Bravo muestra la consistencia conceptual, matemática y metodológica del planteamiento descrito en el apartado "Método de cálculo que se propone para conciliar los conceptos de disponibilidad y déficit en la Norma". El método propuesto permite entender con mayor claridad los resultados que se obtienen de un estudio de disponibilidad de aguas superficiales en una cuenca hidrológica.

Para incorporar los resultados de este trabajo en la Norma será necesario redefinir el concepto de volumen anual actual comprometido aguas abajo (R_{xy}) y definir nuevos conceptos: volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo en el estado hipotético estable $A_h^{(h)}$; porción del volumen anual actual necesario aguas abajo que es físicamente factible proporcionar, $R_{xy}^{(f)}$; déficit interno, $D_e^{(i)}$; déficit externo, $D_e^{(e)}$; déficit total, $D_e^{(t)}$. Asimismo, se deberán realizar adecuaciones a algunas ecuaciones, pero también incluir nuevas expresiones matemáticas. La metodología planteada en este trabajo permite la descomposición del déficit total en interno y externo, lo que para fines de planeación hídrica resulta de gran utilidad.

Los resultados que se obtienen de aplicar la metodología propuesta son consistentes

en lo general con la forma en que se publican actualmente, sin embargo, mejoran de forma notable su interpretación y facilitan sustancialmente el proceso de comunicación a la sociedad.

Agradecimientos

El presente trabajo fue desarrollado como parte del proyecto de investigación CHIH-2006-C01-54912, con el apoyo de recursos económicos del Fondo Mixto Conacyt-Gobierno del Estado de Chihuahua, México.

Recibido: 03/04/11
Aceptado: 30/05/12

Referencias

- ALDAMA, A.A. *Disponibilidad de aguas superficiales en la cuenca del río Bravo*. Informe preparado para la Comisión Nacional del Agua y la Organización Meteorológica Mundial, México, D.F., 2007.
- APARICIO, J., ORTEGA, E., HIDALGO, J. y ALDAMA, A.A. *Recursos hídricos en la frontera norte*. Jiutepec, México: IMTA, 2009.
- AG-NWC. *Australian Water Resources 2005. A baseline assessment of water resources for National Water Initiative, Level 2 Assessment, Water Availability Theme-National Perspective*. Canberra, Australia: Australian Government-National Water Commission, 2005.
- BOE. 13042 Ley 10/2001 del 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional. *Boletín Oficial Español*. Núm. 161, 6 de julio de 2001, pp. 24228-242500.
- BOE. 13182 Real Decreto 907/2007 del 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. *Boletín Oficial Español*. Núm. 162, 7 de julio de 2007, pp. 29361-29398.
- CDHCU. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. *Diario Oficial de la Federación*, 24 de agosto de 2009 (última reforma). México D.F.: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2009.
- CILA. *Convención para la Equitativa Distribución de las Aguas del Río Bravo (Tratado de Agua para el Valle de Juárez)*. México, D.F.: Comisión Internacional del Límites y Aguas, Sección Mexicana, 1906.
- CILA. *Tratado sobre la Distribución de Aguas Internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América (Tratado de Aguas)*. México, D.F.: Comisión Internacional del Límites y Aguas, Sección Mexicana, 1944.
- CNA. *Ley Federal de Aguas Nacionales y su reglamento*. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua, 2004.
- CNA-OCRB. *Estudio de disponibilidad de agua superficial de la Cuenca del Río Bravo. Hoja de cálculo dinámica en Microsoft Excel*. Monterrey, México: Comisión Nacional del Agua-Organismo de Cuenca Río Bravo, 2008a.
- CNA-OCRB. *Acta que se formula para hacer constar la décima reunión ordinaria del Grupo de Seguimiento y Evaluación del Consejo de Cuenca del Río Bravo, 7 de marzo de 2008*. Monterrey, México: Comisión Nacional del Agua-Organismo de Cuenca Río Bravo, 2008b.
- DOF. Acuerdo por el que se da a conocer los resultados del estudio de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en la región hidrológica denominada Bravo-Conchos. *Diario Oficial de la Federación*. Segunda Sección, México, D.F., 22 de septiembre de 2008, pp. 1-85.
- DOCE. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 23 de octubre de 2000, por el que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. Vol. I, núm. 327, 22 de diciembre de 2000, pp. 1-73.
- LAROUSSE. *El Pequeño Larousse Ilustrado*. Edición Centenario. México, D.F.: Larousse, 2005.
- MOP-DGA. *Manual de normas y procedimientos para la administración de recursos hídricos*. Santiago, Chile: Ministerio de Obras Públicas-Dirección General de Aguas, 2002.
- OMM-UNESCO. *Evaluación de los recursos hídricos. Manual para la estimación de las capacidades nacionales*. Montevideo: Organización Meteorológica Mundial-Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1998.
- ROSEGRANT, M.W. Water Transfers in California: Potentials and Constraints. *Water International*. Vol. 20, No. 2, 1995, pp. 72-87, doi 10.1080/02508069508686453.
- SEMARNAT. NOM-011-CNA-2000 Conservación del Recurso Agua - Que establece las especificaciones y el Método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. *Diario Oficial de la Federación* [en línea]. Primera Sección. México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, miércoles 17 de abril de 2002, pp. 2-18. Disponible en *World Wide Web*: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=2&n4=11>.
- SEMARNAT. Acuerdo por el que se da a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río Lerma-Chapala. *Diario Oficial de la Federación*. México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, miércoles 15 de octubre de 2003, pp. 1-11.
- SEMARNAT. Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas de los ríos

- Pilón 1, Pilón 2, Blanco, San Antonio, Purificación 1, Purificación 2, Corona, Arroyo Grande, Área no aforada, Soto la Marina 1, Soto la Marina 2, Palmas y Soto la Marina 3, mismos que conforman parte de la porción hidrológica denominada Río Soto la Marina. *Diario Oficial de la Federación*. Primera Sección. México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, miércoles 13 de junio de 2006, pp. 1-37.
- SILVA-HIDALGO, H., MARTÍN-DOMÍNGUEZ, I.R., ALARCÓN-HERRERA, M.T., and GRANADOS-OLIVAS, A. Mathematical Modelling for the Integrated Management of Water Resources in Hydrological Basins. *Water Resources Management*. Vol. 23. No. 4, 2008a, pp. 721-730, doi 10.1007/s11269-008-9296-y.
- SILVA-HIDALGO, H., MARTÍN-DOMÍNGUEZ, I.R., ALARCÓN-HERRERA, M.T., and GRANADOS-OLIVAS, A. Water resource management in hydrological basins: the case of Mexico. *Proceedings of the XX International Water Association*. Viena, Austria: World Water Congress, September, 7-12, 2008b.
- SILVA-HIDALGO, H. *Modelo matemático para la distribución de agua superficial en cuencas hidrológicas*. Tesis de doctorado. Chihuahua, México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., 2010.
- SO-WRD. *Determining Surface Water Resources Availability in Oregon*. Cooper, R.M. (author). Open File Report SW 02-002. Salem, USA: State of Oregon, Water Resources Department, 2002.
- SVUBURE, O., SOPORA, G., MANDIREGA, S., RUSERE, F., NDEKETEYA, A., and MOYO, D. Water conflicts on Manjirenji-Mkwesine irrigation water supply canal, Masvingo province, Zimbabwe. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*. Vol. 2, No. 10, 2010, pp. 219-227 [available online <http://academicjournal.org/JAERD>].
- UNESCO-PHI. *Evaluación de los recursos hídricos, PHI-VI / Documento Técnico núm. 4*. Montevideo: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Programa Hidrológico Internacional, 2006.
- WURBS, R. Texas Water Availability Modeling system. *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE*. Vol. 131, No. 4, 2005, pp. 270-279.
- WURBS, R. Methods for developing Naturalized Monthly Flows at Gaged and Ungaged Sites. *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*. Vol. 11, No. 1, 2006, pp. 55-64.

Abstract

SILVA-HIDALGO, H., ALDAMA, A.A., MARTÍN-DOMÍNGUEZ, I.R. & ALARCÓN-HERRERA, M.T. Methodology to determine availability and deficit of surface water in basins: application case for the Mexican norms. Water Technology and Sciences (in Spanish). Vol. IV, No. 1, January-March, 2013, pp. 27-50.

According to the Mexican National Waters Law, the existence of an annual mean availability of surface water is a condition for the authorization of new concessions or designations in a basin. The Official Mexican Norm NOM-011-CNA-2000 establishes the procedure for its determination. Although the concept of a deficit is opposite to that of availability, the former is implicit and the latter is a Mexican norm. Both concepts are analyzed in this work, and a general and consistent mathematical proposal is presented in order to independently determine both; decomposing total deficit into internal and external is also considered. The conceptual and numerical functionality is shown for the methodology proposed based on its application to the case of the Bravo River basin, presented as an example for demonstration purposes. The procedure developed is applicable to any basin regardless of the country in which it is located, and facilitates the interpretation by society of studies related to water availability and its use in water planning. The incorporation of the results of this work into the NOM-011-CNA-2000 will enrich this important normative instrument in Mexico.

Keywords: water balance, surface water availability, surface water deficit, NOM-011-CNA-2000.

Dirección institucional de los autores

Dr. Humberto Silva-Hidalgo

Junta Central de Agua y Saneamiento
Departamento de Investigación y Desarrollo
Avenida Teófilo Borunda 500
31000 Chihuahua, Chihuahua, MÉXICO
Teléfono y fax: +52 (614) 439 3506
silvahi@gmail.com

Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Chihuahua
Circuito Universitario Campus II
31124 Chihuahua, Chihuahua, MÉXICO
Teléfono: +52 (614) 442 9500
hsilva@uach.mx

Dr. Álvaro A. Aldama

Consultor independiente
Teléfono: +52 (777) 1626 340
alvaro.aldama@gmail.com

Dr. Ignacio R. Martín-Domínguez

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
Miguel de Cervantes 120
Complejo Industrial Chihuahua
31109 Chihuahua, Chihuahua, MÉXICO
Teléfono: +52 (614) 439 1148
ignacio.martin@cimav.edu.mx

Dra. María Teresa Alarcón-Herrera

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
Miguel de Cervantes 120
Complejo Industrial Chihuahua
31109 Chihuahua, Chihuahua, MÉXICO
Teléfono: +52 (614) 4391 121
teresa.alarcon@cimav.edu.mx