

Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA)

Identificación del Indicador					
Iniciativa en la que se encuentra	Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico				
Tema de referencia	Calidad del agua continental				
ID	Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA)				
Unidad de medida	Adimensional				
Periodicidad	Anual X	Semestral	Trimestral	Mensual	Diario
	Otro	Cual:			
Cobertura geográfica	Nacional	Departamental	Municipal	Otra X	Cual: Estaciones de la Red Básica de Monitoreo de Calidad Superficial de Agua del IDEAM
Disponibilidad	2005 - 2013				

Descripción General del Indicador	
Definición	El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t.
Marco conceptual	<p>El objetivo 3 del punto VI (Plan hídrico nacional), de la Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, propone mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico. En la estrategia 3.2 (Reducción de la contaminación del recurso hídrico) se plantea como meta general, mantener o superar el valor de 17,2% del índice de calidad del agua, promedio anual, correspondiente a la categoría "Aceptable" en los cuerpos de agua evaluados por la Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua del IDEAM, pertenecientes a la macrocuenca Magdalena – Cauca.</p> <p>Para el caso específico del presente indicador, el índice de calidad del agua en corrientes superficiales, corresponde a una expresión numérica agregada y simplificada surgida de la sumatoria aritmética equiponderada de los valores que se</p>

	<p>obtienen al medir la concentración de cinco o seis variables fisicoquímicas básicas en las estaciones de monitoreo que hacen parte de la Red Básica de Monitoreo de Calidad de Agua y que evalúan la calidad del agua en las corrientes superficiales.</p> <p>La Red Básica de Monitoreo de Calidad de Agua está conformada por un conjunto de 150 estaciones en las que se mide la concentración de cada una de las variables involucradas en el cálculo del ICA, en un total de 90 corrientes superficiales. La ubicación de las estaciones de monitoreo responde estratégicamente a la distribución de las actividades económicas que ejercen mayor presión sobre el recurso hídrico (v. g. asentamientos humanos, industria, agricultura intensiva, minería). El Sistema de evaluación de la calidad del agua prevé que las mediciones sean realizadas sistemáticamente cada tres meses¹.</p> <p>Los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en tablas de interpretación permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala ó muy mala) que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente). La comparación temporal de la calidad del agua calificada mediante las cinco categorías y colores simplifica la interpretación, la identificación de tendencias (deterioro, estabilidad o recuperación) y la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades². Los valores del indicador pueden ser espacializados en mapas, asociándolos al punto que identifica la ubicación de las estaciones de monitoreo.</p> <p>El indicador se puede calcular con un diferente conjunto de variables medidas, cuya cantidad y tipo depende de la disponibilidad de datos, de las diferentes presiones contaminantes a las cuales están sometidos los diferentes cuerpos de agua y del tipo de cuerpo de agua. Para el caso colombiano, se ha medido desde 2005, en las corrientes superficiales, un conjunto de cinco variables, a saber: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH total. A partir de 2009, en las estaciones de la Red se ha medido adicionalmente nitrógeno total y fósforo total.</p> <p>Para el período 2005-2009 es factible calcular el ICA con base en las 5 variables inicialmente consideradas y a partir de 2009 es viable hacerlo también con base en 6 variables (las 5 variables iniciales y la relación nitrógeno total/fósforo total).</p>
<p>Metodología de cálculo (incluir la definición de las variables)</p>	<p>El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales. Estas variables han sido medidas en las 150 estaciones que conforman la Red Básica de Monitoreo de Calidad de Agua, en cuatro ocasiones (una cada trimestre) durante el año.</p> <p>La fórmula de cálculo del indicador es:</p>

¹ Eventualmente, es posible que en alguna estación de monitoreo no se hayan realizado las cuatro mediciones anuales, en tales casos, el valor anual del indicador se obtiene empleando los datos de las mediciones que fue factible realizar.

² La Comunidad Andina de Naciones (CAN) define el Índice de calidad del agua (ICA), como un número o una clasificación descriptiva de varios parámetros, cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones de las autoridades (CAN, 2004).

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Donde:

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

Se recomienda que la tabla de datos del indicador incluya el valor mínimo del ICA registrado en el periodo de tiempo t y además, el ICA promedio de ese periodo, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ICA \text{ promedio}_{njt} = \frac{\sum_{k=1}^m \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)}{m}$$

Donde:

m Es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador. $1 \leq m \leq 4$ si el periodo es anual.

En las siguientes tablas se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 5 o 6 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Variables y ponderaciones para el caso de 5 variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD.	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos totales, SST.	mg/l	0,2
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,2
Conductividad eléctrica, C.E.	μ S/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD.	% Saturación	0,17
Sólidos suspendidos totales, SST.	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,17
NT/PT	-	0.17
Conductividad eléctrica, C.E.	μS/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

Para cada una de las variables se construye una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada gráfico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Las curvas funcionales adoptadas son las propuestas por Ramírez y Viña para oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), y conductividad eléctrica (CE), la propuesta por Universitat Politècnica de Catalunya (2006) para demanda química de oxígeno (DQO), la propuesta por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregón (Estados Unidos) para pH y la propuesta por Rueda (2008) para la relación N/P.

Cálculo del valor de cada variable.

El procedimiento general consiste en ingresar el valor que, en una determinada medición haya registrado la variable de calidad i , en la curva funcional correspondiente y estimar el valor I_{ikjt} .

Cada curva indica en la ordenada la calidad del agua en una escala de 0 a 1; en la abscisa se definen varios niveles de la variable en particular. Cuando se toman como referencia las curvas desarrolladas por Ramírez y Viña respecto al concepto de contaminación, para traducirlo a términos de calidad el subíndice se toma como la diferencia entre uno (1) y el índice de contaminación respectivo de la magnitud de la variable.

A continuación se muestran las ecuaciones de referencia.

1. Oxígeno disuelto (OD):

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} :

$$PS_{OD} = \frac{Ox \cdot 100}{C_p}$$

donde:

Ox : Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

C_p : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Nota: Los cálculos para el porcentaje de saturación de oxígeno están incluidos en el subsistema de información denominado Módulo Físicoquímico Ambiental – MFQA, y se puede consultar como cálculo de déficit de oxígeno disuelto para cada muestra a partir de su identificador, que es un código numérico asignado por el Sistema. Luego se importa a la base de datos que contiene la consulta de las demás variables para poder calcular el índice consolidado. Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor I_{OD} se calcula con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (0,01 \cdot PS_{OD} - 1)$$

2. Sólidos suspendidos totales (SST):

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot SST)$$

Si $SST \leq 4,5$, entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$, entonces $I_{SST} = 0$

3. Demanda química de oxígeno (DQO):

Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a

condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica.

Mediante adaptación de la propuesta de la Universitat Politècnica de Catalunya se calcula con la fórmula:

Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0,91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0,125$

4. Conductividad eléctrica (C.E.):

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización. Se calcula como sigue:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \text{Log}10C.E.)}$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$.

5. pH:

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

Si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0,1$

Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628419 e^{(pH \cdot 0,520025)}$

Si $7 < pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$

Si $8 < pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 \cdot e^{[(pH-8) \cdot -0,518774]}$

Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0,1$

6. Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)

Mide la degradación por intervención antrópica, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los

<p>ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de Méjico).</p> <p>La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:</p> <p>Si $15 \leq NT/PT \leq 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,8$</p> <p>Si $10 < NT/PT < 15$, entonces $I_{NT/PT} = 0,6$</p> <p>Si $5 < NT/PT \leq 10$, entonces $I_{NT/PT} = 0,35$</p> <p>Si $NT/PT \leq 5$, ó $NT/PT > 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,15$</p>					
Fuente de los datos					
<i>Nombre</i>	Subsistema de Información. Módulo Físicoquímico Ambiental –MFQA- de la base de datos Oracle. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM.				
<i>Física</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM Subdirección de Hidrología. Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental.				
<i>URL</i>	http://chia.ideam.gov.co:7778/discoverer/plus . Esta dirección no es de acceso público, se requiere disponer de un código de usuario y contraseña, los cuales son asignados por la Oficina de Informática del IDEAM como responsable de la custodia de la información.				
<i>Institución responsable</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM				
<i>Datos del responsable</i>	Nombre: Gladys Yadira Güiza				
	Cargo: Coordinador Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental				
	Correo electrónico: fisicoqui@ideam.gov.co				
	Teléfono: 57 1 4181170 - 57 1 4181181				
Frecuencia de medición de los datos	Anual	Semestral	Trimestral X	Mensual	Diario
	Otro	Cual:			

Facilidad de obtención	1. Fácil	2. Regular X	3 Difícil																		
Tipo de fuente de información	1. Registro primario de información	2. Registro secundario de información																			
	1.1. Encuesta	2.1. Estimaciones directas																			
	1.2. Registro administrativo	2.2. Estimaciones indirectas																			
	1.3. Teledetección																				
	1.4. Estación de monitoreo X	3. Otro																			
		Cual:																			
Interpretación general	<p>Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta. En la siguiente tabla se registra la relación entre valores y calificación:</p> <p style="text-align: center;">Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Categorías de valores que puede tomar el indicador</th> <th>Calificación de la calidad del agua</th> <th>Señal de alerta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00 – 0,25</td> <td>Muy mala</td> <td>Rojo</td> </tr> <tr> <td>0,26 – 0,50</td> <td>Mala</td> <td>Naranja</td> </tr> <tr> <td>0,51 – 0,70</td> <td>Regular</td> <td>Amarillo</td> </tr> <tr> <td>0,71 – 0,90</td> <td>Aceptable</td> <td>Verde</td> </tr> <tr> <td>0,91 – 1,00</td> <td>Buena</td> <td>azul</td> </tr> </tbody> </table> <p>El estado de las corrientes superficiales se puede visualizar mediante mapas de puntos, con las estaciones categorizadas de acuerdo a los valores calculados del índice de calidad del agua.</p>			Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta	0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo	0,26 – 0,50	Mala	Naranja	0,51 – 0,70	Regular	Amarillo	0,71 – 0,90	Aceptable	Verde	0,91 – 1,00	Buena	azul
Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta																			
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo																			
0,26 – 0,50	Mala	Naranja																			
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo																			
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde																			
0,91 – 1,00	Buena	azul																			

Pertinencia del Indicador

Finalidad / Propósito: El indicador refleja las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de una corriente de agua, y en alguna medida permite reconocer problemas de contaminación de manera ágil en un punto determinado en un intervalo de tiempo específico. Permite conceptualizar respecto a las posibilidades o limitaciones del uso del agua para determinadas actividades. Su formulación permite evaluar una amplia cantidad de recursos hídricos en forma periódica.

Se han identificado seis aplicaciones básicas del Índice:

1. Análisis de tendencias: para determinar degradación o recuperación de la calidad hídrica a través de un periodo de tiempo.
2. Agregar información: para mostrar de forma fácilmente comprensible las variaciones que presenta la calidad de las aguas superficiales.
3. Cumplimiento de estándares
4. Clasificación de sitios: pueden compararse las condiciones ambientales en diferentes áreas geográficas.
5. Asignación de recursos: para ayudar a tomar decisiones en la asignación de fondos y determinación de prioridades.
6. Información pública: para informar al público acerca de las condiciones del recurso.

Convenios y acuerdos internacionales:

Metas / Estándares: En la Política Ambiental para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, específicamente en el Objetivo 3, de la Estrategia 3.2 “Reducción de la contaminación”, se plantea como meta general, mantener o superar el valor de 17,2% del índice de calidad del agua, promedio anual, correspondiente a la categoría “Aceptable” en los cuerpos de agua evaluados por la Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua del IDEAM, pertenecientes a la macrocuenca Magdalena – Cauca.

Objetivo: Política Ambiental para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - Objetivo 3: Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.

Restricciones o Limitaciones del Indicador

Cuerpos de agua superficiales con tipos de contaminación y orígenes de ésta muy diferentes, pueden quedar registrados en una misma categoría de calidad. El número y tipo de variables incluidas en el cálculo y la construcción de las ecuaciones ó curvas funcionales para calcular los subíndices de calidad dependen del conocimiento técnico de las instituciones sobre los valores de las variables a las condiciones de línea base ó sin intervención las cuales dependen entre otras condiciones, de la hidrogeología de los cauces, de las actividades económicas particulares de la zona y de la capacidad operativa e instrumental con la que cuentan.

Observaciones y Aclaraciones Generales del Indicador:

El indicador es producto del cálculo de un promedio de máximo cuatro mediciones realizadas a lo largo del año (una cada trimestre). Cuando para un determinado período anual, una estación de monitoreo no cuenta con todas las mediciones, el cálculo se realiza con los datos existentes. Tampoco se calcula para un tiempo t en el que no se cuente con todas las variables consideradas. El registro y la visualización de los valores del indicador (promedios anuales) puede acompañarse con los valores del ICA más bajos registrados (los de peor calidad) en una de las mediciones trimestrales, lo cual implica la posibilidad de calcular un ICA con las mediciones obtenidas en un solo monitoreo.

Se recomienda no realizar el cálculo del indicador empleando datos de diferentes estaciones, en la medida que las condiciones de éstas no tienen por qué estar relacionadas y en consecuencia los resultados no tendrían valor interpretativo.

La formulación del indicador podría variarse (p. e. incluir nuevas variables físicas, químicas o microbiológicas, cambiar la ponderación o peso relativo de estas variables ó el tipo de función a aplicar), con el propósito de hacerlo útil para la evaluación de la calidad de aguas diferentes de las corrientes superficiales (v. g. continentales lénticas, subterráneas, estuarinas y marinas).

Bibliografía

Beltrán, F. J. (2002). *Contrato de apoyo a los procesos de generación de la línea base, diagnostico de indicadores de calidad del agua*. Contrato 106/2002. Informe final. p. 12 – 14.

Canter, L. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. Mc Graw Hill. p. 154 – 162.

Fernández, N. y Solano F. (2005). *Índices de calidad y de contaminación del agua*. Universidad de Pamplona. p. 43 – 53.

MAVDT - Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico*. Viceministerio de Ambiente. p. 112.

Ramírez, A. y Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. BP. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. p. 7, 70 – 72.

Soluciones Medioambientales Canadienses. *Índice ambiental de la calidad del agua e Informe sobre el estado de la calidad del agua*. En BC. <http://www.elp.gov.bc.ca/wat/wq/wqhome.html>.

Datos de quien la elaboró y/o ajustó

Elaborada en octubre de 2011 por:

Nombre: Luz Consuelo Orjuela Orjuela y Mario Orlando López Castro

Cargo: Profesional y Contratista

Dependencia y Entidad: Subdirección de Hidrología y Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental – IDEAM

Teléfono: 57 1 4181170 - 57 1 4181181 - 57 1 4181137 y 57 1 3527160 Ext.1637

Correo electrónico: lcorjuela@ideam.gov.co, gguiza@ideam.gov.co y ambientemol@yahoo.com.ar

Cítese como:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00)*. Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.