

República de Colombia
Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)
(Hoja metodológica versión 1,2)

Identificación del Indicador	
Contexto nacional o internacional en el que se encuentra	Con el objeto de evaluar patrones y tendencias en la regulación de los ríos, se definió el cálculo del <i>Índice de Regulación Hídrica - IRH</i> . Éste se enmarca en el Estudio Nacional del Agua (ENA) y pertenece a la batería de indicadores del Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC. A partir de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH se concibe el sistema de indicadores hídricos, que reflejan el estado de las situaciones que, en un enfoque sistémico con visión integral, son determinantes para la toma de decisiones en el marco de la Gestión Integral de Recursos Hídricos – GIRH (MAVDT, 2010).
Tema de referencia	Agua
Código de identificación para Indicadores de Iniciativas Internacionales (ID)	N/A
Unidad de medida	Adimensional
Periodicidad	<input type="checkbox"/> Anual <input type="checkbox"/> Semestral <input type="checkbox"/> Trimestral <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/> Diario <input checked="" type="checkbox"/> Otra, cuál: <u>Cuatrerial para la entrega de resultados del indicador a partir del ENA 2010.</u>
Cobertura geográfica	



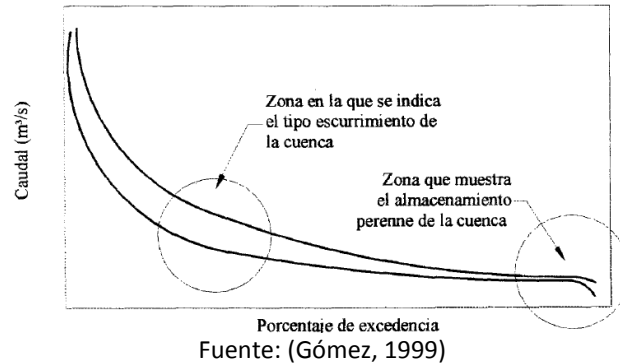
	<p><input checked="" type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Municipal</p> <p>La cobertura del indicador es por subzonas hidrográficas y unidades hidrográficas abastecedoras de cabeceras municipales con antecedentes de desabastecimiento.</p> <p>Esta cobertura ha variado con la elaboración de cada ENA de la siguiente forma:</p> <p>a) Cobertura nacional para el ENA 2000, con mapa temático a escala 1:1'500.000. b) Cobertura para 309 subzonas hidrográficas y unidades hidrográficas abastecedoras de cabeceras municipales con antecedentes de desabastecimiento para el ENA 2010, se presenta mapa temático con la ubicación de las subzonas como punto de referencia a escala 1:500.000. c) Cobertura para 316 subzonas hidrográficas y unidades hidrográficas abastecedoras de cabeceras municipales con antecedentes de desabastecimiento para el ENA 2014, se presenta mapa temático con la ubicación de las subzonas como punto de referencia a escala 1:500.000. d) Para el ENA 2018, se da un único valor por subzona hidrográfica que queda representada en un mapa temático.</p> <p>*Para mayor detalle ver en observaciones generales.</p>
Cobertura temporal	<p>Este indicador se publica de manera periódica cada cuatro años, como parte del Estudio Nacional del Agua al cual se hace referencia por el año de publicación, a partir de las series de datos disponibles de caudal. A continuación, se especifica el año principal de entrega de resultados del indicador, seguido entre paréntesis del periodo de años para el cual se obtuvieron los datos de caudal diario.</p> <p>2000 (S.I.) 2008 (S.I.) 2010 (1974-2007) 2014 (1974-2012) 2018 (1983-2016)</p>
Descripción del Indicador	
Definición	<p>El <i>Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)</i> corresponde a la relación entre a) un volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios, y b) el volumen total equivalente el área bajo la curva de duración de caudales medios diarios. Muestra la capacidad de retención y regulación hídrica de una unidad hidrográfica, representada en la forma de la curva de duración de caudales medios diarios.</p>
Pertinencia	<p>Finalidad / Propósito</p> <p>El <i>Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)</i> tiene como finalidad representar la regulación de agua, señalando aquellas zonas que tienen condiciones más estables de escurrimiento y de regulación de caudales, evidenciando también con la curva de duración de caudales medios diarios la proporción de ocurrencia de los caudales altos y bajos.</p>



	<p>El propósito es apoyar la evaluación de la disponibilidad de agua en el territorio nacional, conformando el conjunto de indicadores que representan el régimen hidrológico, dejando entrever la dinámica entre las interacciones del agua con las características propias de las unidades hidrográficas, como la topografía, geología, suelos, vegetación y climatología.</p>
<p>Metas / Estándares</p>	<p>Ninguno</p>
<p>Marco conceptual</p>	<p>La caracterización del régimen hidrológico en una unidad hidrográfica puede ser definida a partir del análisis de sus características físicas, bióticas y socioeconómicas, lo cual depende de la información disponible y la desagregación espacial que de esta se tenga. Uno de los elementos para caracterizar el régimen hidrológico a nivel nacional y en una unidad hidrográfica definida es el análisis de frecuencias de caudales, el cual puede ser abordado con la construcción de una <i>curva de duración de caudales</i> (IDEAM, 2015).</p> <p>La <i>curva de duración de caudales</i> muestra el porcentaje del tiempo en el que el flujo (caudal) de una corriente (quebrada, río) es superior o igual a un valor dado, sin tener en cuenta la información de las secuencias temporales de los flujos en un sitio [...], las relaciones regionales de cuencas aforadas con características hidrometeorológicas y fisiográficas homogéneas permiten obtener estimaciones en cuencas no aforadas (OMM, 2011). Aparte del análisis en unidades hidrográficas no instrumentadas, las <i>curvas de duración de caudal</i> también son empleadas en estudios de aprovechamiento hidráulico, de regionalización y en la definición del caudal ecológico y ambiental.</p> <p>Los conceptos del <i>Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)</i> de acuerdo con las actualizaciones del ENA, han sido los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Capacidad de retención de humedad del suelo y la vegetación dadas la naturaleza de formación, la fracción de arcilla, la pendiente y el drenaje natural del suelo, y la densidad del bosque y continuidad de la cobertura en la vegetación en el ENA 2000. b. Capacidad de una cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas, permitiendo evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. Con este se reconocen las condiciones para mantener una capacidad hídrica determinada, permitiendo identificar las zonas en condiciones de mayor y menor capacidad de retener y regular el agua, en los ENA 2010, 2014 y 2018. <p>Bajo este contexto, la <i>retención y regulación de agua</i> en los ENA es evaluada con base en la <i>curva de duración de caudales medios diarios</i>, ya que permite conocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos de caudales medios y firmes (los que son excedidos en determinados porcentajes de tiempo). La curva de caudales medios diarios relaciona mejor las características de la cuenca y del régimen hidrológico de los ríos en estados de niveles altos, medios y bajos (Pellecer, 1968 citado por Sánchez, 2010), por tanto, los <i>datos medios diarios de caudal</i> son la base para la obtención y ajuste del indicador.</p> <p>La forma y pendiente de las <i>Curvas de Duración de Caudales -CDC-</i> reflejan la capacidad de regulación y retención de la cuenca en un tiempo determinado (IDEAM, 2010), por lo que sus características hidrológicas y geológicas son determinantes. Una curva con</p>

pendientes altas en su registro denota corrientes con variaciones altas de caudal, cuyo flujo en su mayoría es de escurrimiento directo; por otro lado, una curva con pendientes bajas revela la presencia de un almacenamiento superficial que tiende a igualar el flujo de agua. La parte inicial de la curva indica el tipo de escurrimiento de la cuenca, mientras que la parte final muestra sus características del almacenamiento (Gómez, 1999). La figura 1 ilustra la forma de la curva de duración de caudales.

Figura 1. Forma de la curva de duración de caudales



Como ya se ha hecho mención, las CDC son series de duración parcial no cronológicas, por lo que, al no tener en cuenta los períodos del año en que se producen los caudales, permiten trabajar con series no continuas, asimismo, es necesario tener en cuenta que el análisis de retención y regulación de agua a nivel anual se debe realizar a través de un balance cronológico detallado de entradas y salidas, por lo que esta condición restringe su uso a la determinación del potencial de agua disponible (Fattorelli & Fernández, 2011).

También, la distribución de flujos altos en la CDC es influenciada principalmente por el clima, la forma y la cobertura vegetal de la cuenca (a excepción de aquellas muy permeables), mientras que la de los flujos bajos es dada por la geología; no obstante, aun cuando las formaciones son las mismas, se deben tener en cuenta los factores que afectan el escurrimiento, como las variaciones en la permeabilidad de la formación, el carácter de la formación subyacente, y la profundidad hidráulica del río (Gómez, 1999).

De acuerdo a esto, para el cálculo del indicador es empleada la relación entre un *volumen* parcial y el *volumen total* bajo la curva de duración de caudales. El *volumen total* representado por el área bajo la CDC equivale a la cantidad de agua monitoreada en el periodo de tiempo analizado, independiente de las características de escurrimiento y almacenamiento de la cuenca. El *volumen parcial* bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales equivale al volumen de agua que representa las características del flujo base, almacenamiento y escurrimiento de la cuenca, por lo que a valores cercanos del volumen total indica una mayor regulación de agua, este depende de la forma y las magnitudes de CDC. Para el análisis de los resultados obtenidos en la retención y regulación de agua en una cuenca es necesario abordar también el clima, las características fisiográficas, la cobertura vegetal, los suelos, y la geología de esta.

Con el análisis del régimen hidrológico en diferentes periodos, se esperaría observar las alteraciones que se han presentado en una corriente e identificar aquellas que han sido intervenidas de manera que su régimen se encuentra notablemente alterado comparado con su estado natural, permitiendo cuantificar por qué tipo de modificación se está afectando, por ejemplo, extracciones, regulaciones o adición de caudal (IDEAM, 2015).

Parte de este análisis lo conforma el *Índice de retención y regulación hídrica* en las subzonas hidrográficas y las *curvas de duración de caudal*.

También existen metodologías de regionalización de CDC como la por propuesta por Krasovskaia et al. (2006). El proceso de regionalización consiste en remover las unidades físicas o “adimensionalizar” las curvas de duración de caudales en las estaciones de caudal, dividiendo sus valores por el caudal medio (unidad de caudal sobre unidad de caudal, elimina las unidades), para después generar un promedio de las curvas adimensionales. Posterior a obtener la CDC regionalizada, se multiplica por el caudal proveniente de la escorrentía media anual de la región. Para aquellas regiones que no contienen estaciones hidrométricas en su interior, se puede optar por transferir las curvas adimensionales de subzonas similares.

La similitud de subzonas se puede determinar por factores de coberturas, fisiográficos, etc. Una regionalización ya probada por el IDEAM es la basada en zonas morfogénicamente homogéneas.

El **Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)** se calcula mediante la fórmula:

$$IRH = \frac{V_p}{V_t} \quad (1)$$

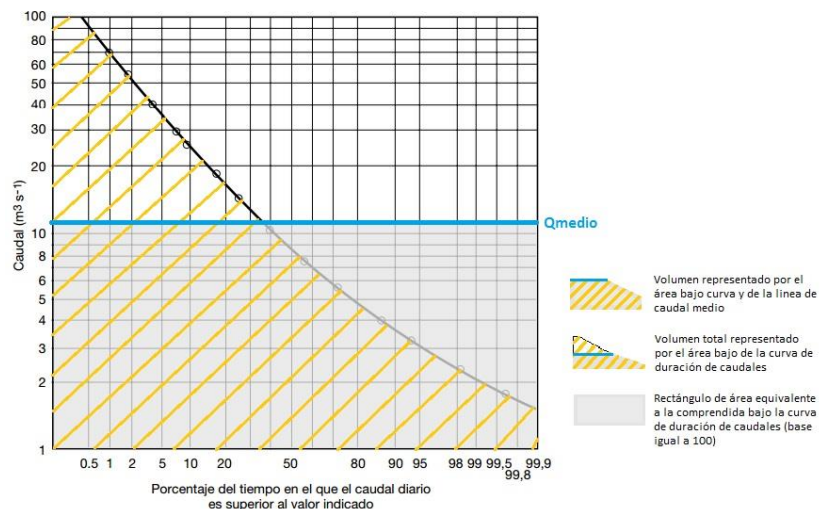
Donde,

IRH Índice de Retención y Regulación Hídrica (adimensional)

V_p Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios (m^3)

V_t Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios (m^3)

Fórmula de cálculo



Fuente: Modificada a partir de OMM (2011)

El Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios (V_t), se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_t = \Delta P_{exc} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i + Q_{i+1})}{2} \quad (2)$$

$$\Delta P_{exc} = P_{exc\ i+1} - P_{exc\ i}$$



La probabilidad de excedencia (P_{exc}) se obtiene de acuerdo a la fórmula de California (Chow, Maidment, & Mays, 1988)

$$P_{exc} = m/n \quad (3)$$

Donde,

V_t Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales (m^3)

Q_i Caudal medio diario en la posición i , de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

Q_{i+1} Caudal medio diario en la posición $i + 1$, de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

$P_{exc i+1}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario en la posición $i + 1$ (%)

$P_{exc i}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario en la posición i (%)

ΔP_{exc} Es la diferencia entre probabilidades de excedencia, este delta es constante (%)

n Es el número de datos de la serie de caudal o longitud de la serie

m Es el índice de orden del caudal i en la serie ordenada

Siempre $Q_{i+1} < Q_i$, $P_i < P_{exc i+1}$

El Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios (V_p) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V_p = \sum (V_{p1} + V_{p2}), \text{ donde } \begin{cases} V_{p1} = (P_{exc med} * Q_{medio}) & \text{si } P_{exc i} < P_{exc med} \\ V_{p2} = \left(\sum_{i=m_{medio}}^n \Delta P_{exc} \cdot \frac{(Q_i + Q_{i+1})}{2} \right) & \text{si } P_{exc i} \geq P_{exc med} \end{cases} \quad (4)$$

$$P_{exc med} = P_{exc m} + \frac{(P_{exc m+1} - P_{exc m}) \cdot (Q_{medio} - Q_m)}{(Q_m - Q_{m+1})}$$

Donde,

V_p Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales (m^3)

Q_{medio} Caudal promedio de la serie de datos de caudal (m^3/s)

$P_{exc med}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal promedio de la serie de caudales (%)

$P_{exc m}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario inmediatamente menor al caudal promedio (%)

$P_{exc m+1}$ Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario inmediatamente mayor al caudal promedio (%)

ΔP_{exc} Es la diferencia entre probabilidades de excedencia (%)

Q_i Caudal medio diario en la posición i , de la serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

Q_{i+1} Caudal medio diario en la posición $i + 1$, de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

Q_m Caudal medio diario inmediatamente menor al caudal promedio de la serie ordenada de caudales (m^3/s)



	<p>Q_{m+1} Caudal medio diario o mensual inmediatamente mayor al caudal promedio de la serie ordenada de caudales (m^3/s)</p> <p>n Es el número de datos de la serie de caudal o longitud de la serie (-)</p> <p>m_{medio} Es el índice de orden del caudal inmediatamente mayor al caudal promedio en la serie ordenada (-)</p> <p>Siempre $Q_{medio} < Q_m$, $Q_{m+1} < Q_{medio}$, $Q_{m+1} < Q_m$</p>
<p>Metodología de cálculo</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección de datos: Se verifica la información disponible en el Sistema de Información Hidrológica y Meteorológica (SISDHIM) para el periodo de trabajo definido. En el ENA 2010 se usaron las series de datos de caudal diario de 423 estaciones hidrológicas, en el ENA 2014 de 464 y en el ENA 2018, de 491. 2. Depuración de datos: Las series de datos de caudal diario reportados por las estaciones de monitoreo son depuradas a partir de a) complementación de datos faltantes para series temporales a través de métodos ARIMA seleccionados de acuerdo al ajuste de datos y verificación de supuestos de los errores, y b) detección de cambios y datos atípicos mediante la verificación de supuestos de normalidad y homogeneidad estadística de las variables. En el ENA 2010 esto fue realizado por la subdirección de hidrología y el Departamento de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, y en el ENA 2014 por el Departamento de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia. En el ENA 2018 no se realizó complementación de datos faltantes y solo se detectaron y removieron valores anómalos. 3. Procesamiento de datos: <ol style="list-style-type: none"> a. Cálculo del caudal medio mensual a partir de las series de datos de caudal diario para cada estación de monitoreo (a partir de recomendaciones de la OMM). b. Organización de las series de datos para cada estación de monitoreo de caudales medios diarios. c. Construcción de la curva de duración de caudales medios diarios para cada estación de monitoreo: <ol style="list-style-type: none"> i. Ordenación de las series de datos de caudal de mayor a menor valor. ii. Numeración de los datos de caudal desde 1 para identificar su posición en la serie, donde 1 corresponde al caudal de mayor valor y m al caudal de menor valor; m debe corresponder con el valor total de registros de la serie de caudal. iii. Cálculo de la probabilidad de excedencia, con la ecuación 3. iv. Obtención de la curva de duración de caudales graficando el caudal (<i>eje y</i>) en función de la probabilidad de excedencia (<i>eje x</i>). e. Para el ENA 2018 se usó la metodología de regionalización propuesta por Krasovskaia et al. (2006). Para la aplicación de la regionalización se siguen los siguientes pasos: <ol style="list-style-type: none"> i. Dentro de cada subzona se crean curvas de duración de caudales adimensionales mediante la división de la serie de caudales diarios por el caudal medio de la serie. ii. Se promedian las curvas de duración adimensionales de las estaciones que se encuentran al interior de cada subzona. iii. Se multiplica por el caudal medio proveniente del cálculo del balance hídrico de la oferta hídrica superficial f. Estimación de las variables empleadas en el cálculo del indicador para la curva de duración de caudales medios diarios de cada estación de monitoreo: <ol style="list-style-type: none"> i. Cálculo del caudal medio de la serie de datos de caudal.

	<ul style="list-style-type: none"> ii. Cálculo del volumen total (V_t) con la ecuación 2, obteniendo el valor del área bajo la curva de duración de caudales. iii. Cálculo del volumen parcial (V_p) con la ecuación 4, obteniendo el área bajo la curva de duración de caudales y de la línea de caudal medio. <p>d. Estimación del indicador para cada estación de monitoreo con la ecuación 1, una vez obtenidos V_t y V_p.</p> <p>e. Determinación de los valores para las subzonas hidrográficas no instrumentadas, en los cuales el IRH designando corresponde a los valores obtenidos en cuencas con características físicas similares y de régimen de precipitación.</p> <p>f. Espacialización de los resultados: En el ENA 2014, se interpolaron los valores de IRH obtenidos para la estación de monitoreo por el método IDW, calculando celda a celda el indicador. Como resultado se obtiene la capa temática del índice para el territorio nacional. En el ENA 2018 se asignó el valor de la regionalización directamente a cada subzona; aquellas subzonas sin estación en su interior, se les asignó la curva adimensional de subzonas que estuvieran dentro de la misma región morfogénicamente homogénea.</p> <p>4. Presentación de resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. El valor medio del Índice de retención y regulación hídrica se calcula por subzonas hidrográficas y se entrega para el análisis y resultados en el ENA mediante el mapa temático y la tabla de indicadores con el valor determinado para cada una. b. En las unidades hidrográficas abastecedoras de cabeceras municipales con antecedentes de desabastecimiento se confirmó, en los casos posibles, la fuente de abastecimiento del sistema de acueducto y se definió bajo cartografía disponible la cuenca correspondiente a escala 1:100.000 o 1:25.000. Sobre la cuenca delimitada se obtiene el valor medio del IRH a partir de la capa temática generada para el territorio nacional. c. Los valores calculados del indicador se presentan en una tabla con las siguientes columnas: <ul style="list-style-type: none"> i. Para subzona hidrográfica i) Nombre, ii) Valor numérico del IRH, y iii) Categoría del IRH. ii. Para unidad hidrográfica abastecedora de cabecera municipal i) Nombre unidad espacial, ii) Valor numérico del IRH, y iii) Categoría del IRH (en el ENA 2010 y 2014). 						
<p>Interpretación</p>	<p>Los resultados del Índice de Retención y Regulación Hídrica van en un rango de valores mayores a 0. La interpretación del indicador debe realizarse teniendo en cuenta las categorías cualitativas del ENA 2000,</p> <table border="1" data-bbox="792 1556 1065 1814" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Categoría ENA 2000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; background-color: red;">Muy alta</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; background-color: pink;">Alta</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; background-color: lightgreen;">Moderada</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; background-color: lightblue;">Baja</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; background-color: blue;">Muy baja</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría ENA 2000	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
Categoría ENA 2000							
Muy alta							
Alta							
Moderada							
Baja							
Muy baja							

y los rangos numéricos definidos en los Estudios Nacionales del Agua de 2010, 2014 y 2018, mostrados en la siguiente tabla:

Categoría ENA 2010, 2014 y 2018	R	G	B	Rango
Muy alta	77	168	194	> 0,85
Alta	145	237	77	0,75 – 0,85
Moderada	255	255	77	0,65 - 0,75
Baja	255	173	77	0,50 - 0,65
Muy baja	237	77	77	< 0,50

Entre más cercano a 1 sea el valor indica una mayor regulación, representando una mayor homogeneidad en los caudales, y entre más cercano a 0 sea el valor, indica un mayor contraste entre los caudales más bajos y más altos que genera la cuenca, evidenciando rangos de tiempo con magnitudes características altas y/o bajas y de mayor variabilidad.

**Restricciones
Limitaciones**

o

Referente a su interpretación este indicador muestra la capacidad de las unidades hidrográficas de retener los caudales, más no implica la magnitud de estos, por lo que no se puede asegurar que unas sean mayores proveedoras o productoras de agua, no obstante, se pueden identificar como unidades cuya condición permite realizar aprovechamiento en el tiempo sin la construcción de infraestructuras de regulación; la definición de un caudal específico requiere de estudios detallados.

En cuanto al análisis:

1. El valor en la retención y regulación de caudales se debe a la interrelación de características propias de cada unidad hidrográfica, por lo que no puede asumirse que todas aquellas que presentan una buena retención tienen mejores condiciones ecosistémicas o estén en un mayor grado de conservación. Los valores que puede tomar el indicador dependen de la articulación de los siguientes factores:
 - a. Las características fisiográficas de las unidades hidrográficas, por ejemplo, cuencas de montaña y de planicie, en las que las primeras favorecen el escurrimiento y las segundas la retención y regulación de caudales.
 - b. La presencia de coberturas vegetales naturales, coberturas continuas, suelo degradado, suelo desnudo, etc.
 - c. El flujo base dadas las características de las formaciones geológicas y de flujo subsuperficial.
 - d. La ubicación de la estación de monitoreo de caudales, que puede tener mayor influencia de ciertas partes de la cuenca o de todas, por ejemplo, sólo partes altas (mayores pendientes), partes medias y altas, etc.
 - e. Las condiciones climáticas.
 - f. La presencia de embalses.
2. Este indicador no tiene en cuenta la estacionalidad en el flujo de agua (periodos húmedos y secos), como tampoco la sucesión cronológica de los caudales.
3. El índice calculado pretende representar el régimen de la cuenca sintetizado en el punto de monitoreo. No obstante, como excepción se excluyen algunas estaciones de los ríos más representativos (como el Magdalena zona baja) ya que estos inducen a interpretaciones o interpolaciones erradas para zonas aledañas al tener el efecto acumulado de la corriente, contrastando con el comportamiento de los tributarios

	<p>no instrumentados cercanos a la estación. Por tal motivo, es necesario atribuir a cuencas no instrumentadas valores del IRH de cuencas con características físicas y de régimen de precipitación similares.</p> <p>En el uso del indicador se debe tener en cuenta la imposibilidad de establecer relaciones temporales o geográficas a diferentes versiones de los estudios, ya que las metodologías empleadas en los ENA se han ajustado a los enfoques abordados (diferencias entre ENA 2000 a 2010, 2014 y 2018), y a la disponibilidad y calidad de los datos de caudal diario de las estaciones de monitoreo, ya que a diferentes versiones de los estudios cambia la información en la longitud de las series y por tanto el número de estaciones analizadas.</p>
Facilidad de obtención	<p><input type="checkbox"/> Fácil</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Difícil</p> <p>¿Por qué?: Debido a la presencia de zonas sin monitoreo, por lo que es necesario obtener datos del indicador mediante interpolación en sitios no muestreados.</p>

Responsable del Indicador

1	Entidad	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM
	Dependencia	Subdirección de Hidrología
	Nombre del funcionario	Responsable del cálculo y reporte del indicador: Fabio Andrés Bernal Quiroga y grupo de evaluación hidrológica Responsable de la obtención, compilación y procesamiento de las series de caudal: José Hernando Wilches Suarez y grupo de monitoreo hidrológico
	Cargo	Coordinador Grupo de Modelación Hidrológica Coordinador Grupo de Monitoreo Hidrológico
	Correo electrónico	fbernal@ideam.gov.co hwilches@ideam.gov.co
	Teléfono	57 (1) 3527160 Ext. 1503 57 (1) 3527160 Ext. 1605
	Dirección	Calle 25 D No. 96 B – 70, Bogotá D.C, Colombia

Ubicación principal para la consulta del Indicador

	<p>Registro secundario de información</p> <p><input type="checkbox"/> Estimaciones directas</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Estimaciones indirectas</p> <p><input type="checkbox"/> Otro, cual: _____</p>
Frecuencia de medición	<p><input type="checkbox"/> Anual</p> <p><input type="checkbox"/> Semestral</p> <p><input type="checkbox"/> Trimestral</p> <p><input type="checkbox"/> Mensual</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Diario</p> <p><input type="checkbox"/> Otra, cual: _____</p>
Ubicación para consulta	
Nombre	Subdirección de Hidrología, Grupo de Monitoreo Hidrológico
Física	Centro de documentación IDEAM. Calle 25D No. 96B – 70, Piso 2, Bogotá D. C. Colombia.
URL	http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/
Responsable	
Entidad	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM
Dependencia	Subdirección de Hidrología
Nombre del funcionario	José Hernando Wilches Suarez
Cargo	Profesional Especializado (Coordinador Grupo de Monitoreo Hidrológico)
Correo electrónico	hwilches@ideam.gov.co
Teléfono	57 (1) 3527160 Ext 1605

	Dirección	Calle 25D No. 96B – 70, Piso 2, Bogotá D. C. Colombia.
V2	Nombre de la variable	V_p Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios
	Tipo	Registro primario de información <input type="checkbox"/> Censo <input type="checkbox"/> Muestra <input type="checkbox"/> Registro administrativo <input type="checkbox"/> Teledetección <input type="checkbox"/> Estación de monitoreo <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____
		Registro secundario de información <input type="checkbox"/> Estimaciones directas <input checked="" type="checkbox"/> Estimaciones indirectas <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____
	Frecuencia de medición	<input type="checkbox"/> Anual <input type="checkbox"/> Semestral <input type="checkbox"/> Trimestral <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/> Diario <input checked="" type="checkbox"/> Otra, cual: <u>Cuatrienal para la realización del ENA</u>
	Ubicación para consulta	
	Nombre	Subdirección de Hidrología
	Física	IDEAM. Calle 25D No. 96B – 70, Piso 2, Bogotá D. C. Colombia.
	URL	No disponible
	Responsable	
	Entidad	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM
Dependencia	Subdirección de Hidrología	



	Nombre del funcionario	Responsable del cálculo y reporte del indicador: Fabio Andrés Bernal Quiroga y grupo de evaluación hidrológica
	Cargo	Coordinador Grupo de Modelación Hidrológica
	Correo electrónico	fbernal@ideam.gov.co
	Teléfono	57 (1) 3527160 Ext. 1503
	Dirección	Calle 25 D No. 96 B – 70, Bogotá D.C, Piso 3, Colombia
V3	Nombre de la variable	V_t Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios
	Tipo	Registro primario de información <input type="checkbox"/> Censo <input type="checkbox"/> Muestra <input type="checkbox"/> Registro administrativo <input type="checkbox"/> Teledetección <input type="checkbox"/> Estación de monitoreo <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____
		Registro secundario de información <input type="checkbox"/> Estimaciones directas <input checked="" type="checkbox"/> Estimaciones indirectas <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____
	Frecuencia de medición	<input type="checkbox"/> Anual <input type="checkbox"/> Semestral <input type="checkbox"/> Trimestral <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/> Diario <input checked="" type="checkbox"/> Otra, cual: <u>Cuatridenal para la realización del ENA</u>
	Ubicación para consulta	
Nombre	Subdirección de Hidrología	



Física	IDEAM. Calle 25D No. 96B – 70, Piso 2, Bogotá D. C. Colombia.
URL	No disponible
Responsable	
Entidad	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM
Dependencia	Subdirección de Hidrología
Nombre del funcionario	Responsable del cálculo y reporte del indicador: Fabio Andrés Bernal Quiroga y grupo de evaluación hidrológica
Cargo	Coordinador Grupo de Modelación Hidrológica
Correo electrónico	fbernal@ideam.gov.co
Teléfono	57 (1) 3527160 Ext. 1503
Dirección	Calle 25 D No. 96 B – 70, Bogotá D.C, Piso 3, Colombia

Observaciones Generales

Periodicidad

La periodicidad en la que se consolidan y entregan los datos del indicador es distinta debido al procesamiento requerido para su publicación. La consolidación inicia desde la obtención de las series de datos de caudal, y la entrega corresponde a la publicación de los valores del indicador en los Estudios Nacionales del Agua. Este proceso ha sido realizado de la siguiente forma para cada documento: i) para el ENA 2010 se utilizan series disponibles hasta el año 2007; ii) para el ENA 2014 hasta el año 2012, iii) para el ENA 2018 hasta el año 2016.

Cobertura geográfica

La zonificación hidrológica del país ha presentado cambios desde la definición de la cuenca hidrográfica como área de manejo especial en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente en 1974, pasando por una división del territorio nacional cuyo hito más reciente es la Política Nacional de Gestión Integral de Recursos Hídricos – PNGIRH (MAVDT, 2010) en la cual se establece una división del territorio en áreas hidrográficas (macrocuencas), zonas hidrográficas, subzonas hidrográficas, y microcuencas a partir de 2014 para la Autoridades Ambientales Competentes. La zonificación vigente es la publicada en 2013, con ligeras modificaciones

a partir de la de 2010, y con base en la propuesta por el HIMAT (Resolución 0337 de 1978), con 5 áreas hidrográficas, 41 zonas hidrográficas, y 316 subzonas hidrográficas (incluyendo las insulares).

La identificación de los municipios con antecedentes de desabastecimiento ha sido consolidada y definida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para el ENA 2010, y por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para el ENA 2014. La definición de las unidades hidrográficas abastecedoras de cabeceras municipales fue realizada por el IDEAM para propósitos del estudio. Para el ENA 2018, no fue posible la identificación de las cuencas hidrográficas abastecedoras de los acueductos de municipios identificados como susceptibles al desabastecimiento en temporada seca.

De acuerdo con este contexto, la cobertura geográfica del Índice de retención y regulación hídrica ha variado para cada año de publicación, teniendo el propósito de que se mantenga la unidad de análisis a nivel de subzona para los ENA posteriores; el número de unidades hidrográficas de cabeceras municipales depende del listado de municipios consolidado por el Ministerio de Vivienda y de la caracterización de fuentes abastecedoras de acueductos municipales que permita realizar una correcta delimitación de las unidades hidrográficas de abastecimiento.

Cobertura temporal

Las series de datos de caudal se analizaron para los periodos establecidos, desde 1974 hasta 2007 para el ENA 2010, 1974 hasta 2012 para el ENA 2014, y 1981 hasta 2016 para el ENA 2018. Esto no indica que las estaciones de monitoreo dispongan de datos continuos desde el año de inicio del periodo hasta el año de finalización, ya que esto depende de la fecha de instalación/suspensión/cierre de la estación de monitoreo de la variable, como también del tipo de estación y del porcentaje de datos faltantes.

Metodología

Las metodologías con las cuales ha sido estimado el indicador han variado en la elaboración de cada ENA, de acuerdo con el abordaje y la información disponible. En el ENA 2000 se estima de forma cualitativa ponderando los factores de: **i)** naturaleza de la formación superficial a partir de la textura del suelo; **ii)** la naturaleza de la fracción arcillosa cuyas características físico - químicas están relacionadas con la retención y velocidad de evacuación de agua; **iii)** la pendiente que condiciona el movimiento del agua en la superficie; y **iv)** el drenaje natural, que indica la velocidad con que se mueve el agua sobre el perfil del suelo y está en función de la textura, estructura, consistencia, porosidad y pendiente, entre otras (IDEAM, 2001).

Para el ENA 2010 (Sánchez, 2010) se emplean en el cálculo del indicador los centroides de las unidades hidrográficas y empleando constantes hidrológicas para el ajuste de los valores en aquellas zonas no instrumentadas. Esta constante hidrológica es definida a partir de la relación entre el IRH hallado a partir de datos diarios, con el IRH hallado a partir de los consolidados mensuales multianuales de estaciones de monitoreo con datos disponibles, ajustando los valores del IRH de las subzonas no instrumentadas en función de “valores diarios” que proporcionan una mayor confiabilidad y representan mejor el comportamiento de los caudales.

En algunas áreas, como los llanos orientales, la selva amazónica, y algunas regiones del Caribe, no se cuenta con estaciones hidrológicas de monitoreo suficientes, una alternativa para suplir esta deficiencia de información es la identificación de puntos bien distribuidos en los que es necesario estimar información relevante, estos denominados *centroides* son determinados para cada subzona hidrográfica [...], el *centroide* es el centro de gravedad de la cuenca, por lo que es el punto representativo del valor medio de todos los datos de su superficie, definido como el lugar donde el valor del caudal medio corresponde al de una estación ubicada en la salida de cuenca (IDEAM, 1999).

A partir de esta definición, los valores del indicador y de las variables empleadas en su cálculo son ubicados en los centroides de las subzonas hidrográficas para su interpolación por el método IDW (ENA 2014). En cambio, para el ENA 2018, se implementó una regionalización de curvas de duración de caudales para evitar interpolar los valores de caudal, dadas sus características físicas.

La metodología presentada del ENA 2018 para la estimación del indicador es la vigente.

Bibliografía

Chow, V. M., Maidment, D.R. y Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology. Water Resources and Environmental Engineering*. McGraw-Hill: New York.

Gómez Jara, J. (1999). *Regionalización de curvas de duración* (Tesis de pregrado Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Fattorelli, S, & Fernández, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico*. Wasa – GN Water Assessment & Advisory Global Network: 2^{da} edición, edición digital.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2001). *Estudio nacional del agua: balance hídrico y relaciones oferta demanda en Colombia, indicadores de sostenibilidad proyectados al año 2015 y 2025*. Bogotá D.C.: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá D.C.: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá, D. C.: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá D.C.: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2016). *Agua: Zonificación Hidrográfica*. Bogotá D.C.: IDEAM. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/zonificacion-hidrografica>.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Bogotá: ideam: 452 pp.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT. (2010). *Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico -PNGIRH*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Organización Meteorológica Mundial – WMO. (2011). *Guía de prácticas climatológicas. Tiempo – Clima - Agua* (100). 978-92-63-30100-0. Recuperado de: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf.

Sánchez, F. D. (2010). *Cuarto informe de avance del Estudio Nacional del Agua 2010 – Contrato de prestación de servicios No. 0,.49 de 2010*. IDEAM: Bogotá D.C.

Sánchez, F. D. (2010). *Sexto informe de avance del Estudio Nacional del Agua 2010 – Contrato de prestación de servicios No. 0.49 de 2010*. IDEAM: Bogotá D.C.

Información sobre la Hoja Metodológica

Fecha	Versión	Datos del autor o de quien ajustó la hoja metodológica	Descripción de los ajustes
27 de septiembre de 2014	1,0	<p>Nombre funcionario: Fabio Andrés Bernal Quiroga Contratista: Ivon Maritza Casallas Martínez</p> <p>Cargo: Profesional Especializado Contratista</p> <p>Dependencia: Subdirección de Hidrología Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental</p> <p>Entidad: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM</p> <p>Correo electrónico: fbernal@ideam.gov.co icasallas@ideam.gov.co</p> <p>Teléfono: 57 (1) 3527160 Ext 1503 57 (1) 35271 60 Ext 1703</p> <p>Dirección: Calle 25 D No. 96 B – 70, Bogotá D.C., Colombia</p> <p>Cítese como: Bernal, F. A. y Casallas, J. J. (2014). Hoja metodológica del indicador Índice de Retención y Regulación Hídrica (Versión 1,00). Estudio Nacional del Agua. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 7 p.</p>	Primera versión de la hoja metodológica del indicador
26 de septiembre de 2016	1,1	<p>Nombre funcionario: Fabio Andrés Bernal Quiroga Contratista: Jenny Paola Santander Durán</p> <p>Cargo: Profesional Especializado Contratista</p> <p>Dependencia: Subdirección de Hidrología Instituto de Estudios Ambientales – IDEA</p> <p>Entidad: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá</p> <p>Correo electrónico: fbernal@ideam.gov.co jpsantanderd@unal.edu.co</p>	Actualización de datos y conceptos en los campos de: contexto nacional e internacional, tema de referencia, periodicidad de consolidación y entrega de los datos, cobertura geográfica, cobertura temporal, definición, pertinencia, metas/estándares, marco conceptual, forma de cálculo, metodología de cálculo, interpretación, restricciones y limitaciones, facilidad de obtención, responsable del indicador, fuente de las variables, y observaciones generales.

		<p>Teléfono: 57 (1) 3527160 Ext 1503 -</p> <p>Dirección: Calle 25 D No. 96 B – 70, Bogotá D.C., Colombia</p> <p>Cítese como: Bernal, F. A. y Santander, J. P. (2014). Hoja metodológica del indicador Índice de retención y regulación hídrica (Versión 1,01). Estudio Nacional del Agua. Sistema de Información Ambiental. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 17 p.</p>	
01 de junio de 2020	1,2	<p>Nombre funcionario: Nelson Omar Vargas Martínez Contratistas: Carolina Vega Viviescas Jenny Paola Marín Salazar</p> <p>Dependencia: Subdirección de Hidrología</p> <p>Entidad: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM</p> <p>Correo electrónico: nvargas@ideam.gov.co cvega@ideam.gov.co jpmarin@ideam.gov.co</p> <p>Teléfono: 57 (1) 3527160 Ext 1500</p> <p>Dirección: Calle 25 D No. 96 B – 70, Bogotá D.C., Colombia</p> <p>Cítese como: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020). <i>Hoja metodológica del Índice de Retención y Regulación Hídrica (Versión 1,2)</i>. 19 p.</p>	Actualización de datos y conceptos. Ajustes realizados con base en la metodología e insumos empleados para el ENA 2018.