



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Comparison of the methodologies (ISQA) 1982 – Spain and the NSF, for obtaining the water quality index

Comparação das metodologias (ISQA) 1982 – Espanha e NSF, para obtenção do índice de qualidade da água

Julio Benito Intriago Flores ^I

julio.intriago@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0822-8184>

José Fabián Véliz Párraga ^{II}

fabian.veliz@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5356-4537>

Gene Winston Párraga Mejía ^{III}

gene.parraga@docentes.educacion.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-7567-0816>

María Shirlendy Guerrero Alcívar ^{IV}

maria.guerrero@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-4912-5717>

Pablo Enrique Zambrano Zambrano ^V

enrique.zambrano@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3910-1898>

Beatriz Irene Caballero Giler ^{VI}

beatriz.caballero@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2008-864X>

Correspondencia: julio.intriago@utm.edu.ec

***Recibido:** 16 de diciembre de 2025 ***Aceptado:** 21 de enero de 2026 *** Publicado:** 23 de febrero de 2026

- I. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- II. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- III. Ministerio de Educación, Ecuador.
- IV. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- V. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- VI. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Resumen

El presente trabajo analiza dos de las metodologías más utilizadas a nivel mundial para la obtención del índice de calidad del agua que son: el modelo de análisis de Brown (1970) propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF) que considera nueve parámetros entre ellos, físicos, químicos y microbiológicos tales como: demanda bioquímica de Oxígeno (DBO_5), coliformes fecales, cambios de temperatura, fosfatos, oxígenos disueltos (%), nitratos, pH, sólidos totales disueltos, y turbidez; y la metodología (ISQA) 1982 – España que analiza cinco parámetros: Temperatura, demanda Química de oxígeno, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos suspendidos. Con esta investigación se compara y se concluye con sus ventajas y desventajas de usar uno u otro método a partir de estudios realizados recientemente con la suficiente bibliografía y base científica.

Palabras claves: Calidad de agua; ICA-NSF; oxígeno disuelto; turbidez.

Abstract

This paper analyzes two of the most widely used methodologies worldwide for obtaining the water quality index: the Brown (1970) analysis model proposed by the U.S. National Sanitation Foundation (ICA-NSF), which considers nine parameters, including physical, chemical, and microbiological factors such as biochemical oxygen demand (BOD_5), fecal coliforms, temperature changes, phosphates, dissolved oxygen (%), nitrates, pH, total dissolved solids, and turbidity; and the ISQA (1982) methodology from Spain, which analyzes five parameters: temperature, chemical oxygen demand, dissolved oxygen, conductivity, and suspended solids. This research compares and concludes with the advantages and disadvantages of using each method based on recent studies with sufficient bibliography and scientific foundation.

Keywords: Water quality; ICA-NSF; dissolved oxygen; turbidity.

Resumo

Este artigo analisa duas das metodologias mais utilizadas mundialmente para a obtenção do índice de qualidade da água: o modelo de análise de Brown (1970), proposto pela Fundação Nacional de Saneamento dos EUA (ICA-NSF), que considera nove parâmetros, incluindo fatores físicos, químicos e microbiológicos como demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), coliformes fecais, variações de temperatura, fosfatos, oxigênio dissolvido (%), nitratos, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez; e a

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

metodologia ISQA (1982), da Espanha, que analisa cinco parâmetros: temperatura, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, condutividade e sólidos em suspensão. Esta pesquisa compara e conclui sobre as vantagens e desvantagens da utilização de cada método, com base em estudos recentes com bibliografia suficiente e fundamentação científica.

Palavras-chave: Qualidade da água; ICA-NSF; oxigênio dissolvido; turbidez.

Introducción

El agua es indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades cotidianas del hombre, sin embargo, no toda el agua puede ser utilizada indistintamente para suplir las necesidades del ser humano; su utilización está condicionada a la calidad que esta tenga.(Julio et al., n.d.)

Los cuerpos de agua se pueden caracterizar analizando básicamente tres componentes: su hidrología, sus características fisicoquímicas y la parte biológica. Para llevar a cabo un análisis y evaluación completa de calidad del agua, es necesario monitorear estos tres componentes.(Benito et al., 2024)

Importancia del recurso agua

El agua es un elemento esencial para la vida, sin ella el hombre no podría existir. Toda población o comunidad ha buscado asentamiento cerca a una fuente de agua(Un et al., n.d.).

Las fuentes de agua, aunque disponibles en mayor o menor cantidad, han sido contaminadas gradualmente y fueron las causantes de muchas epidemias que diezmaron ciudades enteras en la Antigüedad. El hombre tardó bastante tiempo en darse cuenta de que el agua que estaba consumiendo era la causante de muchas de las enfermedades que estaba padeciendo y solo a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX empezó a implementar procesos para tratar y desinfectar el agua que consumía. (Intriago-flores & Guadamud-mieles, 2024)

A medida que la humanidad continuó su desarrollo, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos, a deteriorar los ecosistemas, etc. Fue así como se hizo necesario implementar los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Actualmente, la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y de buena calidad es una de las principales necesidades de cualquier población. Por esta razón, la calidad del agua es la rama de la Ingeniería que pretende:

Diagnosticar los problemas relacionados con la calidad del agua.

Relacionar los problemas de calidad con los diferentes usos deseables del agua.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Juzgar qué variables de calidad del agua se necesita controlar y los medios o recursos disponibles para hacerlo.

El agua en el mundo

El agua en el mundo circula naturalmente a través de los océanos, la atmosfera, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas.

La mayor parte de agua en el mundo es salada y está en los océanos y mares en un 96.5 %, seguido por casquetes y glaciares polares en un 1,74 % concentrando la mayor parte de agua dulce en nuestro planeta, y la parte de agua superficial implícitamente en ríos en un pequeño porcentaje del 0.0002 %.(Intriago-Flores, 2023).

Los países latinoamericanos gozan de las más grandes reservas de agua dulce del mundo; sin embargo, tienen muchos desafíos por delante respecto a la gestión de los recursos hídricos. Se requieren garantizar acceso universal al agua, mejorar la eficiencia de su gestión y disminuir la contaminación de los acuíferos. Desde los años noventa, la contaminación de los ríos ha empeorado, de esta forma, mientras en los países desarrollados la calidad del agua mejora con el paso de los años, la contaminación de ríos empeora en países en vías de crecimiento (Iriarte, 2018) .

Las actividades tales como eutroficación, destrucciones del hábitat, sedimentación, vertimiento de desechos de las industrias, entre otros, provocan contaminación a lo largo de toda la cuenca del río conforme vayan pasando más a los centros poblados y a las zonas industriales (Montilla & Pacheco, 2017). Estas acciones no solo afectan a la salud propia del río sino también a la población humana (Cevallos et al., 2015). Según la Organización Panamericana de la Salud (Organización Panamericana de la Salud, 2012) los más vulnerables son los niños entre 0 -5 años, provocando 842 000 muertes anuales alrededor del mundo, por enfermedades relacionadas con la mala calidad de agua como, el colera, esquistosomiasis, la malaria, la legionelosis entre otras (Acuerdo 097A, 2015). Según Cevallos et al.(2015), el Ecuador es un país rico en cantidad de agua, más no en calidad, ya que según varias fuentes el 70% de los ríos de Ecuador se encuentran en procesos críticos de contaminación. Las principales causas de estas cifras se deben particularmente a los residuos domésticos en su mayor porcentaje, residuos industriales , malas prácticas agrícolas, erosión de suelos y la minería (Olguín et al, 2010) . Los Ríos más contaminados a nivel nacional son el río Guayas en la provincia de Guayas, el río Machángara en la provincia de Pichincha, el río Esmeraldas en la provincia de Esmeraldas, el río Cutuchi en la provincia de Cotopaxi, los ríos Sicalpa, Chibunga y Chambo en la provincia de Chimborazo (Cevallos et al., 2015).

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Según (Macías & Díaz, 2010) indican que uno de los principales problemas ambientales que afectan a la calidad de agua en la cuenca del río Portoviejo, es el manejo inadecuado de los suelos y cultivos, además de otras fuentes de contaminación como las lubricadoras, hospitales, camales, poblaciones cercanas que descargan directamente al río sin ningún tipo de control.

Basado en estos antecedentes, resulta prioritario realizar una evaluación de la calidad de agua en la cuenca media y baja del río Portoviejo mediante la aplicación del ICA-NSF y de esta manera establecer el grado de contaminación actual de este importante curso de agua. Además de establecer estrategias que puedan controlarla.

Calidad de agua y su índice

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2017), el agua es indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades cotidianas del hombre. Sin embargo, no toda el agua puede ser utilizada indistintamente para suplir las necesidades del ser humano; su utilización está condicionada a la calidad que esta tenga (Instituto Nacional de Meteorología).

En cuanto a los parámetros de calidad del agua según Olguín et al. (2010) se tiene: los físicos, químicos y microbiológicos, cuyos ensayos y pruebas en laboratorio son los métodos cuantitativos utilizados.

El deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción; la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura (P. Torres et al., 2018).

La evaluación general de la calidad del agua ha sido objeto de múltiples discusiones en cuanto a su aplicación para regulación del recurso hídrico en el mundo, ya que está considerada criterios que no siempre garantizan el resultado esperado para regiones con diferentes características. Como consecuencia muchos países han desarrollado estudios e indicadores tendentes a aplicar criterios de evaluación propios de tal manera que su aplicación corresponda con sus requerimientos y necesidades (Jiménez & Barba, 2000).

Los intentos para lograr construir un índice que permita calificar la calidad de agua tienen mucha historia, existe información proporcionada por Patiño (2016) de que en Alemania en 1848 ya se realizaban algunos intentos por relacionar la presencia de organismos biológicos con la pureza del agua. En los últimos 130 años los países europeos han aplicado diferentes sistemas para clasificar la calidad de las aguas, sin embargo, el desarrollo del ICA basados en el empleo de valores numéricos

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

parta asignar una gradación de la calidad del agua en una escala prácticamente continua son relativamente recientes. Rojas et al. (2009) proponen el uso de ICA para estimar patrones o condiciones de contaminación acuática.

Otro en generar una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad fue Liebman en el año 1969 (Valdés Bato et al., 2011). Sin embargo, estos solo fueron utilizados y aceptados por las agencias de monitoreo de calidad del agua en los años setenta cuando los ICA tomaron más importancia en la evaluación del recurso hídrico.

Según Patiño (2016), en el año 1982, en España se desarrolló el índice de calidad de agua (ISQA) basados en cinco parámetros fisicoquímicos y planteo una clasificación de calidad del agua para seis usos específicos del recurso, entre los cuales se destaca el abastecimiento, para el consumo humano. Según Rojas et al. (2009), Dinius en el año 1972, replanteó un ICA conformado por 12 parámetros físico químicos y microbiológicos, pero a diferencia del ICA-NSF, cuya clasificación está orientada a aguas a ser empleadas como fuente de captación para el consumo humano, considera cinco usos del recurso: consumo humano, agrícola, pesca y vida acuática, industrial y recreación.

Parámetros que conforman los ICA

Según C. Torres (2018), el Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje de “agua pura”. El agua altamente contaminada tendrá un ICA $\approx 0\%$, en tanto que el agua en excelentes condiciones el valor del ICA $\approx 100\%$. El ICA fue desarrollado de acuerdo con las siguientes etapas:

1. La primera etapa consistió en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua.
2. La segunda involucró el desarrollo de una escala de calificación para cada indicador, de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación.
3. Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon los modelos matemáticos para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro.
4. Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, se modeló introduciendo pesos o factores de ponderación (W_i) según su orden de importancia respectivo.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

5. Finalmente, los índices por parámetro son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua.

Los parámetros ser incluidos en los ICA han estado marcados, desde sus inicios, por la apreciación de expertos que se han encasillados como estándares. (P. Torres et al., 2018), recomienda seleccionar los parámetros de las cinco categorías más comunes conocidas: nivel de oxígeno, eutrofización, aspectos de salud, caracterizaciones físicas y sustancias disueltas. Existen algunos modelos para definir los índices de calidad de agua, midiendo una serie de parámetros. En el anexo 1 se presentan los diferentes parámetros de calidad de agua contemplados por las diferentes metodologías para establecer el ICA. En el Ecuador según (Quiroz et al., 2017), la metodología a utilizar es la propuesta por Brown et al. (1970) desarrollado por la National Sanitation Fundación (ICA-NSF).

De manera global son 18 los parámetros para determinar el ICA los cuales son:

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno
2. Oxígeno disuelto
3. Coliformes fecales
4. Coliformes totales
5. Potencial de Hidrógeno
6. Dureza total
7. Solidos disueltos
8. Solidos 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

A continuación, en la tabla 1 detallaremos sus coeficientes de ponderación para el cálculo del ICA.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Tabla 1. Coeficiente de ponderación para el cálculo del ICA

Parámetro	Importancia/ ponderación
pH	1.0
Color	1.0
Turbiedad	0.5
Grasas y aceites	2.0
Sólidos suspendidos	1.0
Sólidos disueltos	0.5
Conductividad eléctrica	2.0
Alcalinidad	1.0
Dureza total	1.0
Nitrógeno de nitratos	2.0
Nitrógeno amoniacal	2.0
Fosfatos totales	2.0
Cloruros	0.5
Oxígeno disuelto	5.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5.0
Coliformes totales	3.0
Coliformes fecales	4.0
SAAM	3.0

Importancia relativa de los parámetros del ICA

Además del ICA general, es posible calcular los valores del ICA para las categorías siguientes:

- Materia orgánica
- Bacteriológico
- Material iónico
- Material en suspensión
- Nutrientes.

A continuación, se agruparán en la tabla 2, los parámetros para ICA's particulares

Tabla 2. Agrupación de parámetros para ICA's particulares

Parámetro	Clasificación
pH	Material iónico
Color	Material suspendido
Turbiedad	Material suspendido
Grasas y aceites	Material suspendido

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Sólidos suspendidos	Material suspendido
Sólidos disueltos	Material iónico
Conductividad eléctrica	Material iónico
Alcalinidad	Material iónico
Dureza total	Material iónico
Nitrógeno de nitratos	Nutrientes
Nitrógeno amoniacal	Nutrientes
Fosfatos totales	Nutrientes
Cloruros	Material iónico
Oxígeno disuelto	Material orgánico
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Material orgánico
Coliformes totales	Bacteriológico
Coliformes fecales	Bacteriológico
SAAM	Nutrientes

Metodologías para la obtención del ICA

A continuación, detallaremos en la Figura 1 las diferentes metodologías que se utilizan a nivel mundial propuesta para la obtención del ICA.

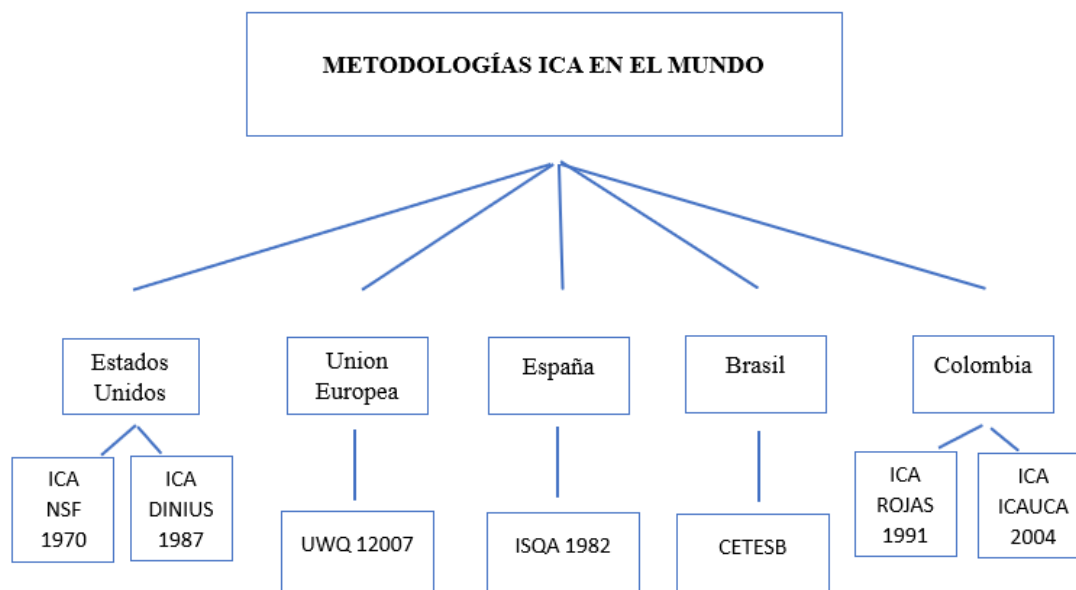


Figura 1. Diferentes metodologías a nivel mundial propuestas para la obtención de los ICA

Calidad del agua (ISQA) 1982 - España

Los Índices de Calidad de Agua (ICA) son herramientas fundamentales para evaluar el estado de los recursos hídricos. Mediante una expresión matemática que representa diversos parámetros, permiten

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

evaluar el agua de forma integral. Estas herramientas ofrecen una visión clara de las condiciones ambientales, son fáciles de interpretar, capaces de mostrar tendencias temporales y útiles para monitorear ecosistemas acuáticos.

El Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) fue desarrollado en 1982 por R. Queralt en España, específicamente para las cuencas de Cataluña, el cual se basó en 5 parámetros fisicoquímicos y planteó una clasificación de la calidad del agua para 6 usos específicos del recurso, entre los cuales se destaca el abastecimiento para consumo humano.

Características principales:

Utiliza solo 5 parámetros fisicoquímicos, lo que lo hace más simplificado y económico que otros índices. Está diseñado para aguas superficiales, especialmente ríos y ambientes lóticos

Permite obtener resultados garantizados, minimizando tiempo y recursos necesarios

Plantea una clasificación de la calidad del agua para 6 usos específicos del recurso

Es especialmente útil para el abastecimiento de agua para consumo humano

Rango de clasificación

El ISQA varía entre 0 y 100, donde 100 indica calidad de agua excelente. La clasificación del agua según el ISQA establece 6 categorías con sus respectivos usos que a continuación lo detallaremos en la tabla 3:

Tabla 3. Clasificación del agua según sus categorías

100 - 85	Excelente	Consumo humano sin tratamientos, todos los usos.
84 - 70	Buena	Consumo humano con tratamiento simple, pesca, recreación
69 - 50	Mediana	Consumo con todo tratamiento convencional, agricultura e industria.
49 - 30	Regular	Pesca, recreación limitada, navegación.
29 - 10	Mala	Usos restringidos, navegación, refrigeración.
9 - 0	Muy mala	Prácticamente sin uso, altamente contaminada.

Método de cálculo

El ISQA se calcula mediante la siguiente ecuación 1:

$$\text{ISQA} = E \times (A + B + C + D) \quad (1)$$

Donde cada factor se determina según:

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

E - Factor de Temperatura:

Índice varía entre 0 y 1

El índice de temperatura disminuye de 1 por cada grado que la temperatura es mayor de 20°C

Temperatura óptima: 20°C

A - Factor de Demanda Química de Oxígeno (DQO):

Indica contenido orgánico

Alcanza un máximo de 30 para DQO = 0 mg/L

Valores altos indican contaminación orgánica

B - Factor de Sólidos Suspendidos Totales (SST):

Representa componentes insolubles (materias en suspensión)

Se relaciona con turbidez del agua

C - Factor de Oxígeno Disuelto (OD):

Parámetro fundamental de calidad

Indica capacidad del agua para sostener vida acuática

Expresado como % de saturación o mg/L

D - Factor de Conductividad Eléctrica (CE):

Mide sales disueltas en el agua

Alcanza un máximo de 20 cuando CE = 200 μ S/cm (agua potable)

Para valores > 4000 μ S/cm, el factor = 0

Procedimiento de cálculo:

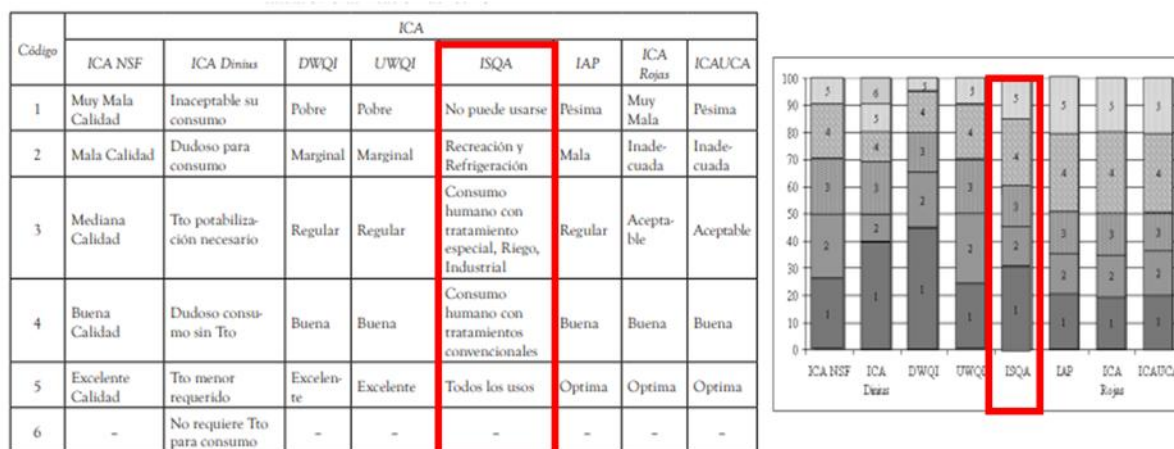
1. Medir cada uno de los 5 parámetros en campo o laboratorio
2. Calcular el valor del índice para cada parámetro según las ecuaciones correspondiente
3. Multiplicar el índice de temperatura por la suma de los otros cuatro valores
4. Interpretar el resultado según la tabla de clasificación

Criterios generales del uso del agua según ICA

En la figura 2 se puede apreciar el uso del agua según el ICA que va desde muy mala calidad a excelente calidad.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Figura 2. Criterios del uso del agua según ICA



Los Índices de Calidad del Agua establecen criterios específicos para diferentes usos:

Consumo Humano:

Valores 90-100: Requiere solo desinfección básica

Valores 50-90: Necesita tratamiento convencional (coagulación, floculación, filtración, desinfección)

Valores < 50: Requiere tratamientos especiales (mayores costos y complejidad)

Agricultura:

Se considera conductividad eléctrica (sales)

Agua con alta salinidad puede dañar cultivos

Evaluación de nitratos y fosfatos para prevenir eutrofización

Pesca y Vida Acuática:

Oxígeno disuelto > 5 mg/L es esencial

Temperatura dentro de rangos específicos según especies

Bajo contenido de sustancias tóxicas

Uso Industrial:

Depende del tipo de industria

Considera principalmente conductividad y dureza

Evaluación de sólidos totales disueltos

Recreación:

Ausencia de contaminación microbiológica

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Baja turbidez

Aspecto estético aceptable

Navegación:

Criterios menos estrictos

Principalmente considera aspectos físicos

Ventajas y desventajas del ISQA

Ventajas:

- Simplicidad Operativa
- Solo requiere 5 parámetros, reduciendo costos y tiempo de análisis
- Más económico que índices con 9-12 parámetros
- Eficiencia en Recursos
- Minimiza tiempo de muestreo y análisis
- Reduce reactivos y equipamiento necesario
- Facilidad de Interpretación
- Escala 0-100 intuitiva y fácil de comunicar
- Clasificación clara en 6 categorías de uso
- Aplicabilidad Regional
- Desarrollado específicamente para condiciones españolas (Cataluña)
- Adaptado a características de cuencas mediterráneas
- Cálculo rápido
- Fórmula matemática sencilla
- Permite evaluaciones frecuentes y monitoreo continuo
- Sensibilidad Adecuada
- El método multiplicativo lo hace sensible a variaciones en calidad
- Un parámetro muy bajo puede alertar sobre problemas
- Base Científica Sólida
- Desarrollado por expertos en hidrología
- Validado en cuencas catalanas

Desventajas:

- Limitaciones de Parámetros

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

- No incluye análisis microbiológico (coliformes, E. coli)
- Ausencia de metales pesados y sustancias tóxicas específicas
- No evalúa compuestos orgánicos persistentes
- Falta de Indicadores Biológicos Directos
- No incorpora macroinvertebrados o índices bióticos
- Puede no detectar impactos ecológicos sutiles
- Sensibilidad al Método Multiplicativo
- Un solo parámetro anómalo puede distorsionar el resultado total
- Valores extremos tienen impacto desproporcionado
- Especificidad regional limitada
- Desarrollado para Cataluña, puede requerir ajustes en otras regiones
- No universal para todos los tipos de cuerpos de agua
- Ausencia de Dimensión Temporal
- No considera variaciones estacionales explícitamente
- Resultado puntual puede no reflejar condiciones a largo plazo
- No Evalúa Aspectos Hidromorfológicos
- No considera estructura del cauce, conectividad, bosque de ribera
- Limitado a aspectos fisicoquímicos
- Limitaciones para Agua Potable
- No incluye todos los parámetros requeridos por normativa de agua potable
- Debe complementarse con análisis microbiológicos y químicos específicos
- Comparabilidad Internacional Limitada
- Diferente de otros índices internacionales (ICA-NSF, CCME)
- Dificulta comparaciones transfronterizas

Índice de BROWN o de la NSF (Estados Unidos, 1970)

La metodología más empleada para la obtención del ICA a nivel mundial y en la republica del Ecuador, es el propuesto por Brown et al. (1970) desarrollado por la National Sanitation Fundación (ICA-NSF).

Según (Mayorga et al., 2000) el ICA-NSF fue empleado en 1970 y comprende un rango entre 0 y 100 [unidades], que es un promedio ponderado de nueve parámetros de calidad de agua que contiene:

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

temperatura, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, pH, coliformes fecales, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fosfatos y nitratos. se detalló el concepto de cada uno de ellos, divididos en físicos, químicos y microbiológicos a continuación.

Según Mayorga et al. (2000), las principales consideraciones para establecer la calidad del agua se basan a priori, más en las características físicas que en la química y biológica, ya que se desea un agua incolora, inodora e insípida para ser utilizada en las diferentes actividades diarias del hombre. A continuación, se detallaron algunos conceptos de parámetros físicos:

La temperatura es una constante que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua, por ejemplo, en la solubilidad del oxígeno (Rodríguez, 2009).

El incremento de la temperatura reduce la cantidad de oxígeno presente en el agua, los ecosistemas acuáticos se ven afectados, produce eutrofización y proliferación de organismos patógenos, acelera las reacciones químicas, incrementa la solubilidad de algunas sustancias, reduce la solubilidad de los gases e incrementa la actividad biológica. Usualmente las variaciones de temperatura indican contaminación por descargas de aguas residuales o descargas de las aguas utilizadas en procesos industriales con elevadas temperaturas.

Los **sólidos disueltos** es el material que perdura en el agua luego de que ella es sometida a un proceso de filtración y son producto de la acción solvente del agua, luego de que actúa sobre sólidos y gases (Gómez, 2000). Conocidos como TDS son las siglas inglesas de «Total Dissolved Solids», en español, Total de Sólidos Disueltos. El Total de Sólidos Disueltos (TDS) es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contienen los líquidos, para este caso, el agua.

La presencia de altas cantidades de sólidos disueltos totales puede cambiar la calidad del agua, provocando que esta tenga un sabor amargo a metal o salado. Además, los sólidos disueltos afectan la penetración de luz en la columna de agua y la absorción selectiva de las diferentes longitudes de onda que integran el espectro visible.

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. (Manuel et al., 2025)

El límite máximo recomendado por la OMS para el agua potable es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), el cual tiene un alto índice de dispersión sobre todo en algunos

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

de los países Centro y Sur Americanos. Por encima del límite recomendado por la guía de la OMS se encuentran 10 % de los países, conformado por Guatemala con 15 UNT y Republica Dominicana con 10 UNT. Finalmente, y acogiendo la recomendación de las guías de la OMS se encuentra el 75 % demostrando gran acogida de las respectivas normas nacionales, en la apariencia del agua que las diferentes legislaciones buscan proporcionar a los consumidores (Herdiana, 2013).

En niveles altos de turbidez, debido a las altas concentraciones de partículas suspendidas, las cuales absorben calor de la luz del sol y ocasionan aumento de la temperatura del agua, por lo que se reduce la concentración de oxígeno, provocando que el agua pierda su capacidad de acoger a la diversidad de organismos acuáticos (Ramírez et al., 2011).

Según Salinas et al. (2017), las características químicas tienden a ser más específicas en su naturaleza que alguno de los parámetros físicos y por eso son más útiles para evaluar las propiedades de una muestra. Algunos conceptos de parámetros químicos son mostrados:

El **oxígeno disuelto** puede considerarse como la porción de oxígeno del aire disuelto en el agua influenciado por el movimiento de la misma. Según Herdiana (2013), el oxígeno disuelto es la cantidad presente en el agua y que es esencial para los ríos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuan contaminada está el agua y de cuanto sustento puede dar esa agua a la vida animal y vegetal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad de agua. Si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire, del producto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas y también podría resultar de la turbulencia en las corrientes debido a que el oxígeno en el aire que queda atrapado bajo el agua en movimiento rápido se disuelve en esta, la temperatura también afecta la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua, el agua fría guarda más cantidad que la caliente.

El oxígeno disuelto es un parámetro clave para la evaluación de la calidad del agua en los sistemas hídricos. La medida de oxígeno disuelto expresa información sobre las reacciones biológicas y bioquímicas que ocurren en las aguas. Niveles bajos de oxígeno disuelto pueden ser causados por vertidos con carga orgánica como materia animal y vegetal ya que las bacterias requieren oxígeno para descomponer la materia orgánica y por lo tanto disminuyen el oxígeno del agua, alterando toda la estructura del sistema acuático (Carrillo & Urgilés, 2016).

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Según Zoppas (2018), **los nitratos** son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, (NO_3^-). El nitrato es un compuesto inorgánico combinado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) cuyo símbolo químico es NO_3^- . Normalmente, el nitrato no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (Muñoz et al., 2004).

Con frecuencia la contaminación por nitratos procede, principalmente, de fuentes no puntuales o difusas. Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas) se asocian, mayormente, a actividades agrícolas y ganaderas. Aunque en determinadas áreas, también pueden estar relacionadas a ciertas actividades industriales, especialmente las del sector agrícola (Rodríguez, 2009).

Los compuestos que contienen nitrógeno actúan como nutrientes en corrientes y ríos, por esta razón los fenómenos de eutrofización de lagos, pueden estar relacionados directamente con una elevada concentración de nitratos en el agua. Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas, pastos, aguas negras, detergentes y desechos de animales. Las reacciones de nitrato en el agua dulce pueden agotar el oxígeno y, en consecuencia, mueren los organismos acuáticos. Su presencia en altas concentraciones en agua potable es riesgosa para la salud (Muñoz et al., 2004).

Como lo indica Camilo et al. (2019) el **pH**, es uno de los parámetros que sirve para conocer la calidad de agua, este parámetro es una medida de la acidez o basicidad de una sustancia. El pH posee un ámbito de 0 a 14 donde 7 es el valor considerado como neutral. Cuando el valor del pH es menor de 7 es ácido, mientras que si el mismo valor está sobre este pH es básico. El valor recomendado del pH en el agua es de 6.5 a 8.5. El pH de aguas no contaminadas depende del balance entre el dióxido de carbono, carbonato y bicarbonato; iones que siempre están presentes en las aguas naturales y cuya variación puede ser causada por la disolución de rocas carbonatadas, cambio atmosférico de CO_2 , y de la respiración de los organismos acuáticos (Rodríguez, 2009). El pH es un importante parámetro del cual dependen gran número de procesos que tienen lugar en las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida de los peces de agua dulce y los invertebrados debe estar comprendido entre 6 y 9, y debe ser constante para permitir crecer y multiplicarse a los organismos (Jiménez & Barba, 2000). Valores altos o bajos de pH pueden romper el balance de los compuestos químicos del agua y movilizar los contaminantes, en este caso si tenemos niveles bajos de pH puede incrementarse la toxicidad del agua debido a que aumenta la solubilidad de metales como: hierro, cobre, zinc níquel, plomo y cadmio, entre otros (Carrillo & Urgilés, 2016).

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

La **DBO** o **demanda bioquímica de oxígeno** que es la cantidad necesaria de oxígeno para la oxidación de materia orgánica por medio de bacterias aeróbicas.(Raffo & Ruiz, 2014). Las aguas superficiales son, altamente susceptibles a la contaminación; siendo el vertedero tradicional a lo largo de toda la historia de la industria y las poblaciones. En el caso de los contaminantes residuos que demandan oxígeno, afectan a las corrientes de agua como a las aguas estancadas, la materia orgánica requiere oxígeno para ser degradada en un curso de agua. El alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Entre los efectos al ecosistema, se encuentra el cambio en la calidad del agua.

La demanda bioquímica de oxígeno tiene una relación directa con la cantidad de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua, si los niveles de DBO5 son altos, existe reducción de la cantidad de oxígeno, debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta. En caso de no haber materia orgánica, no hay muchas bacterias que la descompongan y por ende la DBO5 será menor y el oxígeno disuelto será mayor. En caso de que el nivel de la DBO5 sea demasiado alta, los organismos acuáticos se verían gravemente afectados.

Los **fosfatos** en el agua, según lo indica Petra (2016), pueden producir la eutrofización. Tan solo 1 g de fosfato-fosforo provoca el crecimiento de hasta 100 g de alga. Estos provienen generalmente de fertilizantes, excreciones humanas y detergentes y productos de limpieza.

Según Raffo & Ruiz (2014), en ecología el término eutrofización está referido al enriquecimiento en nutriente de un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático. Eutrofizado es aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes, la eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad. En ecosistemas acuáticos, con la eutrofización empiezan a proliferar algas unicelulares en general algas verdes.

Diferentes cantidades de fosfatos son arrastrados por la lluvia desde los suelos agrícolas hacia cursos de agua. Las cantidades excesivas de fosfato producen un excesivo crecimiento de algas y plantas en los cuerpos de agua, las cuales consumen grandes cantidades de oxígeno (Carrillo & Urgilés, 2016). La presencia de bacterias en los abastecimientos de agua es el parámetro de calidad más sensible. Las aguas naturales poseen una amplia variedad de microorganismos que forman parte del sistema ecológico y sus características biológicas se relacionan principalmente con la población de microorganismos existente y su impacto en la calidad del agua (Iriarte, 2019).

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Una contaminación biológica es expuesta principalmente por transmisión de enfermedades (microorganismos patógenos presentes en el agua), debido a la presencia en muchas ocasiones de coliformes fecales.

En cuanto a los **coliformes fecales**, se establece que son microorganismos con una estructura parecida al de una bacteria común se llama *Escherichia coli* y se encuentran en el intestino del hombre y en el de otros animales (Mora & Calvo, 2010).

La presencia de coliformes fecales es un indicador de la calidad de agua para consumo humano, en los medios acuáticos los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales, porque su origen es principalmente fecal. Al presentarse éstos en el agua indican que existe contaminación de tipo microbiológica, lo que puede provocar enfermedades intestinales en personas que la consuman. Entre las enfermedades patógenas que se transmiten por el agua contaminada, podemos mencionar la fiebre tifoidea, la gastroenteritis viral o bacteriana y la hepatitis A (Carrillo & Urgilés, 2016).

Método de cálculo del ICA-NSF

Según González (2019), este método se basa en un procedimiento que tiene en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve variables, y se determina a través de la ecuación(1)

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * Wi \quad (1)$$

Donde:

ICA-NSF: Índice de Calidad de Agua método NSF

Si: Subíndice del parámetro i

Wi: Factor de ponderación para el Subíndice i

En la Tabla 4, se muestra la escala utilizada por Quiroz et al. (2017), para interpretar el resultado final de la calidad de agua de acuerdo con el índice y el rango de clasificación.

Tabla 4. Rango de clasificación del ICA de acuerdo al criterio general

Clase	Calidad	Índice de calidad	Significado
I	Excelente	91-100	Aguas muy limpias
II	Buena	71-90	Aguas ligeramente contaminadas
III	Media	51-70	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Mala	26-50	Aguas muy contaminadas
V	Muy Mala	0-25	Aguas fuertemente contaminadas

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Las ecuaciones de las curvas citadas por Torres (2018) para la obtención de los subíndices “Si” de cada parámetro, se detallan en la Tabla 5.

Criterios generales del uso de agua según rangos ICA

Para uso en pesca y vida acuática

- 70-100 E - Pesca y vida acuática abundante.
- 60-70 A - Límite para peces muy sensitivos.
- 50-60 LC- Dudosa la pesca sin riesgos de salud.
- 40-50 C - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
- 30-40 FC- Inaceptable para actividad pesquera.
- 0-30 EC- Inaceptable para vida acuática.

Uso Industrial

- 90-100 E - No se requiere purificación.
- 70-90 A - Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación.
- 50-70 LC- No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal.
- 30-50 C - Tratamiento para mayoría de usos.
- 20-30 FC- Uso restringido.
- 0-20 EC- Inaceptable para cualquier industria.

Uso Recreativo

- 70-100 E - Cualquier tipo de deporte acuático.
- 50-70 A - Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
- 40-50 LC- Dudosa para contacto con el agua.
- 30-40 C - Evitar contacto, sólo con lanchas.
- 20-30 FC- Contaminación visible, evitar cercanía
- 0-20 EC- Inaceptable para recreación.

Tabla 5. Funciones de los Subíndices (Si) del ICA-NSF Brown (1970)

Parámetro	Dimensión	Función del subíndice (i)
Oxígeno Disuelto OD (% Sat.)	% saturación	$SI_{OD} = e^{(1,3663 + 0,063 \% sat - 0,000303 \% sat^2)}$ Si % Sat > 140, SI_{OD} = 50

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Coliformes fecales(CF)	NMP	$Si_{CF} = e^{(4,5922-0,1063Ln(CF)-0,0152[Ln(CF)]^2)}$ $Si_{coliformes\ fec.} > \frac{10^5}{100\ ml}, Si_{CF} = 2$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades(pH)	$SI_{pH} = e^{(-7,6434\ pH+18,5352\ \frac{1}{pH}+14,625\ [Ln(pH)]^2)}$ Si pH < 2,0 o pH > 12,0 und, SI _{pH} = 0
Demanda bioquímica de Oxígeno(DBO5)	mg/L	$Si_{DBO5} = e^{(4,5824-0,1078DBO5+2,4581x10^{-14}e^{\frac{1}{(DBO5)}})}$ Si DBO5 > 30 mg/L , SIDBO5 = 2
Fosfatos (PO₄)	mg/L	$SI_{FT} = \frac{1}{0,0084 + 0,0143\ PO_4 + 0,00074(PO_4)^2}$ Si PO ₄ > 10mg/L , SIPO ₄ = 2
Nitratos (N – NO₃)	mg/L	$SI_N = e^{(4,4706-0,043N+2,8813 \cdot 10^{-5} N^2)}$ Si N > 100mg/L , SIN = 1
T (ΔT:Desviación de la temperatura desde el equilibrio)	°C(ΔT)	$SI_T = 1,9619 E - 06(\Delta T)^6 - 1,3964 E - 04 (\Delta T)^5 + 2,5908 E - 03(\Delta T)^4 + 1,5398 E - 02(\Delta T)^3 - 6,7952 E - 01(\Delta T)^2 - 6,7204 E - 01 (\Delta T)+9,0392 E +01$
Sólidos Totales Disueltos(STD)	mg/L	$SI_{ST} = \frac{1}{0,0123 - 1,3545 \cdot 10^{-5} ST + 9,265 \cdot 10^{-8} ST^2}$ Si ST > 500 mg/L, SIST = 20
Turbiedad (Turb)	UNT	$SI_{Turb} = e^{(4,561-0,0196Turb+2,4167X10^{-5}Turb^2)}$ Si Turb > 100 UNT, SI Turb = 5

Ventajas del método ICA-NSF

Fácil interpretación

- Produce un solo número, lo que facilita la comunicación con autoridades, técnicos y público general.
- Clasificación clara: excelente, buena, media, mala, etc.

Amplia aceptación y uso

- Muy utilizado en estudios ambientales, gestión hídrica y academia.
- Permite comparar resultados con otros estudios y regiones.

Metodología estandarizada

- Pesos y curvas de calidad bien definidos.
- Reduce la subjetividad frente a índices creados localmente.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Enfoque integral

- Combina parámetros físicos, químicos y biológicos.
- Adecuado para evaluaciones generales de ríos y cuerpos superficiales.

Bajo costo relativo

- No requiere análisis extremadamente especializados en comparación con otros índices más complejos.

Desventajas del ICA-NSF

Poca flexibilidad

- Los pesos de los parámetros son fijos, aunque no todos sean igual de importantes en todos los ecosistemas.
- No se adapta bien a condiciones locales específicas.

Número medianamente limitado de parámetros

- Sólo considera 9 variables.
- No incluye metales pesados, pesticidas, hidrocarburos, ni contaminantes emergentes.

Sensibilidad a valores extremos

- Un sólo parámetro que estuviera errado, puede distorsionar el índice total.
- Puede ocultar problemas específicos si el valor final es “aceptable”.

Enfoque general, no específico

- No distingue bien el uso del agua (consumo humano, riego, vida acuática).

Dependencia del oxígeno disuelto

- El OD tiene un peso alto, lo que puede sobrevalorar la calidad en aguas bien oxigenadas pero contaminadas químicamente.

La evaluación de la calidad del agua mediante índices sintéticos constituye una herramienta fundamental para la interpretación integrada de múltiples variables fisicoquímicas y microbiológicas, facilitando la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos. Entre los índices más utilizados se encuentran el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), desarrollado en España en 1982, y el Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (ICA-NSF), ampliamente aplicado a nivel internacional. Ambas metodologías se basan en la normalización y ponderación de parámetros representativos del estado del cuerpo de agua; sin embargo, difieren en su estructura matemática, grado de flexibilidad y enfoque de aplicación.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

En este contexto, en la tabla 6, se presenta un análisis comparativo entre el ISQA (1982) y el ICA-NSF, destacando sus principales características metodológicas, alcances y limitaciones, con el fin de aportar criterios técnicos para la selección del índice más adecuado según los objetivos del estudio y las condiciones locales del sistema acuático evaluado.

Tabla 6. Cuadro comparativo de las metodologías ISQA (1982) y el ICA-NSF

Criterio	ISQA (1982) – España	ICA-NSF – National Sanitation Foundation
Origen y desarrollo	Desarrollado en España por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) en 1982, con el objetivo de evaluar la calidad de aguas superficiales en el contexto europeo.	Desarrollado en Estados Unidos por la National Sanitation Foundation (NSF) en la década de 1970, a partir de consenso de expertos mediante el método Delphi.
Enfoque metodológico	Índice aditivo ponderado, basado en la suma de subíndices normalizados multiplicados por factores de ponderación.	Índice multiplicativo ponderado, en el cual los subíndices se combinan mediante un producto ponderado.
Tipo de agregación	Suma ponderada de los subíndices de calidad.	Producto ponderado de los subíndices de calidad.
Número de parámetros	Variable (5 parámetros), con posibilidad de ajuste según disponibilidad de datos y objetivos del estudio.	Fijo: 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
Parámetros considerados	Incluye parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; puede incorporar variables adicionales según normativa o necesidades locales.	Oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO ₅ , nitratos, fosfatos, variación de temperatura, turbidez y sólidos totales.
Normalización de datos	Uso de funciones de transformación y curvas de calidad definidas para cada parámetro.	Uso de curvas de calidad estandarizadas (subíndices Qi) para cada parámetro.
Sistema de ponderación	Factores de ponderación definidos técnicamente, con posibilidad de adaptación regional.	Pesos fijos establecidos por consenso de expertos, sin ajuste local.
Rango del índice	Escala generalmente de 0 a 100, aunque puede variar según adaptación metodológica.	Escala fija de 0 a 100.

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

Clasificación de la calidad	Clasificación en categorías cualitativas (muy buena, buena, aceptable, deficiente, mala), ajustables al marco normativo.	Clasificación estandarizada: excelente, buena, media, mala y
-----------------------------	--	--

Referencias

1. Acuerdo 097A, Registro Oficial No. 387 407 (2015).
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
2. Benito, J., Flores, I., Justiniano, A., Rodríguez, C., Iván, C., Villavicencio, P., Alfonso, P., & Mieles, G. (2024). Polo de Capacitación , Investigación y Publicación (POCAIP) hace constar que : El artículo científico : “ Cuenca media y baja del río Portoviejo , análisis comparativo de su contaminación , y estrategias para mitigarla ” Abg . Néstor Darío Suárez Montes.
3. Camilo, L., Chacon, T., Augusto, C., & Celis, D. (2019). Aplicación de tecnologías SIG en el análisis geoespacial de determinantes de calidad del agua: Oxígeno disuelto , pH y temperatura del agua. luis.toto@unillanos.edu.co
4. Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). Determinación Del Índice De Calidad De Agua Ica-Nsf De Los Ríos Mazar Y Pindilig.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
5. Cevallos, E., Gomez, L., & Roldan, A. (2015). Análisis De Los Problemas Ambientales En El Cantón La Concordia, Provincia Santo Domingo De Los Tsáchilas, Ecuador. Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes, 4(1), 1–16.
6. González, A. (2019). Evaluación de la Calidad de Agua captada para el abastecimiento a la ciudad de Baños de Agua Santa mediante el ICA-NSF. In UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR (Vol. 8, Issue 2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
7. Herdiana, I. (2013). VARIACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO (ICA – NSF) EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA CRUZ DE MOTUPE. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
8. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). Anuario meteorológico № 53-2013. In Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Issue 52).

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf

9. Intriago-Flores, J. B. (2023). Estrategias de aminoración de contaminantes: Calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo. I, 23.
10. Intriago-flores, J. B., & Guadamud-mieles, P. A. (2024). Julio Benito Intriago-Flores. 10, 359–382.
11. Iriarte, M. (2019). Indicadores de calidad del agua residual doméstica descargada en la franja litoral de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela. Memoria La Salle, 77(185), 51–63. maria.iriarte@fundacionlasalle.org.ve
12. Iriarte, P. (2018). Rol de las armadas latinoamericanas ante las amenazas ambientales del Siglo XXI. Marina de Guerra Del Peru, 60(63), 61–72. iriarte@uc.edu.pe
13. Jiménez, A., & Barba, Á. (2000). DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. Gestión Ambiental, 2(23), 12–19. revistaing@uc.edu.ve
14. Julio, I., Intriago, B., Carlos, I., Valarezo, O., Jorge, I., Macias, L., Lucy, I., Solórzano, E., María, A., Pita, V., Cristian, I., Ordoñez, S., Luis, I., Álava, M., Rodrigo, I., & Noguera, J. (n.d.). Calidad de agua: ejemplos específicos.
15. Macias, R., & Diaz, S. (2010). Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 41(50), 1–7. <https://www.redalyc.org/html/1812/181220509053/>
16. Manuel, A., Prado, P., Benito, J., Flores, I., & Civil, I. (2025). Keyner Joshue Pincay Proaño. 11, 1617–1641.
17. Mayorga, O., Ramírez, M., & Mayorga, J. (2000). Índice de calidad de agua de los ríos Albarregas y Milla del Estado Mérida, Venezuela. Revista Ingeniería UC, 24(3), 428–432. revistaing@uc.edu.ve
18. Montilla, A., & Pacheco, H. (2017). Comportamiento temporal y espacial del bosque ribereño en el curso bajo del río Portoviejo y la quebrada Chilán, provincia de Manabí, Ecuador. Revista Internacional de contaminación Ambiental, 33(1), 21–35. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.02>

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

19. Muñoz, H., Armienta, M., & Vera, A. (2004). NITRATO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE HUAMANTLA, TLAXCALA, MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 20(3), 91–97. www.radalyc.org/articulo.oa?id=3702
20. Olguín, E., González, R., Sánchez, G., & Zamora, J. (2010). Contaminación de ríos urbanos : El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa , Veracruz , México Resumen. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 1(2), 178–190. eugenoa@inecol.edu.mx
21. Organización Panamericana de la Salud. (2012). Agua y saneamiento. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
22. Patiño, P. (2016). Índices De Calidad De Agua en zonas altas. *Revista Ingenierías Universidad de Bogotá.*, 7(16), 8–24. camcruz@univalle.edu.co
23. Petra, P. (2016). Eliminación y determinación de fosfato. *Lange GACH*, 1(2), 1–10. www.lange.com
24. Quiroz, L., Izquierdo Elena, & Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, XXXVIII(3), 41–51. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
25. Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
26. Ramírez, R., Montiel, V., & Vázquez, A. (2011). Programa Cropwat Para Planeación Y Manejo Del Recurso Hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 179–195. mavp52@hotmail.com
27. Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*, 9(12), 125–134. rodriguez@uc.org
28. Rojas, L., Macias, N., & Fonseca, D. (2009). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Medio Ambiente y Desarrollo; Revista Electrónica de La Agencia de Medio Ambiente*, 18(16), 1–5. http://www.ciesas.edu.mx/cee_xalapa/Informedegestionareassustantivas/Proyectosinstitucionales/aha.pdf

Comparación de las metodologías (ISQA) 1982 – España y la NSF, para la obtención del índice de calidad del agua

29. Salinas, V., Mancini, M., Biolé, F., & Liendo, A. (2017). Características físico-químicas del agua y composición de la ictiofauna del embalse Piedras Moras (Córdoba , Argentina). Rev. MUs. Argentino Cienc., 19(2), 201–209. mmancini@ayv.unrc.edu.ar
30. Torres, C. (2018). Escuela politécnica nacional. ctorres.sath@gmail.com
31. Torres, P., Cruz, C., & Patino, P. (2018). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA . RSC Theoretical and Computational Chemistry Series, 2018-Janua(13), 386–423. <https://doi.org/10.1039/9781788012669-00386>
32. Un, I.-D. D. E., Anaeróbico, B., El, P., & Esquenazi, E. L. (n.d.). De Agua Potable. In Engenharia sanitaria e Ambiental.
33. Valdes Bato, J., Samboni-Ruiz, N. E., & Carvajal-Escobar, Y. (2011). Desarrollo de un indicador de la calidad del agua usando estadística aplicada, caso de estudio: Subcuenca Zanjón Oscuro. Tecnológicas, 26, 165. <https://doi.org/10.22430/22565337.60>
34. Zoppas, F. (2018). Purificación de agua: eliminación de nitratos , nitritos y compuestos orgánicos utilizando catalizadores en polvo y estructurados. In UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL (Vol. 1, Issue 4). www.univeersidaddellit.com

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).