

## **Estudio ambiental en la cuenca del río San Juan de Santiago de Cuba**

### **Environmental study in the San Juan river basin of Santiago de Cuba**

**Ing. Mayelina Morales Virgilí, Dra. Margarita Rivera Soto**

Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Cuba. risot@uo.edu.cu

---

#### **RESUMEN**

El presente trabajo presenta una evaluación del nivel de contaminación que existe actualmente en la cuenca del río San Juan de Santiago de Cuba, a través de indicadores físicos, químicos y microbiológicos, valorando la magnitud del impacto en condiciones actuales, con el propósito de evaluar el grado de contaminación que presenta esta cuenca, considerada la de mayor importancia en el municipio. Se han utilizado los métodos de análisis químico para las determinaciones experimentales, considerando las Normas Cubanas que establecen los límites máximos que deben contener las aguas después del vertimiento de aguas residuales, para clasificarlas como agua potable o si es adecuada para efectuar actividades como baño y pesca. El estudio realizado corresponde al primer semestre del año 2016, seleccionándose 22 puntos de muestreo a lo largo de todo el río San Juan, teniendo en cuenta los puntos de interés y las contribuciones de contaminantes a través de arroyos, cañadas y zanjones. Los resultados muestran un deterioro medio ambiental progresivo a lo largo de la cuenca, existiendo puntos muestrales que se valoran como críticos por los valores significativamente elevados para algunos indicadores, que permiten afirmar que las aguas del río San Juan están clasificadas desde el punto de vista ecológico como extremadamente contaminadas, existiendo lugares que no son adecuados para actividades recreativas (baño) ni para otras como la pesca.

**Palabras claves:** Contaminantes, impacto ambiental, aguas residuales.

---

## **ABSTRACT**

The present project an assessment of the level of contamination that exists in the watershed of the Santiago de Cuba's San Juan river, through physical, chemical and microbiological indicators, assessing the magnitude of the impact on current conditions, with the purpose of evaluating the degree of contamination that presents this watershed, considered the most important in the municipality. We used the methods of chemical analysis for the experimental measurements, considering Cuban standards that establish the maximum limits that must contain the water after pouring water waste, to consider them as drinking water or if appropriate to carry out activities such as swimming and fishing. The study corresponds the period of January to July 2016, selected 22 sampling points throughout the San Juan river, taking into account the points of interest and contributions of pollutants through rivers, streams and ditches. The results show a progressive environmental deterioration along the watershed, existing sample points that are valued as critical by significantly higher values for some indicators, which support the conclusion that the waters of the San Juan River are classified from the point of view ecological and extremely polluted, and there are places that are not suitable for recreational activities (bathroom) or for other like fishing.

**Keywords:** pollutants, environmental impact, waste water.

---

## **INTRODUCCION**

La escasez de agua es uno de los más graves problemas que enfrenta el hombre en el presente siglo y es una de las consecuencias de su constante actividad, con ausencia de una adecuada conciencia y educación ambiental, lo que ha provocado fenómenos tales como: el efecto invernadero que incide en el conocido cambio climático, la destrucción de la capa de ozono y el deterioro de medios acuáticos, entre otros; los que han ocasionado el deterioro del medio ambiente y entre otras consecuencias las grandes sequías y el agotamiento de los recursos hídricos. Es urgente la actuación del hombre para evitar que el deterioro medioambiental alcance una dimensión global, que amenace la vida del planeta.

En el presente trabajo se analizará la problemática ambiental del río San Juan, ubicado en la ciudad de Santiago de Cuba, por su importancia como fuente de abasto de agua para la ciudad y además por su valor histórico, ya que desde la fundación de la ciudad, esta cuenca ha sido testigo de diversos acontecimientos históricos, culturales y de leyendas, por lo cual ha devenido la misma en un elemento de arraigo propio del santiaguero.

Con el crecimiento acelerado de la ciudad, las características topográficas de la misma, la falta de un sistema de alcantarillado competente desde su fundación hasta nuestros días y la ausencia de un manejo integral de la cuenca, han contribuido a convertir el río San Juan y sus afluentes en receptores de los residuales albañales de gran parte de la misma, lo que ha traído por consecuencia un deterioro progresivo de la calidad de las aguas superficiales que bañan la cuenca, poniendo en peligro las aguas subterráneas de las cuales se abastecen una gran parte de los habitantes de esta ciudad, con las correspondientes afectaciones de carácter ambiental, social y económico.

El objetivo del presente trabajo es analizar la situación medioambiental que actualmente se presenta en la cuenca del río San Juan de Santiago de Cuba, evaluando el nivel de contaminación y sus impactos en la misma.

## **FUNDAMENTACION TEORICA**

La evaluación de la calidad del agua se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente, las características físico - químicas y microbiológicas más importantes que pueden afectar su uso real y potencial, así como el tipo y grado de tratamiento requerido para un adecuado acondicionamiento.

En el análisis físico del agua se registran aquellas características del agua que pueden ser observadas por los sentidos y que en algunos casos crean problemas de rechazo por parte del consumidor, haciéndola inadecuada para uso doméstico e industrial.

Los análisis químicos tienen como objetivo fundamental determinar la concentración de las sustancias de naturaleza mineral y orgánica que pueden afectar la calidad del agua, proporcionando información sobre posible contaminación o mostrando las variaciones producidas por el tratamiento a que pueden ser sometidos las mismas.

Mediante los índices microbiológicos se obtiene un valor numérico que expresa el efecto de la contaminación sobre una comunidad microbiológica y se basan en la capacidad de los organismos de reflejar las características o condiciones ambientales del medio en el que se encuentran. La presencia o ausencia de una especie o familia, así como su densidad o abundancia es lo que se usa como indicador de la calidad [1], [2].

Los estándares nacionales relacionados con el Sistema de Gestión Ambiental, en este caso la norma **NC 27/2012. Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado- Especificaciones**, establece las especificaciones para el vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado y se aplica a todas las aguas residuales generadas por las actividades sociales y económicas, como son las domésticas, municipales, industriales, agropecuarias y de cualquier otro tipo; especifica la relación de productos que se prohíbe verter directamente a la red de alcantarillado y establece las concentraciones que deben cumplir los residuales líquidos a verter al sistema de alcantarillado [7].

La norma **NC 22/1999. Lugares de baños en las costas y en masa de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios**, establece los requisitos higiénicos

sanitarios de los lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores, a fin de crear un mejor control sanitario de las mismas. Será aplicada en la organización de los ya existentes así como en la proyección y explotación de los nuevos lugares con posibilidades de uso [5].

La norma **NC 93-02/1985. Higiene comunal. Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo** , establece los requisitos sanitarios del agua potable y el muestreo para el control de la misma. Se aplica a todas las aguas para consumo que se entreguen por cualquier sistema de abastecimiento público de agua, individual o especial, en todo el territorio nacional [8].

La norma **NC 1021/2014. Higiene Comunal ? Fuentes de Abastecimiento de Agua ? Calidad y Protección Sanitaria** , establece los requisitos sanitarios de los sistemas de abastecimiento público de agua desde la captación del agua en la fuente de abasto hasta su almacenamiento y distribución y se aplica a todos aquellos sistemas que sean administrados por cualquier entidad con fines de producción de agua potable, así como en los proyectos de nuevas obras, remodelaciones y ampliaciones. [4] Los límites de los requisitos sanitarios de esta norma coinciden con la *concentración máxima deseada o admisible* que aparecen en la norma **NC 93-02/1985**.

La norma **NC 25/1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones** , establece los valores de los índices que se utilizarán para clasificar y evaluar la calidad de los recursos hídricos (cuerpos de agua dulce y marina), destinados a la actividad pesquera. Los recursos hídricos dedicados a la actividad pesquera están sometidos generalmente a la influencia directa o indirecta de diversas sustancias contaminantes derivadas de las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el país. Estas sustancias influyen negativamente, alterando el estado normal de las aguas y provocando desequilibrios ecológicos en perjuicio de la flora y la fauna en ellas presentes [6].

## **METODOS UTILIZADOS Y CONDICIONES EXPERIMENTALES**

Se ha utilizado el equipamiento y materiales del laboratorio de Recursos Hidráulicos Santiago de Cuba, acreditado por las normas de calidad ISO 9001:2000, en la valoración de la calidad y el estado de contaminación de las aguas.

Los muestreos fueron realizados siguiendo los procedimientos que aparecen en las normas de calidad del agua para el muestreo de aguas residuales y normas internacionales para la preservación y manipulación de las muestras.

Las muestras fueron tomadas en los ríos arroyos, pozos y aguas residuales del río; las líquidas fueron recolectadas utilizando un recipiente con capacidad para 12 litros y envasadas en recipientes de cristal debidamente esterilizados; fueron debidamente etiquetadas, parafinadas y preservadas en el lugar de la toma de la muestra.

## **Análisis físico – químicos y microbiológicos**

Con el objetivo de realizar una valoración integral del estudio de la contaminación en el río San Juan, se analiza el comportamiento de los indicadores de contaminación con respecto a las siguientes normas cubanas (NC), que evalúan la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y las aguas residuales:

- Norma NC 22/1999. Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénico – sanitarios.
- Norma NC 25/1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones.
- Norma NC 27/2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado – Especificaciones.
- Norma NC 93-02/1985. Higiene comunal. Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo.
- Norma NC 1021/2014. Higiene Comunal ? Fuentes de Abastecimiento de Agua ? Calidad y Protección Sanitaria

En el análisis de los resultados se tuvo en cuenta (para cada uno de los indicadores analizados), los límites establecidos por las NC anteriormente mencionadas, para declarar si el agua es idónea o no para su empleo en una actividad determinada.

## **RESULTADOS Y SU DISCUSION**

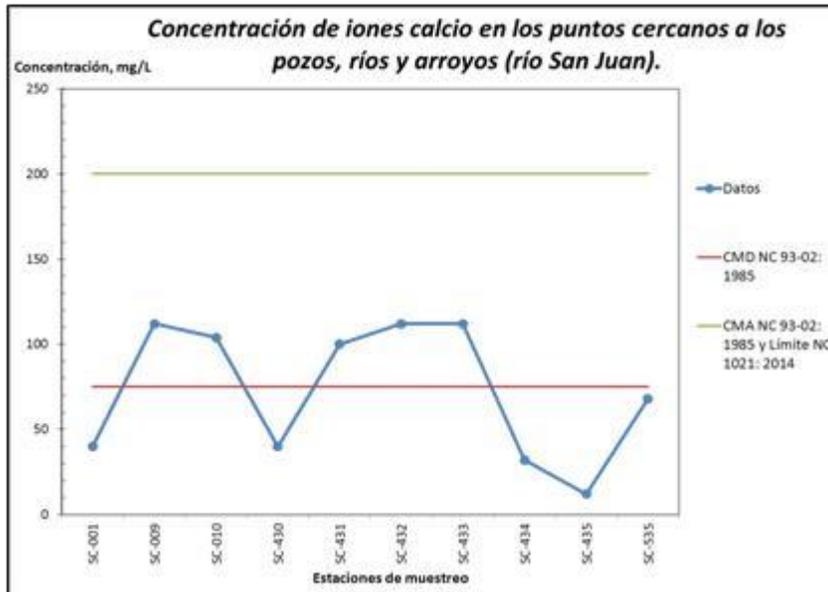
En el análisis se tiene en cuenta el siguiente criterio:

- De quedar al menos un valor por fuera de los límites máximos o la concentración máxima admisible (CMA), establecidos por las normas: NC 22/1999, NC 25/1999, NC 27/2012, NC 93-02/1985 y NC 1021/2014; se declara que el **agua no es apta** o **no es buena** , según la norma con la que se compare.
- **Concentración de iones calcio y magnesio.**

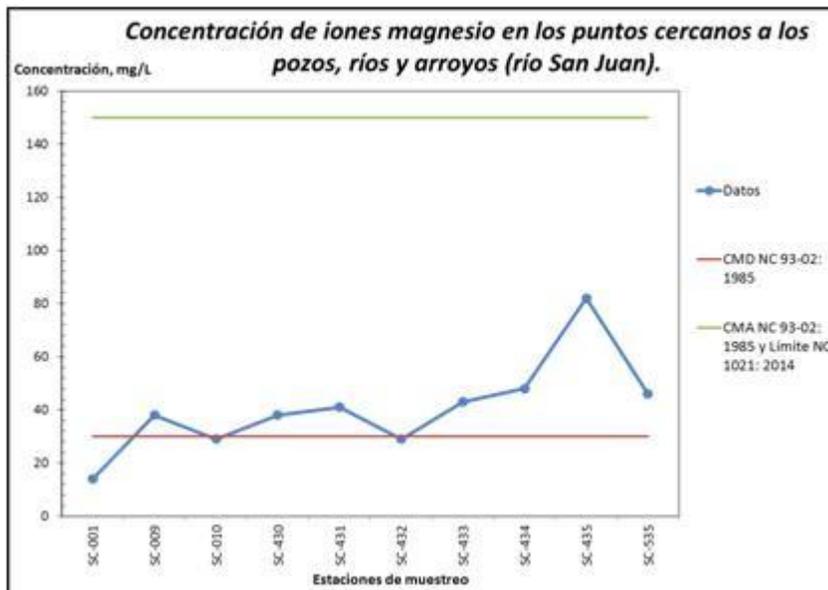
La figura 1 refleja los valores de concentración de iones calcio tomados en las muestras obtenidas en los puntos de muestreo cercanos a pozos, ríos y arroyos, comparados con el límite máximo de la NC 1021/2014 y con las concentraciones máxima deseada (CMD) y admisible (CMA), establecidas por la NC 93-02/1985. Se puede apreciar que, de los diez resultados evaluados, cuatro se encuentran por debajo de la CMD y el resto por encima o cercanos a ella, los cuales pertenecen a las siguientes muestras: SC-009 (pozo 249), SC-010 (pozo 150), SC-431 (Línea A del pozo S/O), SC-432 (Línea B del pozo S/O), SC-433 y SC-535 (pozos de Santa Rosa y pozo 25 B, respectivamente).

En la figura 2 se comparan los valores de concentración de iones magnesio tomados en las muestras con los establecidos por las normas antes mencionadas, resultando que de los diez resultados solo uno se encuentra por debajo de todos los límites y corresponde a la muestra SC-001 a la entrada de la instalación de la Planta Potabilizadora de Quintero, encontrándose el resto por debajo de la CMA y del límite máximo de la NC 1021/2014.

Las altas concentraciones de iones calcio y magnesio pueden ser consecuencia del vertimiento de desechos sólidos que contengan productos médicos, envases de bebidas, materiales de la construcción, materiales de fotografía, en componentes de automóviles como llantas, etcétera; que son arrastrados por las aguas del río.



**Fig 1.** Concentración de iones Calcio en los puntos cercanos a los pozos, ríos y arroyos contribuyentes al río San Juan.



**Fig 2.** Concentración de iones Magnesio en los puntos cercanos a los pozos, ríos y arroyos contribuyentes al río San Juan.

Los resultados indican un importante punto de atención si se consideran los inconvenientes ocasionados por la elevada concentración de estos iones en el agua, resaltando que la ingesta elevada de calcio puede constituir una fuente potencial de hipercalcemia, favoreciendo la calcificación excesiva en huesos y tejidos blandos, además de que interviene en la absorción de hierro y de cinc, entre otras afectaciones que puede ocasionar y por otra parte, la ingesta continua de magnesio puede provocar el deterioro de la función renal como consecuencia de la presión arterial baja, alteraciones en el ritmo cardíaco normal, somnolencia extrema, entre otras afectaciones.

Se destaca que las aguas de los puntos antes mencionados requieren ser sometidas a un tratamiento químico para que las concentraciones de los iones calcio y magnesio disminuyan y posteriormente puedan ser clasificadas como **buenas** para el consumo humano.

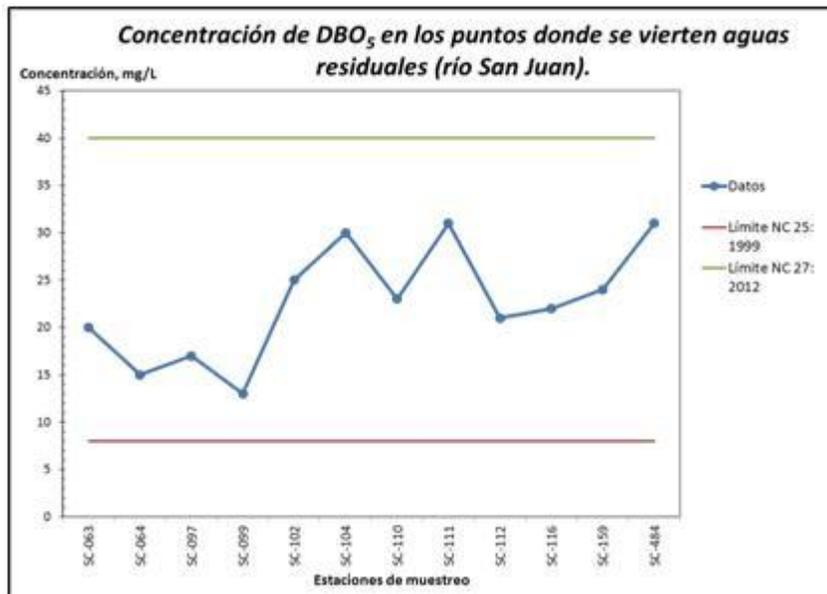
- **Valores de DBO<sub>5</sub> , DQO y la relación DBO<sub>5</sub> /DQO**

Las figuras 3 y 4 muestran las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub> ) y demanda química de oxígeno (DQO), obtenidos en los puntos donde se vierten aguas residuales. Se puede notar que al encontrarse por encima de los límites que establece la NC 25/1999 para cada indicador, el agua se clasifica como **mala**.

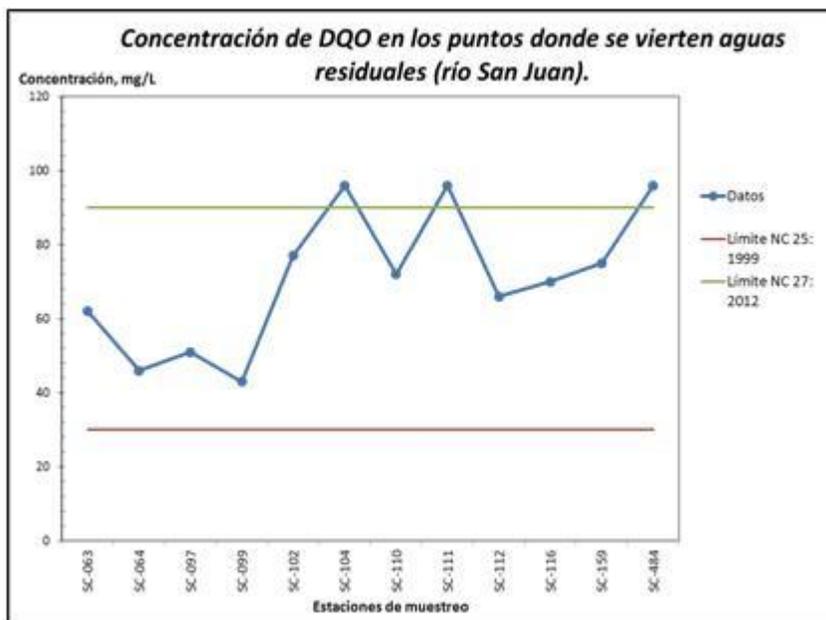
Al comparar los resultados de DBO<sub>5</sub> y DQO con los límites que establece la NC 27/2012, se observaron tres muestras con los mayores valores, las cuales son: SC-104 (efluente del Distrito Abel Santamaría), SC-111 (Zanja 30 de noviembre) y SC-484 (residual doméstico de la Zanja Hoyo de Chicharrones).

Estas serían las zonas de mayor concentración de contaminantes orgánicos y de sustancias inorgánicas susceptibles a ser oxidadas por la proliferación de micro vertederos provenientes de diferentes fuentes contaminantes que se van agregando en el trayecto de las aguas del río.

Estas aguas no son adecuadas para el consumo humano ni para la pesca y requerirían de un tratamiento previo para disminuir estos resultados.

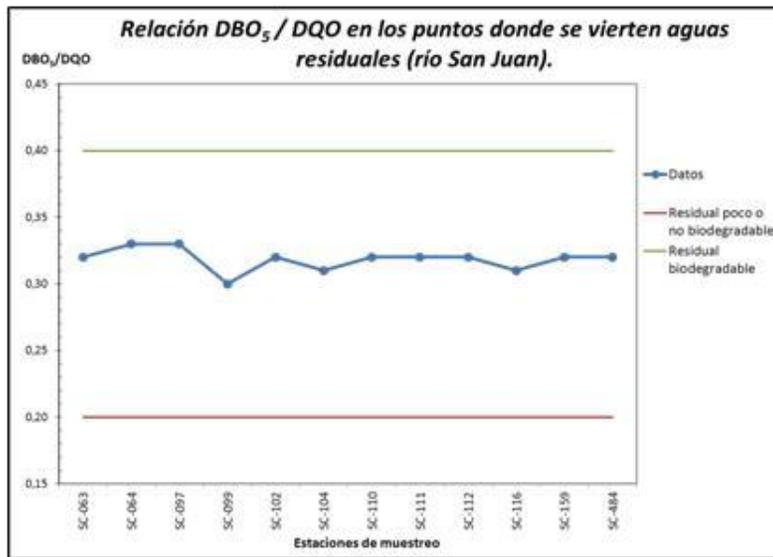


**Fig 3.** Concentración de DBO<sub>5</sub> en los puntos cercanos a los pozos, ríos y arroyos contribuyentes al río San Juan.



**Fig 4.** Concentración de DQO en los puntos donde se vierten aguas residuales (río San Juan).

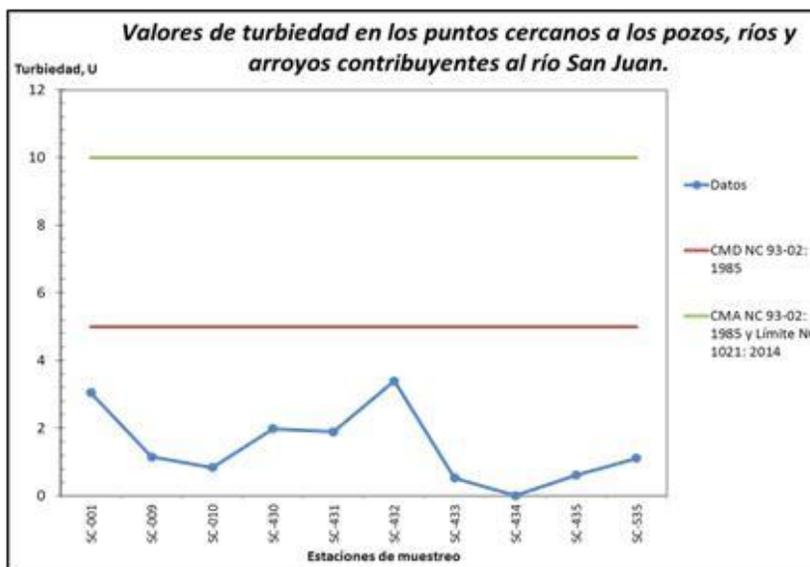
La figura 5 muestra cómo se comporta la relación DBO<sub>5</sub> /DQO durante el período analizado; se puede apreciar que se obtienen valores para todos los puntos que indican la posibilidad de utilizar algún tipo de tratamiento biológico, al ser aguas residuales medianamente biodegradables.



**Fig 5.** Relación DBO<sub>5</sub> /DQO en los puntos donde se vierten aguas residuales (río San Juan).

- **Turbiedad**

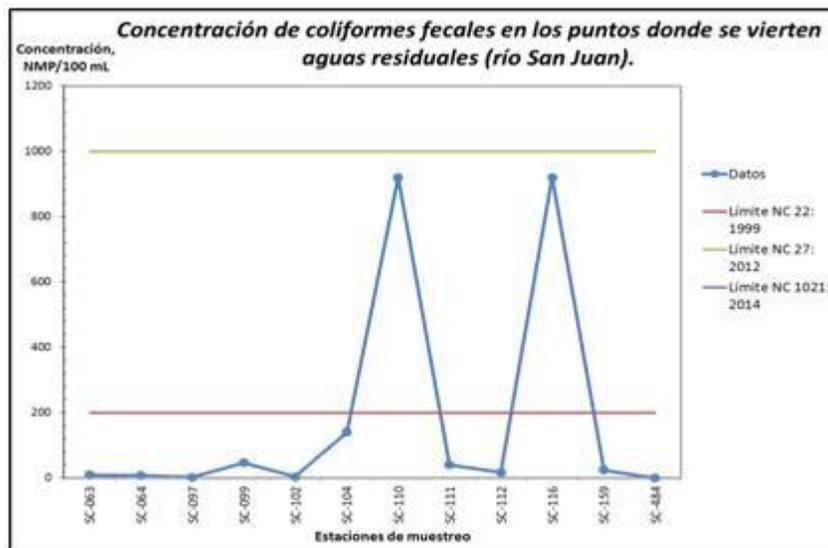
En la figura 6 se puede observar que todos los valores de turbiedad en las muestras de los puntos cercanos a los pozos, ríos y arroyos, son inferiores al límite máximo de la NC 1021/2014 y a los límites establecidos para la CMD y CMA por la NC 93-02/1985, lo que indica que, durante el período analizado, el agua puede clasificarse como **buena**, en cuanto a turbiedad.



**Fig 6.** Valores de turbiedad en los puntos cercanos a los pozos, ríos y arroyos contribuyentes al río San Juan.

- **Concentración de coliformes fecales**

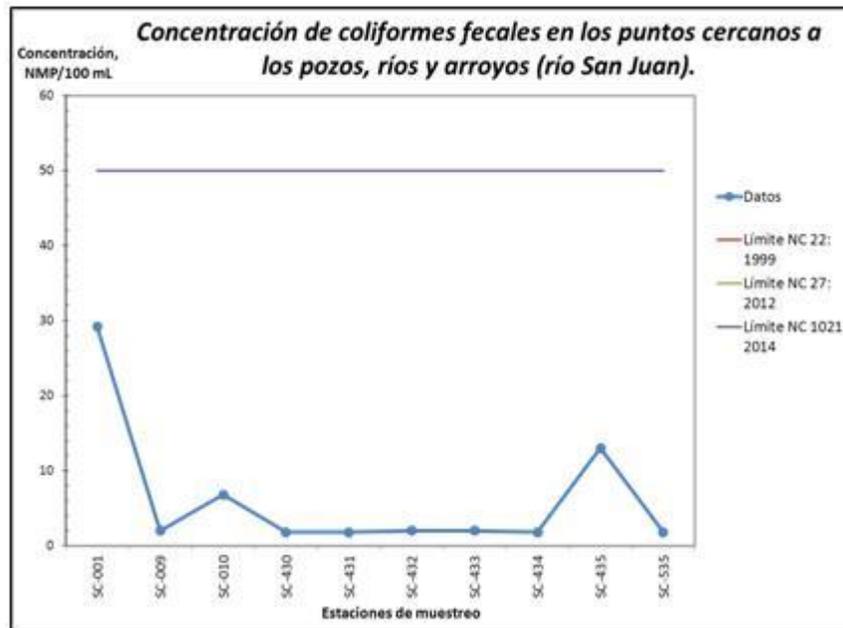
En la figura 7 se comparan las concentraciones de coliformes fecales en los puntos donde se vierten aguas residuales con los límites establecidos por las normas NC 22/1999, NC 25/1999 y NC 27/2012. Todas las muestras cumplen con las exigencias para el vertimiento de aguas residuales y para la realización de actividades como la pesca; excepto dos lugares que se pueden declarar como no aptos para actividades recreativas (baño), siendo: SC-110 (Zanja 1 y 2) y SC-116 (río San Juan cercano a Aguadores).



**Fig 7.** Concentración de coliformes fecales en los puntos donde se vierten aguas residuales (río San Juan).

En la figura 8 se puede notar que todas las concentraciones de coliformes fecales en los puntos cercanos a pozos, ríos y arroyos se encuentran por debajo del límite máximo establecido por la NC 1021/2014.

Teniendo en cuenta que la presencia de coliformes es un indicio de que estas aguas están contaminadas, con desechos en descomposición provenientes de los vertimientos directos de las viviendas asentadas en la franja hidro reguladora del río y de los micro vertederos que se encuentran en las márgenes del río, para clasificar estas aguas como **buenas** se requiere de un tratamiento adecuado para disminuir los valores de los resultados obtenidos.

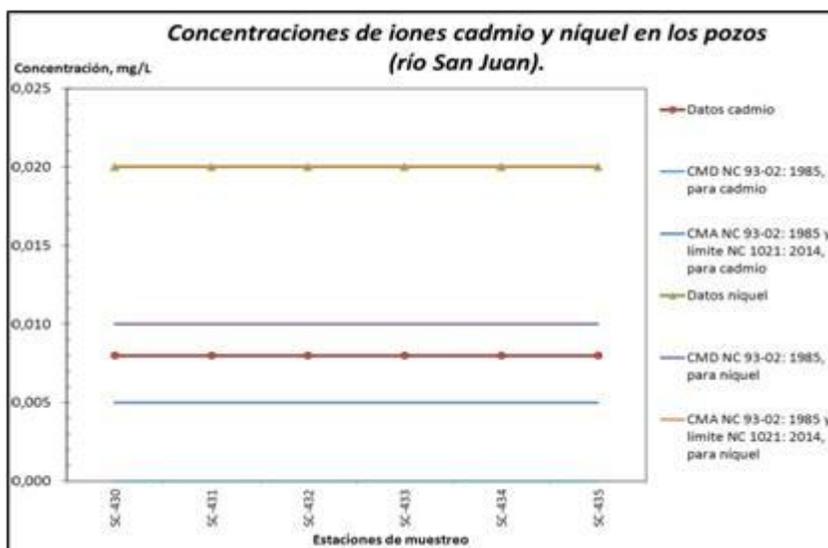


**Fig 8.** Concentración de coliformes fecales en los puntos cercanos a los pozos, ríos y arroyos (río San Juan).

- **Concentración de iones cadmio y níquel**

En la figura 9 se representa el comportamiento de la concentración de iones cadmio y níquel (tomados en las muestras correspondientes a los puntos de muestreo cercanos a los pozos), contrastados con los límites establecidos para la CMD y CMA por la NC 93-02/1985 y con el límite máximo de la NC 1021/2014 (para cada parámetro). Se observa que, en el caso del cadmio, en todos los puntos las concentraciones son superiores a la CMD, a la CMA y al límite máximo de la NC 1021/2014 y en el caso del níquel todos los resultados coinciden con la CMA y con el límite máximo de la NC 1021/2014. La concentración de níquel es mayor que la concentración de cadmio, la que puede estar dada por el arrastre de desechos como baterías, por la quema de residuos urbanos o industriales, por la quema de combustibles fósiles, y otros.

Es conveniente señalar que cuando el níquel es tomado en muy altas cantidades puede ser peligroso para la salud humana, debido a que provoca elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata entre otras. El cadmio afecta al sistema nervioso central (SNC), el sistema inmunitario y la integridad del ADN de las células; cuando es tomado en altas concentraciones provoca síntomas como diarreas, vómitos, dolores de estómago y debilidad en los huesos, entre otros efectos dañinos e indeseados.

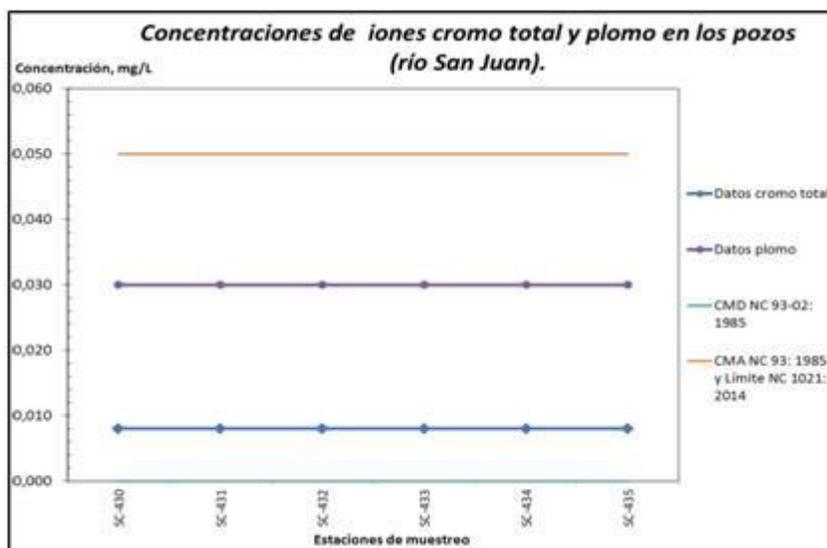


**Fig 9.** Concentración de iones cadmio y níquel en los puntos cercanos a los pozos (río San Juan).

- **Concentración de iones cromo total y plomo**

La figura 10 permite la comparación entre los valores de concentración de cromo total y plomo (tomados en los puntos de muestreo cercanos a los pozos) con la CMD y CMA, de la NC 93-02/1985 y con el límite máximo de la NC 1021/2014 de cada parámetro. Aunque todos los resultados son inferiores a la CMA y al límite máximo de la NC 1021/2014, se puede observar que la presencia de plomo es mayor con respecto a la de cromo total. Las causas de estas concentraciones pueden estar dadas por la presencia de residuos de elementos de construcción, plomadas para la pesca, forros para cables, y otros, que son arrastrados por las aguas del río. Ambos metales son dañinos para la salud humana, pueden causar problemas renales, daño cerebral, debilitamiento del sistema inmune, entre otras afectaciones.

Las afectaciones ocasionadas por los citados metales indican por sí mismas el nivel de contaminación de las aguas en los puntos muestreados, las que requerirían ser sometidas a un tratamiento químico para poder clasificarlas como buenas para el consumo humano.



**Fig 10.** Concentración de iones cromo total y plomo en los puntos cercanos a los pozos (río San Juan).

### Valoración general del estado de la contaminación en la cuenca del río San Juan

Desde el punto de vista de los indicadores sanitarios, se observa un incremento en la contaminación de origen orgánico, alcanzando una clasificación hasta extremadamente contaminada en ciertas partes del río y según estos indicadores se puede afirmar que esos puntos han experimentado un empeoramiento en la calidad de sus aguas con el decursar de los años.

Todos los arroyos que tributan a este río y que fueron muestreados presentan una clasificación de sus aguas como extremadamente contaminadas, mostrando un panorama del arrastre de la contaminación de la cuenca hacia el río San Juan.

Los seis pozos estudiados en la cuenca presentan contaminación de origen orgánico los cuales, aunque son una pequeña representación de la gran cantidad de pozos existentes, no dejan de ser importantes pues todos ellos son utilizados para el abasto de agua a la población, así como en el riego de vegetales y hortalizas, en la mayoría de los casos por aspersión.

Por todo lo planteado anteriormente se puede afirmar, como resultado principal de la investigación realizada, que el río San Juan en sus tres partes ha experimentado un incremento en la contaminación de sus aguas en comparación con los resultados obtenidos en años anteriores, poniendo en peligro inminente una de las principales fuentes de abasto de agua de la ciudad de Santiago de Cuba, así como toda el área expuesta al regadío con la utilización de esta agua.

## CONCLUSIONES

- Las aguas del río San Juan desde el punto de vista ecológico se clasifican como *extremadamente contaminadas* debido a las altas concentraciones de algunos elementos.
- La comparación de las características físico – químicas y microbiológicas del río San Juan con las establecidas por las normas: NC 22/1999, NC 25/1999, NC 27/2012, NC 93-02/1985 y NC 1021/2014, permite afirmar que existen lugares que no son adecuados para actividades recreativas (baño), no se debe realizar actividades como la pesca y no se debe beber agua directamente sin previo tratamiento.
- Las aguas residuales que se vierten al río San Juan son medianamente biodegradables, las de los pozos muestreados presentan concentraciones de cromo total, plomo y cadmio superiores a la concentración máxima deseada que establece la NC 93-02/1985, resultando ser las estaciones de muestreo de mayor contaminación: el efluente de la Pasteurizadora Santiago, Batería San Juan (Línea B del Pozo S/O), residual doméstico de la Zanja Hoyo de Chicharrones y los pozos a la entrada del tanque del campo de tiro de Santa Rosa.

## BIBLIOGRAFIA

1. MILIARIUM. Índices globales de calidad de las aguas. Portal sobre Ingeniería Civil y Medio Ambiente.
2. MOSQUERA RMFG, CALDÓN AF. "Análisis físico y químico del agua del rio Ejido". Colombia: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Química. Laboratorio de Química Industrial; 2012.
3. PEGUERO P. R. y LESME J. N.: "Gestión y manejo de la cuenca hidrográfica del río San Juan para fomentar el desarrollo rural y agrario sustentable", Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Agrícolas. Autopista Nacional km 1. Santiago de Cuba. Cuba. 2003.
4. Oficina Nacional de Normalización. NC 1021: 2014. Higiene Comunal-Fuentes de Abastecimiento de Agua-Calidad y Protección Sanitaria. Cuba.
5. Oficina Nacional de Normalización. NC 22: 1999. Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénico – sanitarios. Cuba.
6. Oficina Nacional de Normalización. NC 25: 1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones. Cuba.
7. Oficina Nacional de Normalización. NC 27: 2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-Especificaciones. Cuba.
8. Oficina Nacional de Normalización. NC 93-02: 1985. Higiene comunal. Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo. Cuba.

Recibido: Noviembre 2016  
Aprobado: Marzo 2017

*Ing. Mayelina Morales Virgí.* Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente,  
Cuba. risot@uo.edu.cu