

## Artículo Científico

**Determinación de los índices de calidad del agua ICA-NSF para consumo humano de los ríos Teocinte y Acatán, que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa zona 16, Guatemala**

Pablo Cesar Aníbal Saravia Solares  
Ingeniero industrial, MSc en recursos hidráulicos  
Opción gestión integrada de recurso hídrico, ERIS -USAC, Guatemala  
Instituto Nacional de Electrificación INDE, Departamento de Planificación  
Dirección para recibir correspondencia pc.saravia@gmail.com  
Recibido: 02.08.2016 Aceptado: 4.08.2016

**Resumen**

Los índices de calidad del agua ICA son expresiones simplificadas de un conjunto de variables y han resultado ser eficaces para transmitir información sobre calidad del agua, el resultado de su aplicación debe ser un número entre 0 y 100. Para este artículo se analizó el Índice de Calidad del Agua ICA-NSF para consumo humano de los ríos Teocinte y Acatán que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa zona 16, siendo los puntos de muestreo los vertederos Teocinte 18", Teocinte 20" y Acatán. Los valores de cada parámetro, ICA-NSF, son: Oxígeno disuelto: 0.17; coliformes fecales: 0.15; pH: 0.12; DBO<sub>5</sub>: 0.10; nitratos: 0.10; fosfatos: 0.10; temperatura: 0.10; turbiedad: 0.08 y sólidos totales: 0.08. Se concluye que el valor del ICA para el río Teocinte es de: 45.26; esto indica que los valores del agua se encuentran en el límite del rango de mala calidad, ya que las aguas pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando, problemas de contaminación, sin embargo el rango indica que aún es apta para realizar tratamiento para consumo humano. Para el río Acatán el valor del ICA es de: 55.35; este dato nos indica que el agua se encuentra en el rango de mediana calidad, ya que las aguas tienen generalmente, menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas, siendo aptas para tratamiento y su consumo humano. Se recomienda realizar monitoreo mensuales, esto para contar con una base de datos que puedan generar información de la calidad del agua de cada río.

**Palabras claves:** Contaminación, factores ICA, Muestras fisicoquímicas y bacteriológicas, norma de fuentes de agua, NSF.

**Abstract**

*The water quality index WQI are simplified expressions of a set of variables and have proved effective in conveying information about water quality, the result of their application must be a number between 0 and 100. For this article analyzed water quality index WQI-NSF for human consumption Teocinte and Acatán rivers that supply the water treatment plant Santa Luisa zone 16, sampling points being the Teocinte 18 "Teocinte 20" and Acatán. The values of each parameter are: Dissolved oxygen: 0.17; fecal coliform: 0.15; pH: 0.12; DBO<sub>5</sub>: 0.10; nitrates: 0.10; phosphates: 0.10; temperature: 0.10; turbidity: 0.08 and total solids: 0.08. That concluded that the value of WQI for Teocinte river is: 45.26; this indicates that water values are in the range limit poor quality water can only support low diversity of aquatic life and are experiencing contamination problems, however the range indicates that it is still suitable for treatment for human consumption. Acatán river for the value of WQI are: 55.35; This data indicates that the water is in the range of medium quality, due to the water generally have less diversity of aquatic organisms and often have increased algae growth, being suitable for processing for human consumption. Is recommended monthly monitoring, in order to have a database that can generate information on the quality of river water each.*

**Key words:** Contamination, WQI factors, bacteriological and physico-chemical samples, Standard Water Source, NSF.

## Introducción

En este artículo se presentan los datos del ICA-NSF de los ríos Teocinte y Acatán, donde se describe los valores históricos y actuales de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos necesarios para evaluar el índice de calidad del agua, se da a conocer la variación del ICA en la calidad del agua, mediante los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales, descritos en estándar Methods for the Examination of Wáter & Waste Water edición 20, Se describe el área de ubicación de la planta de tratamiento de agua Santa Luisa, se presentan los resultados históricos, se discuten los resultados y por último se comparten las conclusiones alcanzadas en la realización de este artículo.

## Antecedentes

El agua es el solvente universal por naturaleza, por su contacto con la atmósfera o el suelo hace que se incorporen dentro de ella una gran cantidad de elementos como: gases, sales, minerales y microorganismos, todos estos elementos determinan las características del agua en la naturaleza. El agua puede clasificarse por uso, la cual puede ser: Para consumo humano, agrícola, generación de energía, industrial y recreación. Para el artículo, la calidad del agua, se interpretará como el conjunto de características que presenta el agua de los ríos Teocinte y Acatán en los vertederos durante el periodo de análisis. La determinación de la calidad del agua se realiza según los parámetros físicos, químicos y biológicos. El ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua. Para determinar el ICA intervienen 9 parámetros físicos, químicos y biológicos. El ICA fue desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF), en 1970. Es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo en particular de dicho río, es adecuado o no para el aprovechamiento del agua para consumo humano. Para calcular el índice ICA-NSF se utiliza la ecuación 1. Los valores de cada parámetro son: Oxígeno disuelto: 0.17; coliformes fecales: 0.15; pH: 0.12; DBO<sub>5</sub>: 0.10; nitratos: 0.10; fosfatos: 0.10; temperatura: 0.10; turbiedad: 0.08 y solidos totales: 0.08, si alguno de estas variables falta, el valor total del índice puede ser calculado por la distribución de su peso entre las demás variables. El resultado de su aplicación debe ser un número entre 0 y 100, donde 0

representa la calidad del agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente. La fórmula para calcular el ICA es:

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n SI_i W_i \quad (1)$$

Donde

ICA=índice de calidad del agua

SI= subíndice del parámetro

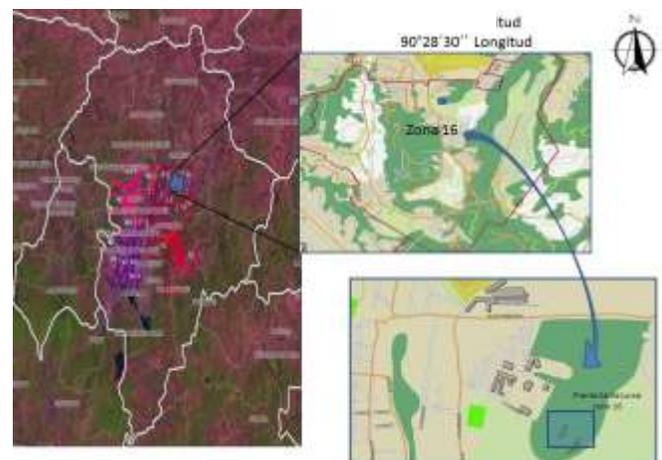
Wi=factor de ponderación para el subíndice i

Con los resultados de los análisis de laboratorio, se seleccionaron los parámetros requeridos para el cálculo del ICA. Luego, para cada parámetro se determinó el factor de calidad correspondiente, los factores de ponderación. Con el factor de calidad, el factor de ponderación y la ecuación (1) se determinó el índice ICA para cada vertedero.

## Descripción del área de estudio

*Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Luisa:* La planta de tratamiento de agua potable Santa Luisa, se encuentra ubicada al este de la ciudad de Guatemala, en las coordenadas 14°37'25'' 90°28'30'', abastece a las zonas 1, 4, 5, 10, 16 y 17, Actualmente tiene una producción diaria de 10,000 mts<sup>3</sup>, equivalente al 7% del agua potable de la ciudad de Guatemala. Se abastece de dos fuentes :Presa Teocinte y Río Acatán, figura 1.

Figura 1. Ubicación planta Santa Luisa zona 16.



Elaboración propia

**Las Fuentes de Abastecimiento de la Planta de Tratamiento Santa Luisa son:**

*Río Acatán:* Nace en lo de Valdez, pasando por la parte posterior norte del Centro Comercial Pradera Concepción, Condominio las Luces, Piedra Parada, Finca Santa Rosalía y finca San Isidro donde está la presa Acatán donde es canalizado y conducido hasta la planta.

*Presa Teocinte, Río Teocinte:* Presa de embalse que reúne las aguas de los ríos: la Piedrona, la Manguita y Quebrada las Pilas, donde fluyen los nacimientos de agua viva, nacimientos del río San Antonio y en verano se conduce el 100% del río San Antonio, aguas abajo de la presa el Teocinte.

**Metodología**

Se definió la realización de cuatro muestreos en los meses de agosto a noviembre 2015 a los vertederos Teocinte 18”, Teocinte 20” y Acatán. Se realizó el análisis in situ de 3 parámetros: Temperatura, pH, oxígeno disuelto. Se tomaron muestras en cada vertedero para realizar el análisis fisicoquímico y biológico en laboratorio. se procedió a determinar el factor de calidad correspondiente a cada parámetro, se determinaron los factores de ponderación. Con el factor de calidad, el factor de ponderación y la ecuación definida para el cálculo se determinó el índice ICA-NSF para cada vertedero. Posteriormente se realizó un análisis histórico del ICA –NSF para cada uno de los vertederos con los datos históricos del año 2007-2014 y los datos de los análisis de agosto a noviembre 2015, con esto definir el comportamiento durante ese periodo de la calidad del agua de los ríos Teocinte y Acatán que abastecen la Planta Santa Luisa zona 16.

Los puntos de muestreo de agua, tabla 1, están conformados de los ríos Teocinte y Acatán de la

planta de tratamiento de agua potable Santa Luisa zona 16, figura 2, los parámetros que se midieron en cada punto fueron el oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfatos, nitratos, turbiedad, solidos disueltos totales, que corresponden a los indicados en el ICA-NSF para consumo humano, cuyos se pueden ver en la tabla 2.

**Tabla 1. Puntos de muestreo de agua.**

Punto No.1	Vertedero Teocinte 18”
Punto No. 2	Vertedero Teocinte 20”
Punto No. 3	Vertedero Acatán

**Figura 2. Puntos de muestreo en Planta Santa Luisa.**



## Resultados

Tabla 2. Índice de calidad del agua ICA-NSF por punto, fecha de recolección y tipo de tratamiento necesario para su potabilización de las muestras recolectadas norma de la OMS.

ene-07							
Parámetro	Resultado	Unidades	Q-Valor	Factor de ponderación	Subtotal	Factor de ponderación corregido	Subtotal Corregido
Oxígeno disuelto		mg/l		0.17			
Coliformes fecales	1600	#/100ml	19	0.15	2.85	0.212	4.022
pH	7	unidades	90	0.12	10.8	0.182	16.350
DBO		mg/l		0.1	0		
Temperatura	20	*C	20	0.1	2	0.162	3.233
Fosfatos		mg/l		0.1	0		
Nitratos	9.24	mg/l	75	0.1	7.5	0.162	12.125
Turbiedad	28	NTU	53	0.08	4.24	0.142	7.508
Sólidos Disueltos Totales	129	mg/l	83	0.08	6.64	0.142	11.758
<b>Sumatoria Índice</b>							<b>55.00</b>

sept-07							
Parámetro	Resultado	Unidades	Q-Valor	Factor de ponderación	Subtotal	Factor de ponderación corregido	Subtotal Corregido
Oxígeno disuelto		mg/l		0.17			
Coliformes fecales	16000	#/100ml	9	0.15	1.35	0.212	1.905
pH	6.8	unidades	89	0.12	10.68	0.120	10.680
DBO		mg/l		0.1	0		
Temperatura	20	*C	20	0.1	2	0.162	3.233
Fosfatos		mg/l		0.1	0		
Nitratos	10.78	mg/l	46	0.1	4.6	0.162	7.437
Turbiedad	55.7	NTU	38	0.08	3.04	0.142	5.383
Sólidos Disueltos Totales	140	mg/l	82	0.08	6.56	0.142	11.617
<b>Sumatoria Índice</b>							<b>40.26</b>

\*Tipo A1: Tratamiento físico simple y desinfección.

\*\*Tipo A2: Tratamiento físico y Químico normales y desinfección

\*\*\*Tipo A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección

Los coliformes fecales son indicadores de contaminación fecal y fueron usados como indicadores de una posible contaminación por patógenos en el agua. La unidad de medición empleada es NMP/100cm<sup>3</sup>.

Los nitratos son útiles porque representan, de una manera adecuada, la eutrofización y las categorías de consumo de oxígeno. La unidad de medición utilizada es mg/l.

La DBO<sub>5</sub> representa la cantidad de oxígeno demandada por la descomposición de materia orgánica presente en un cuerpo de agua. La unidad de medición es mg/l.

Fosfatos es un indicador de la presencia de fósforo en el agua, que está relacionada con el crecimiento de las algas y la eutrofización. La unidad de medición empleada es mg/l.

El oxígeno disuelto es el porcentaje de saturación del agua, La unidad de medición es el %.

El pH muestra un comportamiento similar al oxígeno disuelto, su punto óptimo es alcanzado cuando el de pH es igual a 7 significa un valor neutral en el agua.

La curva funcional de la temperatura se refiere al comportamiento de los datos promedios. El valor óptimo es obtenido cuando la temperatura es igual a 20 °C. Esta temperatura es considerada como estándar para la mayoría de las mediciones en laboratorios de calidad de agua.

Se realizó el análisis Histórico por fecha de muestro de los valores del índice de calidad del agua ICA-NSF realizados durante los años 2007-2015 para los puntos de muestreos evaluados, figura 3.

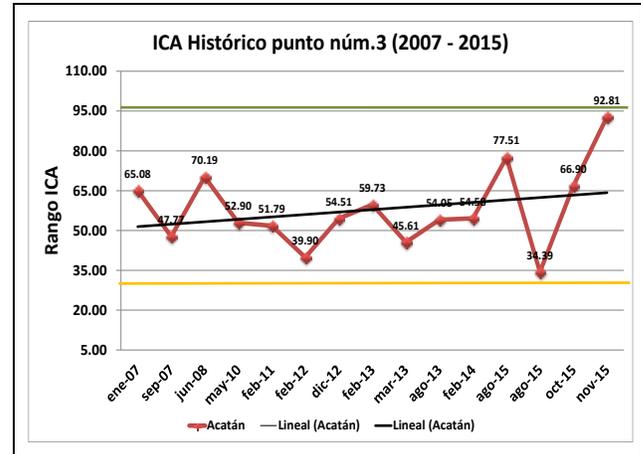
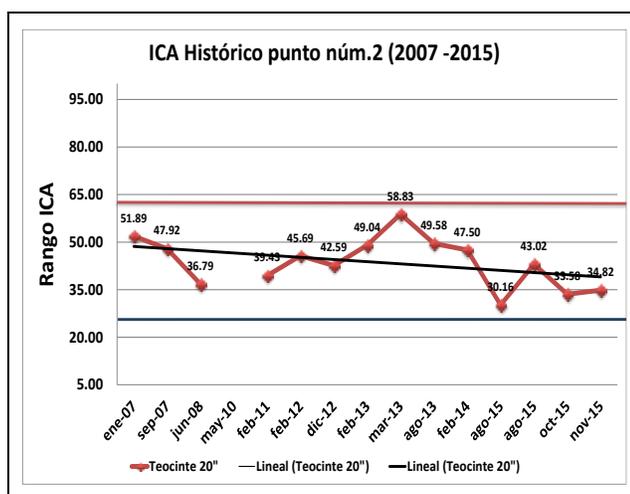
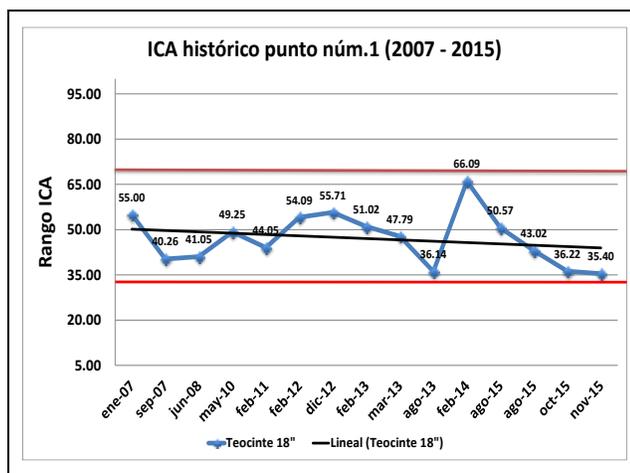


Figura 3. Análisis histórico puntos muestreo 2007-2015.



### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los límites máximos del río Teocinte se encuentran entre los valores ICA de 60 y 65, siendo dos datos los que representan estos valores. El valor del ICA para el río Teocinte es de: 45.26; esto indica que los valores del agua se encuentran en el límite del rango de mala calidad, ya que las aguas puede solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando, problemas de contaminación, sin embargo el rango indica que aún es apta para realizar tratamiento para consumo humano. El río Acatán presenta mejor calidad, el valor del ICA es de: 55.35; este dato nos indica que el agua se encuentra en el rango de mediana calidad, ya que las aguas tienen generalmente, menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas, siendo apta para tratamiento y su consumo humano.

Los valores del índice de calidad del agua ICA-NSF se compararon con la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud OMS para definir si los valores obtenidos de cada parámetro se encuentran en el límite máximo admisible definido por la norma y el tipo de tratamiento necesario según las categorías A1, A2 y A3.

### Conclusiones

El resultado del índice de calidad del agua ICA-NSF de los ríos Teocinte y Acatán indica que el comportamiento histórico de la calidad del agua de los ríos ha venido en detrimento ya que se encuentran en los límites donde aún es posible tratarse para consumo humano.

Los valores de cada parámetro, ICA-NSF, son: Oxígeno disuelto: 0.17; coliformes fecales: 0.15; pH: 0.12; DBO<sub>5</sub>: 0.10; nitratos: 0.10; fosfatos: 0.10; temperatura: 0.10; turbiedad: 0.08 y sólidos totales: 0.08.

Los Índices de Calidad del Agua ICA-NSF para los muestreos realizados durante el periodo de agosto a noviembre 2015 se encuentran en el rango de 26-70. El resultado obtenido indica que las aguas están experimentando problemas de contaminación, tienen menos diversidad de organismos acuáticos pero aun son aptas para consumo humano con tratamiento convencional. El valor del ICA para el río Teocinte es de: 45.26. y para el río Acatán el valor del ICA es de: 55.35.

### AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al asesor de esta investigación MSc. Zenón Much, al regente de la Planta de Tratamiento de Agua Santa Luisa Zona 16, Gustavo Flores, por el apoyo brindado, a todo el personal docente y administrativo de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS en especial a mi padre MSc. Ing. Pedro Saravia por todo su apoyo.

### Referencias

- CÁLCULO DE NSF ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, Wilkes University Center for Environmental Quality Environmental Engineering and Earth Sciences, 1984, 75 p.
- CEPIS/OMS/OPS, Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida, Manual 1, tomo 1, capítulo 1, versión electrónica. Lima Perú, 2004, 150 p.
- COLILERT, quantity-tray/2000 y defined substrate technology, idexx Laboratories, Inc de los Estados Unidos.
- CHITAY Rolando; García Óscar. Propuesta de plan de saneamiento para la microcuenca del río Teocinte, municipio de San José Pínula, Tesis Magister MSc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS); junio 2006, 150p.

### Información del autor

Ingeniero industrial, **Pablo Cesar Aníbal Saravia Solares**, graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) en el año 2010 con experiencia en consultoría ambiental por 8 años.

MSc en recursos hidráulicos opción gestión integrada de recurso Hídrico de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos

Hidráulicos –ERIS–, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.