ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

***1. Definición***

El ICA se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones.

***2. Cálculo***

El cálculo del ICA se realiza aplicando la ecuación (1)

ICA =

................... (1)

donde: ICA = índice de calidad del agua global

 I*i* = índice de calidad para el parámetro i

 W*i* = Coeficiente de ponderación del parámetro i

 n = Número total de parámetros

Como se mencionó anteriormente, la ecuación del ICA genera un valor entre 0 y 100, que califica la calidad del agua, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación de un cuerpo de agua.

***3. Parámetros***

El número de parámetros que se consideran para determinar el ICA global son 18:

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno
2. Oxígeno Disuelto
3. Coliformes Fecales
4. Coliformes Totales
5. Potencial de Hidrógeno
6. Dureza Total
7. Sólidos Disueltos
8. Sólidos Suspendidos
9. Cloruros
10. Conductividad Eléctrica
11. Alcalinidad
12. Grasas y Aceites
13. Nitrógeno de nitratos
14. Nitrógeno amoniacal
15. Fosfatos totales
16. SAAM
17. Color
18. Turbiedad

Además del ICA general, es posible calcular los valores del ICA para las categorías siguientes: materia orgánica, bacteriológico, material iónico, material en suspensión y nutrientes.

Para la obtención de estos índices se utiliza la misma fórmula de ICA general (promedios ponderados), y los coeficientes correspondientes para cada parámetro. En la tabla 1 se indica la agrupación de los parámetros de acuerdo a esta clasificación.

#### 4. Coeficientes de Ponderación por Parámetro

La importancia relativa que se da a cada parámetro para determinar el Índice de Calidad del Agua Global se presenta en la tabla 2.

Tabla 1 Agrupación de parámetros para ICA’s particulares

| Parámetro | Clasificación |  | Parámetro | Clasificación |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| pH | Material iónico |  | Nitrógeno de nitratos | Nutrientes |
| Color | Material suspendido |  | Nitrógeno amoniacal | Nutrientes |
| Turbiedad | Material suspendido |  | Fosfatos totales | Nutrientes |
| Grasas y Aceites | Material suspendido |  | Cloruros | Material iónico |
| Sólidos Suspendidos | Material suspendido |  | Oxígeno Disuelto | Materia orgánica |
| Sólidos Disueltos | Material iónico |  | DBO | Materia orgánica |
| Conductividad Eléctrica | Material iónico |  | Coliformes Totales | Bacteriológico |
| Alcalinidad | Material iónico |  | Coliformes Fecales | Bacteriológico |
| Dureza Total | Material iónico |  | SAAM | Nutrientes |

Tabla 2 Coeficientes de ponderación para el cálculo del ICA

| Parámetro | Importancia |  | Parámetro | Importancia |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| pH | 1.0 |  | Nitrógeno de Nitratos | 2.0 |
| Color | 1.0 |  | Nitrógeno Amoniacal | 2.0 |
| Turbiedad | 0.5 |  | Fosfatos Totales | 2.0 |
| Grasas y Aceites | 2.0 |  | Cloruros | 0.5 |
| Sólidos Suspendidos | 1.0 |  | Oxígeno Disuelto | 5.0 |
| Sólidos Disueltos | 0.5 |  | DBO | 5.0 |
| Conductividad Eléctrica | 2.0 |  | Coliformes Totales | 3.0 |
| Alcalinidad | 1.0 |  | Coliformes Fecales | 4.0 |
| Dureza Total | 1.0 |  | SAAM | 3.0 |

Como parte del cálculo del ICA, en el caso en los que no existe un dato, se considerara un coeficiente de ponderación nulo para el parámetro al que corresponda en la evaluación del ICA.

#### 5. Ecuaciones

Las ecuaciones definidas para el índice de calidad individual de cada uno de los 18 parámetros seleccionados para conformar el índice general, son las siguientes:

* Potencial de Hidrógeno

IpH = 10 0.2335 pH + 0.44 Si el pH es menor que 6.7 ........(2a)

IpH = 100 Si el pH está entre 6.7 y 7.3 ........(2b)

IpH = 10 4.22 – 0.293 pH Si el pH es mayor que 7.3 ........(2c)

La gráfica 1 muestra el comportamiento de las ecuaciones.

Gráfica 1 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua del pH



* Color

IC = 123 (C) - 0.295 .............................................. (3)

(C) en unidades de color escala de platino-cobalto

La gráfica 2 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 2 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua del color



Turbiedad

IT = 108 (T) – 0.178 ............................................. (4)

(T) turbiedad en unidades de UTJ

La gráfica 3 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 3 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de turbiedad



* Grasas y Aceites

IG y A. = 87.25 (G y A) - 0.298 ................................................(5)

(G y A)Grasas y Aceites en mg/l

La gráfica 4 muestra el comportamiento de la ecuación 5.

Gráfica 4 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de grasas y aceites



* Sólidos Suspendidos

ISS = 266.5 (SS) - 0.37  .......................................(6)

 (SS) Sólidos Suspendidos en mg/l

La gráfica 5 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 5 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de sólidos suspendidos



* Sólidos Disueltos

ISD = 109.1 – 0.0175 (SD) ..........................................(7)

 (SD) Sólidos Disueltos en mg/l

La gráfica 6 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 6 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de sólidos disueltos



Conductividad Eléctrica

ICE = 540 (CE) - 0.379 .....................................................(8)

(CE) Conductividad Eléctrica en μmhos/cm

La gráfica 7 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 7 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de conductividad eléctrica



Alcalinidad

IA = 105 (A) - 0.186 ...............................................(9)

 (A) Alcalinidad en mg/l como CaCo3

La gráfica 8 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 8 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de alcalinidad



* Dureza Total

IDT = 10 1.974 – 0.00174 (DT) ............................................(10)

 (DT) Dureza Total en mg/l como CaCo3

La gráfica 9 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 9 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de dureza total



* Nitrógeno de Nitratos

IN-NO3 = 162.2 (N-NO3) - 0.343 ..............................................(11)

 (N-NO3) Nitrógeno de Nitratos en mg/l

La gráfica 10 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 10 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de nitratos



Nitrógeno Amoniacal

INH3 = 45.8 (N-NH3) – 0.343 ..............................................(12)

 (N-NH3) Nitrógeno amoniacal en mg/l

La gráfica 11 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 11 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de nitrógeno amoniacal



* Fosfatos Totales

IPO4 = 34.215 (PO4)- 0.46 ..........................................(13)

 (PO4) Fosfatos Totales en mg/l

La gráfica 12 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 12 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de fosfatos totales



Cloruros

ICl- = 121 (Cl)- 0.223 ............................................(14)

 (Cl) Cloruros en mg/l

La gráfica 13 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 13 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de cloruros



* Oxígeno Disuelto

......................(15)



(OD) Oxígeno Disuelto en mg/l y a T. de campo (Tc)

(Oxígeno Disuelto)sat mg/l de saturación Tsat = Tc

La gráfica 14 muestra el comportamiento de esta ecuación.

Gráfica 14 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de oxígeno disuelto



* Demanda Bioquímica de Oxígeno

IDBO = 120 (DBO) - 0.673 ........................................(16)

 (DBO) Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/l

Gráfica 15 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de DBO5



* Coliformes Totales

ICT = 97.5 (CT) - 0.27  ............................................(17)

 (CT) Coliformes Totales en NMP / 100 ml

Gráfica 16 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de coliformes totales



* Coliformes Fecales

IEc = 97.5 [5 (CF)] -0.27 ...........................................(18)

(CF) Coliformes Fecales en NMP / 100 ml

Gráfica 17 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua de coliformes fecales



* Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)

ISAAM= 100–16.678(SAAM)+0.1587(SAAM)2 .............................(19)

 (SAAM) Sustancias Activas al Azul de Metileno en mg/l

Gráfica 18 Comportamiento del Índice de Calidad del Agua



***6. Criterios de Cálculo***

La aplicación de las ecuaciones para el cálculo del ICA por parámetro a los datos de calidad del agua puede generar valores del ICA mayores a 100 o negativos, por lo que es necesario tomar en cuenta ciertos criterios de cálculo en la metodología, basados en el comportamiento matemático de las ecuaciones.

En caso de que no exista ningún parámetro para el calculo del ICA, la estación de monitoreo no se tomará en cuenta para el período de evaluación de donde no haya información.

El cálculo del ICA se realizará con los parámetros con que cuente la estación de monitoreo, en caso de que no existan los 18 parámetros.

1. Potencial de hidrógeno. Para valores de pH menores a 6.7 se usará la ecuación 2a; en el caso de que el pH sea mayor o igual a 6.7 y menor que 7.58 se aplicará la ecuación 2b. Cuando el pH sea mayor o igual a 7.58 se usará la ecuación 2c.
2. Color. Los datos de las concentraciones de color que se utilizarán en el cálculo serán de color verdadero. Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100.
3. Turbiedad. Para concentraciones menores a 1.54 UTJ se asignará un valor de ICA de 100.
4. Grasas y aceites. Cuando se tienen datos menores de 0.633 mg/l, se debe asignar un valor de ICA de 100.
5. Sólidos suspendidos. Para concentraciones menores de 14.144 mg/l se asigna un valor de ICA de 100.
6. Sólidos disueltos. Para concentraciones menores a 520 mg/l se asigna un valor de ICA de 100, y para concentraciones mayores a 6234 mg/l se debe asignar un valor de cero.
7. Conductividad eléctrica. Cuando se tienen concentraciones menores a 85.60 μmhos/cm, se debe asignar un ICA de 100 %.
8. Alcalinidad. Para concentraciones menores de 1.3 se asigna un ICA de 100.
9. Dureza total. Para concentraciones mayores a 2500 mg/l se asignará un ICA de cero.
10. Nitrógeno de nitratos. Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores a 4.097 mg/l.
11. Nitrógeno amoniacal. Para concentraciones menores de 0.11 mg/l se asigna un ICA de 100.
12. Fosfatos totales. Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/l.
13. Cloruros. Para concentraciones menores a 2.351 se asignará un ICA de 100.
14. Oxígeno disuelto. El oxígeno se disuelve en el agua por el contacto del aire con la superficie del agua, hasta alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada. A la temperatura de 0oC el punto de saturación del oxígeno disuelto es de 14.6 ppm. Esta concentración disminuye al aumentar la temperatura del agua, de manera que a 15oC la concentración de saturación del oxígeno disuelto es de 10 ppm. Es por este motivo que, cuando no se cuente con el dato de la temperatura ambiente, no se podrá realizar el cálculo del oxígeno disuelto y se considerará inexistente. Para calcular la concentración de OD en equilibrio con aire saturado en agua, se usará la ecuación (20) que se muestra a continuación:

  ...............(20)

donde la temperatura *T* esta en grados Kelvin (*T* = 273.15 + Tambiente)

Posteriormente con la ecuación (15) se calcula el índice del OD.

1. Demanda bioquímica de oxígeno. Se asigna un ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/l.
2. Coliformes totales. Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100.
3. Coliformes fecales. Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100.
4. SAAM. Se asigna un valor de ICA de cero cuando se tengan concentraciones mayores de 6.384 mg/l.

### *7. Evaluación del ICA*

Como se ha mencionado el ICA indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y esta expresado como un porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento y para el agua en excelentes condiciones cercanas a 100. La tabla 3 muestra el rango de clasificación del ICA de acuerdo al criterio general y los colores asignados en cada caso. La tabla 4 presenta la escala de clasificación del índice de calidad del agua considerando un criterio general y los distintos usos que se les da al agua.

Tabla 3 Rango de clasificación del ICA de acuerdo al criterio general

|  |  |
| --- | --- |
| **ICA** | **CRITERIO GENERAL** |
| 85 –100 | No Contaminado |
| 70 - 84  | Aceptable |
| 50 – 69 | Poco Contaminado |
| 30 - 49 | Contaminado |
| 0 - 29 | Altamente Contaminado |

Tabla 4 Escala de clasificación del Indice de Calidad del Agua

