



Revista Cubana de Química

ISSN: 0258-5995

revcubanaquimica@cnt.uo.edu.cu

Universidad de Oriente

Cuba

Montalván Estrada, A.; Brígido Flores, O.; Sanz Ramos, Z.; Estrada Guerra, K.

AUTOPURIFICACIÓN EN AGUAS DEL RÍO HATIBONICO

Revista Cubana de Química, vol. XVII, núm. 3, 2005, pp. 46-58

Universidad de Oriente

Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543687018>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

AUTOPURIFICACIÓN EN AGUAS DEL RÍO HATIBONICO

A. Montalván Estrada, O. Brígido Flores, Z. Sanz Ramos, K. Estrada Guerra

Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey, CITMA. Ave Finlay km 2,5; Rpto Puerto Príncipe; Camagüey 70 800;
e-mail: montalvan@ciac.cmw.inf.cu

Resumen

Los ríos Tímina y Hatibonico se han convertido en sumideros de desechos de todo tipo, generados por la actividad de una ciudad de más de 315 000 habitantes. Sin embargo, estas aguas se represan a más de 16 kilómetros de la ciudad en la Presa “Jimaguayú”, la cual constituye una de las pesquerías de agua dulce más productivas del país. La explotación de los recursos pesqueros se ha visto afectada en reiteradas ocasiones por la muerte masiva de peces en épocas de intensa sequía, lo que puede ser resultado de la incapacidad de los procesos de auto purificación para restablecer una calidad del agua adecuada a estos fines.

El objetivo de este trabajo es evaluar las variaciones de composición de las aguas superficiales contaminadas del Hatibonico, debido a los procesos de auto purificación, en su trayecto hasta la Presa de Jimaguayú; así como la calidad de las aguas que ingresan a la Presa, en condiciones de dilución mínima. Se establecen cuatro estaciones de muestreo y tres secciones a lo largo del trayecto. Los procedimientos de muestreo y ensayos se basan en la edición 20 del “Standard Methods for the examination of water and wastewater”. Se estudian las variaciones de carga de 11 parámetros físicos, químicos y biológicos y se propone una clasificación de los mismos. Los fenómenos físicos de auto depuración son predominantes en la primera sección, mientras que los biológicos lo son en la tercera sección. Se observa una reducción de carga para todos los parámetros estudiados, a excepción de aquellos vinculados al proceso de nitrificación, que va desde el 99,7 % para los coliformes fecales hasta el 27 % para los sólidos totales. La reducción de la carga de determinado parámetro se vincula estrechamente con la capacidad del sistema de retenerlo en sus diversas fases, a través de procesos de transferencia de masa. La calidad del agua es mala, según la NC 93-01-105, lo que puede afectar la explotación pesquera.

Palabras claves: autopurificación, ríos, carga contaminante

Introducción

La ciudad de Camagüey es uno de los principales núcleos poblacionales de Cuba, al contar con más de 315 000 habitantes. Siguiendo la tradición de los primeros asentamientos españoles en el Nuevo Mundo, la Villa-cuyo 490 aniversario se celebró en el 2004-después de varios traslados en busca de mejores tierras y fuentes de agua, se instala definitivamente en el centro de la llanura camagüeyana, en una región bendecida por las puras aguas de los ríos Tímina y Hatibonico. Lamentablemente, los ríos que en una época ya lejana recibieron nombres que reflejaban su condición de fuentes de vida y, por tanto, dignos de toda adoración (Hatibonico-Señor de las Altas Aguas, Tímina-nombre de una princesa aborigen) se han convertido con el paso del tiempo en sumideros de desechos de todo tipo, generados por la actividad de una ciudad en constante crecimiento.

Al establecer las razones de la extrema importancia de los ecosistemas de agua dulce para el hombre, el renombrado ecólogo norteamericano E. P. Odum¹ expresa que los mismos “proporcionan los sistemas de eliminación de desperdicios más cómodos y baratos, sin embargo, ya que el hombre está abusando de este recurso natural, está claro que un esfuerzo principal para reducir esta presión ha de producirse rápidamente, pues, en otro caso, el agua se convertirá en el factor limitativo para la especie hombre”. Si bien en nuestro caso se hace todo lo posible por hacer válido la primera parte del enunciado, aún el esfuerzo para reducir esa presión está por acometerse; más bien la presión tiende a aumentar.

Actualmente el 73 % de la población de la ciudad de Camagüey (unos 228 000 habitantes) recibe los beneficios de la red de acueducto; en condiciones normales el suministro de agua alcanza los 1500 L/s. En el período en que se realizó el estudio este suministro estaba reducido a la mitad, debido al agotamiento de las fuentes de abasto de agua por la intensa sequía. Por otro lado, el 36 % de la población (unos 111 700 habitantes) cuenta con servicio de alcantarillado. Esta proporción de habitantes que se beneficia de estas redes es similar a la media de las principales ciudades de América Latina y el Caribe, según². Algo característico de nuestra ciudad es la ausencia total de tratamiento de las aguas residuales que se vierten a los ríos Tílima y Hatibonico; por si esto fuera poco se ha convertido en un acto de fe convertir cada intersección de los cursos de agua con redes viales en vertederos de residuos sólidos de todo tipo (se han detectado 35 sitios de vertimiento por los autores de este trabajo). La elevada carga contaminante que reciben estos cuerpos receptores ha modificado notablemente sus características originales, debido a que las capacidades auto purificadoras son incapaces de restablecer el equilibrio ecológico.

Sin embargo, no todo tiene tonos grises, esta agua se represa a más de 16 kilómetros de la ciudad en la Presa de Jimaguayú, la cual constituye una de las pesquerías de agua dulce más productivas del país. En estos rendimientos el aporte de nutrientes debido a la eutrofización cultural juega un papel de primera magnitud. Por otro lado la explotación de los recursos pesqueros se ha visto afectada en reiteradas ocasiones por la muerte masiva de peces en épocas de intensa sequía, cuando el nivel de la Presa disminuye ostensiblemente y los efectos de dilución de la carga contaminante son mínimos.

El objetivo de este trabajo es evaluar las variaciones de composición de las aguas superficiales contaminadas del Hatibonico, debido a los procesos de auto purificación, en su trayecto de más de 16 kilómetros hasta la Presa de Jimaguayú; así como la calidad de las aguas que ingresan a la Presa, en condiciones de dilución mínima.

La información obtenida es válida para el período y condiciones de muestreo.

Área de estudio

El área de estudio abarca una superficie de aproximadamente 60 km², hacia el suroeste de la ciudad de Camagüey. Se ubica en la cuenca hidrográfica del San Pedro, abarcando desde la confluencia de los ríos Tílima y Hatibonico, en las afueras de la ciudad de Camagüey, hasta la Presa Jimaguayú en un trayecto de 16,5 kilómetros por el río Hatibonico. Las aguas superficiales están contaminadas por el vertimiento indiscriminado de desechos sólidos y líquidos. Una representación esquemática de la misma puede observarse en la Figura 1.

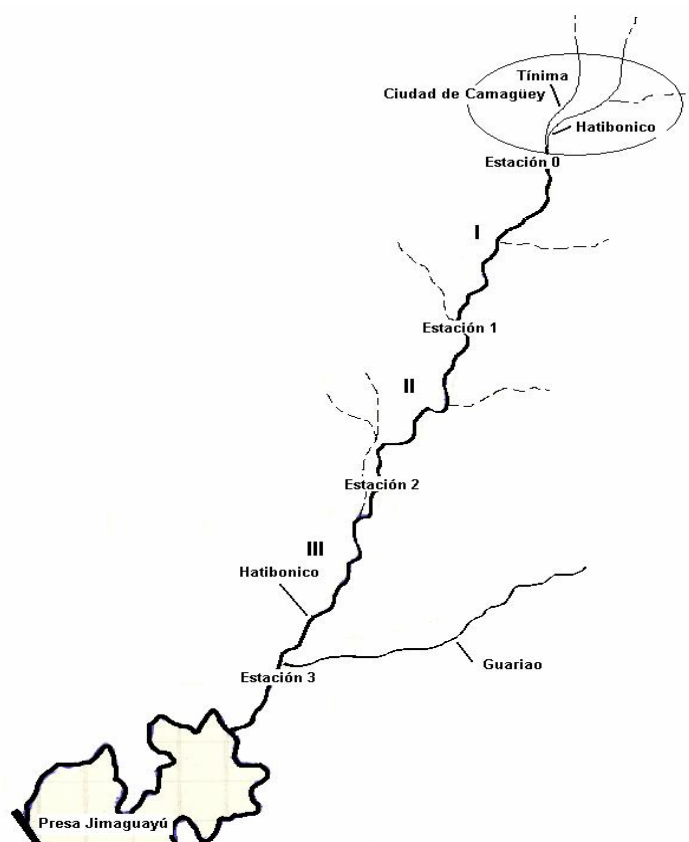


Figura 1: Esquema simplificado del área de estudio.

A los efectos del mapeo hidrogeomorfológico y el muestreo de aguas superficiales el área de estudio se dividió en tres secciones, las cuales se detallan en la **Tabla 1**. Como criterios para la delimitación se emplearon los siguientes:

- ❖ Accesibilidad para el muestreo
- ❖ Modificaciones antropogénicas de los parámetros hidrogeomorfológicos
- ❖ Equidistancia de las estaciones de muestreo

Tabla 1: Identificación de las secciones del área de estudio.

Sección	Delimitaciones entre puntos de muestreo		Longitud, km
	Inicio	Fin	
I	Estación 0	Estación 1	4.25
II	Estación 1	Estación 2	4.25
III	Estación 2	Estación 3	4.75

Materiales y métodos

Mapeo Hidroecomorfológico

Se empleó una metodología desarrollada por el Grupo de Calidad Ambiental del CIAC, la cual toma como referencia la que se emplea en el Departamento de Manejo de Aguas y Aguas Residuales de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Magdeburgo³. El Índice de Calidad Hidroecomorfológica y el Grado de Variabilidad se determinan a través de la cuantificación de diversos parámetros mediante matrices al efecto. El mapa de 1:25 000 del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía sirvió de referencia para la determinación de longitudes y superficies del área de estudio.

Mediciones de velocidad y caudal

Se emplearon dos métodos de determinación de caudal, simultáneamente:

- ❖ Método de capacidad (medida volumétrica de las descargas)
- ❖ Método de sección – velocidad

Ambos métodos se describen en la “Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante en las cuencas hidrográficas de interés nacional y provincial” (II Edición) de Marzo de 1999, de la Agencia de Medio Ambiente del CITMA.

Muestreo de aguas superficiales

El personal del Laboratorio de Ensayos del CIAC realizó muestreos compuestos en las seis estaciones identificadas para el estudio, en horarios que permitieran seguir el proceso de auto purificación del agua inicialmente muestreada (en dependencia de la distancia entre las estaciones y la velocidad media del agua). Para ello se emplearon frascos de PE-HD, los cuales fueron endulzados previamente con el agua muestreada. No se añadió preservativo a las muestras. El muestreo se realizó según el procedimiento vigente en el Manual de Procedimientos del Laboratorio. Los frascos de vidrio destinados al muestreo para ensayos microbiológicos fueron esterilizados previamente.

Ensayos de aguas

Los procedimientos de ensayo empleados se basan en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” en su edición 20 del 1999⁴. Los coliformes fecales se determinaron por técnicas de cultivo, basadas en el conteo del número más probable.

Resultados

Mapeo hidroecomorfológico

Características físicas

La Tabla 2 recoge los resultados de la clasificación de las diferentes secciones atendiendo a criterios físicos.

Tabla 2: Clasificación física de las secciones del cauce.

Sección	Criterio de Clasificación		
	Forma del río	Profundidad de lámina de agua	Velocidad de corriente
I	Sinuosidad baja	Moderada	Entre lenta y moderada
II	Sinuosidad baja	Moderada	Entre lenta y moderada
III	Sinuosidad media	Alta	Entre muy lenta y lenta

Por su parte en la Tabla 3 se ofrecen las características del sustrato, así como valores de velocidad y caudal obtenidos en mediciones directas.

Tabla 3: Características de las diferentes secciones.

Sección	Sustrato dominante	Velocidad media, m/s	Caudal, L/s
I	Lodo, Rocas, Piedras	0.2	990
II	Lodo, Rocas, Piedras	0.2	905
III	Piedras, Rocas	0.1	810

El vertimiento de las aguas residuales tiene una influencia determinante en la naturaleza del sustrato dominante en las dos primeras secciones, así como en la velocidad y caudal de las aguas superficiales. La disminución del caudal en el trayecto se relaciona con el predominio de los fenómenos exportadores del agua (evaporación, infiltración, evapotranspiración de las plantas, riego) que aquellos importadores (aportes de afluentes), que tiene su causa principal en la aguda sequía.

Índice de Calidad Hidroecomorfológica (ICH)

El cálculo del índice de calidad hidroecomorfológica se basa en matrices de cuantificación. Valores mayores indican menor calidad.

Tabla 4: Índices de calidad hidroecomorfológica por secciones.

Parámetro	Secciones		
	I	II	III
1	3	3	3
2	4	3	3
3	5	4	3
4	7	5	4
5	6	5	4
6	6	5	5
ICH	5.2	4.2	3.7

Leyenda Parámetros:

1. Desarrollo del cauce.
2. Estructura longitudinal del cauce.
3. Estructura transversal del cauce.
4. Diversidad y estructura del sustrato.
5. Estructura de las márgenes.
6. Alrededores del cauce.

La sección I se clasifica como fuertemente alterada, la II como críticamente alterada y la III de moderada a críticamente alterada. En la sección I la diversidad y estructura del sustrato se considera destruida debido al vertimiento indiscriminado de aguas residuales no tratadas, así como desechos sólidos; la estructura de las márgenes y alrededores del cauce se consideran dañados debido a la deforestación, el vertimiento de residuales sólidos, y la actividad agropecuaria; también la estructura transversal del cauce está fuertemente alterada debido a trabajos de dragado y canalización en algunos tramos de la sección. En la sección II los siguientes parámetros se consideran fuertemente alterados: diversidad y estructura del sustrato, estructura de las márgenes, y alrededores del cauce, siendo las causas prácticamente las mismas que en la sección I, aunque un tanto menguadas. Por su parte en la sección III los alrededores del cauce se considera fuertemente alterado, debido a la deforestación y a la actividad agropecuaria; los parámetros diversidad y estructura del sustrato y

estructura de las márgenes se consideran críticamente alterados debido a la contaminación de las aguas superficiales.

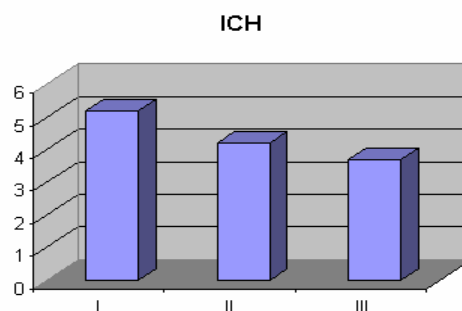


Figura 2: ICH por secciones

Generalmente en los cursos de agua poco contaminados el ICH aumenta a medida que la distancia a los orígenes del cauce se hace mayor⁵. En este caso, tal como puede apreciarse en la Figura 2, el ICH disminuye, lo que puede vincularse con la fuerte contaminación de las aguas superficiales a su paso por la ciudad de Camagüey, y la posterior disminución de los impactos a lo largo del trayecto.

Grado de variabilidad (GV)

El cálculo del grado de variabilidad se basa en matrices de cuantificación. Valores mayores indican menor variabilidad.

Tabla 5: Grado de variabilidad por secciones.

Parámetro	Secciones		
	I	II	III
1	3	3	3
2	3	3	3
3	3	3	3
GV	3	3	3

Leyenda Parámetros:

1. Grado de variabilidad longitudinal
2. Grado de variabilidad transversal
3. Grado de variabilidad en el sustrato

Todas las secciones se clasifican como variables. El grado de variabilidad se halla en la media de la escala de variabilidad, lo que está relacionado en el caso de la variabilidad longitudinal con una sinuosidad media o baja, en el caso de la variabilidad transversal con los caudales relativamente pequeños, y en el caso de la variabilidad en el sustrato con la litología del área, que favorece el predominio de un sustrato homogéneo, así como la influencia de los procesos de sedimentación.

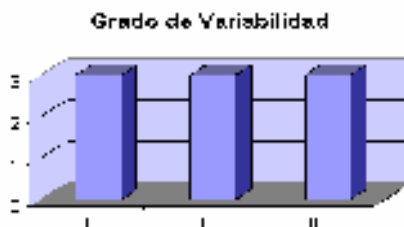


Figura 3: Grado de variabilidad por secciones.

Concentraciones y cargas

La naturaleza común de los residuales vertidos tanto en el río Tíñima como en el Hatibonico se refleja en una similitud de los valores de los diferentes parámetros físico-químicos estudiados, tal como muestra el siguiente gráfico.

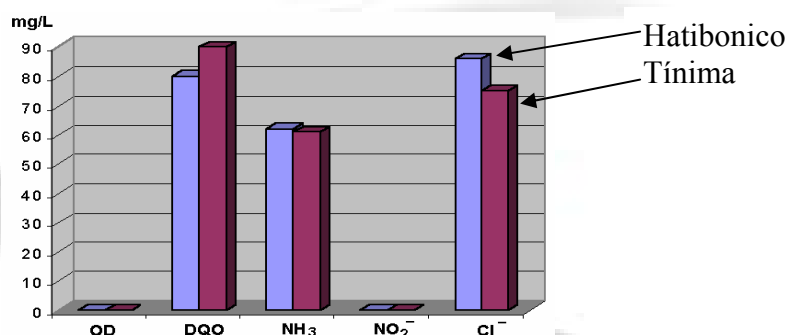


Figura 4: Valores de diferentes parámetros en aguas de los ríos Hatibonico y Tíñima, antes de su confluencia.

Mediciones directas realizadas antes de la confluencia de los dos cursos de agua indican que aproximadamente el 60 % del caudal de aguas es aportado por el río Hatibonico, mientras el 40 % restante proviene del río Tíñima.

Resultados de los ensayos en aguas superficiales

Los valores medios en las cuatro estaciones de muestreo se ofrecen en la Tabla 6.

Tabla 6: Valores medios de los diferentes parámetros.

Parámetro	Unidad de medida	Estación 0	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Temperatura	⁰ C	22.6	23.2	22.8	24.2
Sólidos Totales	mg/L	424	400	404	414
Sólidos Fijos	mg/L	324	322	308	314
Sólidos Volátiles	mg/L	100	78	96	100
Sólidos Sediment	mL/L	20	7	5	3
pH	U	7.0	7.0	6.9	6.8
Conductividad eléctrica	μS/cm	850	880	790	730
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.0	3.2	2.7	3.2
DBO	mg/L	79	44	23	27
DQO	mg/L	196	90	94	82
Amoníaco	mg/L	72	69	58	52
Nitritos	mg/L	0.0	0.003	0.05	0.1
Nitratos	mg/L	0.0	T	T	17.7
Nitrógeno Orgánico Total	mg/L	20.2	20.2	15.1	10.1
Fósforo Total	mg/L	1.4	1.4	1.4	1.4
Cloruros	mg/L	79	82	75	75
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	30 000	5200	900	100

La concentración de sólidos totales alcanza un mínimo en la estación I; lo que está relacionado con la existencia de, al menos, tres fuentes de variabilidad en este parámetro, la primera tendiente a su

disminución y que se vincula fundamentalmente a procesos físicos como la sedimentación-preponderante en la primera sección, la segunda tiende a su aumento y se vincula a procesos biológicos como la proliferación de fitoplancton-preponderante en la tercera sección, mientras que la última también tiende a su aumento y se vincula a la reducción del caudal debido a procesos de evaporación y evapotranspiración.

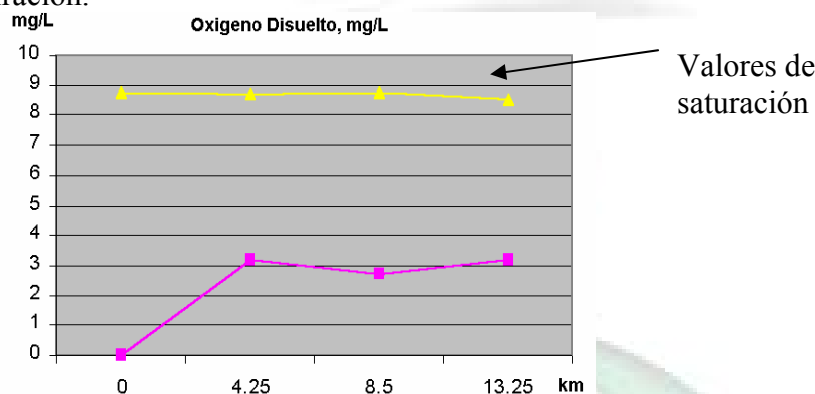


Figura 5: Curva del oxígeno disuelto.

El proceso de nitrificación se puede observar en el aumento progresivo de los valores de nitritos y nitratos, coincidiendo este último con la sección de mayor multiplicación del fitoplancton.

La concentración de sólidos sedimentables disminuye en todo el curso, mientras que los valores de pH están en el rango de neutro a ligeramente ácidos. La disminución de la contaminación en las aguas puede apreciarse por los valores decrecientes de la DBO y la DQO en el trayecto y el aumento de los valores de oxígeno disuelto, pero tal como se observa en la figura 5, estos valores están lejos de los de saturación. Es notoria la presencia de altas concentraciones de amoníaco y coliformes fecales prácticamente a la entrada de la Presa Jimaguayú, lo que afecta a especies de peces con poca tolerancia a niveles altos de amoníaco, además de estar latente la posibilidad de infecciones por patógenos.

Carga Contaminante

La variación de caudal en todo el trayecto del curso de agua estudiado no permite tomar como referencia los valores de concentración de los diferentes parámetros para realizar una valoración objetiva de los procesos de auto purificación. El empleo de los valores de carga permite la comparación con estos fines, al introducir un sistema de referencia común para todas las estaciones de muestreo.

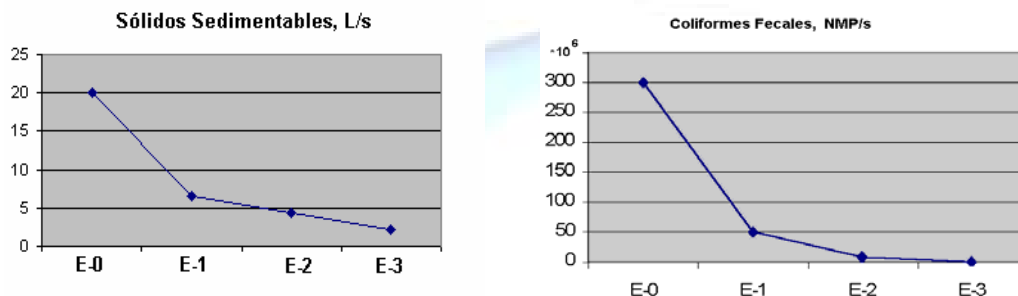
Tabla 7: Valores de carga en las diferentes estaciones.

Parámetro	Carga Contaminante, g/s			
	Estación 0	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Sólidos Totales	424	376	347	310
Sólidos Sedimen	20 L/s	6.6 L/s	4.3 L/s	2.2 L/s
DBO	79	41	20	20
DQO	196	85	81	62
Amoníaco	72	65	50	39
Nitritos	0	0.003	0.043	0.075
Nitratos	0	0	0	13
Nitrógeno Total	20	19	13	8
Fósforo Total	1.4	1.3	1.2	1.0
Cloruros	79	77	64	56
Coliformes Fecales	300*10 ⁶ NMP/s	49*10 ⁶ NMP/s	8*10 ⁶ NMP/s	0.8*10 ⁶ NMP/s

El análisis de los datos de la Tabla anterior, así como la información gráfica generada a partir de ellos permite una clasificación del comportamiento de los parámetros, tal y como sigue:

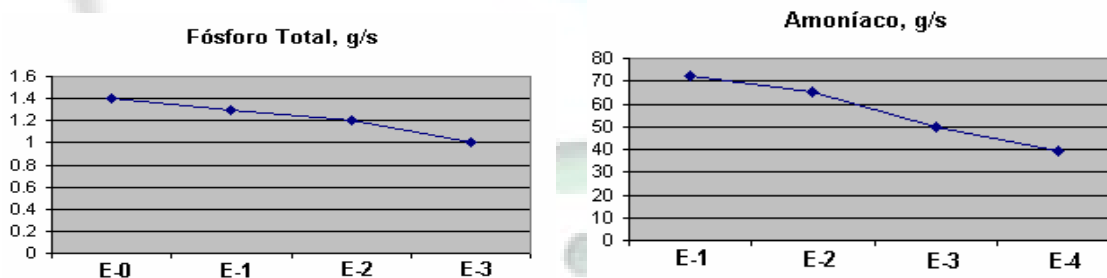
- 1) Parámetros con decrecimiento exponencial: Sólidos Sedimentables, Coliformes Fecales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La naturaleza de este comportamiento se vincula a una transferencia de masa desde la fase líquida a la de sedimento y se manifiesta a través de fenómenos físicos como la coagulación, sedimentación, adsorción y en el cual participan partículas sólidas, microorganismos, etc. Los gráficos siguientes muestran el comportamiento típico de estos parámetros.



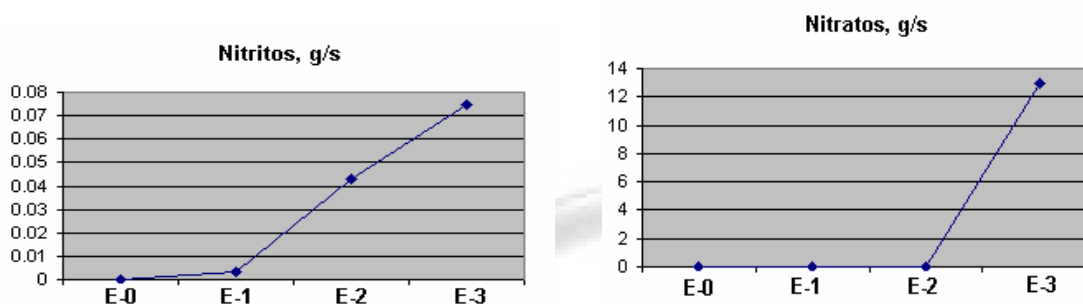
- 2) Parámetros con decrecimiento sin punto de inflexión significativo: Sólidos Totales, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Cloruros, Amoníaco.

En el caso de los tres primeros, este comportamiento está vinculado a la transferencia de masa desde la fase líquida a la de sedimento y viceversa, manifestándose a través de fenómenos físicos como la coagulación, sedimentación, adsorción, fenómenos químicos como la mineralización y la hidratación, así como fenómenos biológicos como la reproducción del fitoplancton. Los dos últimos parámetros representan a especies químicas solubles en el agua, por lo que no es de esperar una transferencia de masa hacia el sedimento, sino más bien procesos de físico-químicos de formación de complejos, así como procesos biológicos de nutrición.



Parámetros con crecimiento exponencial: Nitritos y Nitratos.

La naturaleza de este comportamiento se vincula a la transferencia de masa desde la fase de sedimento a la fase líquida, manifestándose a través de procesos biológicos de nitrificación con la participación de microorganismos. Obsérvese el carácter precursor del nitrito para la formación del nitrato ⁶.



Capacidades auto purificadoras

Las variaciones de cargas por secciones son un indicador de los procesos de auto purificación, tendientes a restablecer el equilibrio ecológico, y en el cual se interrelacionan complejos fenómenos físicos, químicos y biológicos⁷.

Las siguientes tablas muestran la variación de carga por secciones, así como las variaciones en %, para los parámetros fundamentales.

Tabla 8: Variaciones de carga por secciones.

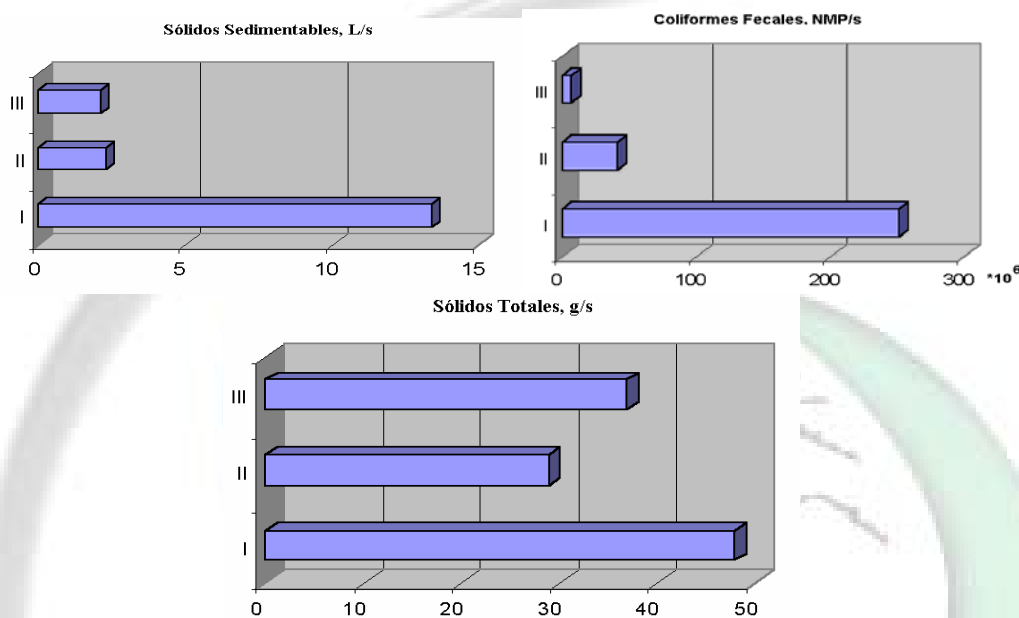
Parámetro	Variación de carga, g/s		
	Sección I	Sección II	Sección III
Sólidos Totales	48	29	37
Sólidos Sedimen	13.4 L/s	2.3 L/s	2.1 L/s
DBO	38	21	0
DQO	111	4	19
Amoníaco	7	15	11
Nitritos	-0.003	-0.040	-0.032
Nitratos	0	0	-13
Nitrógeno Total	1	6	5
Fósforo Total	0.1	0.1	0.2
Cloruros	2	13	8
Coliformes Fecales	251*10 ⁶ NMP/s	41*10 ⁶ NMP/s	7.2*10 ⁶ NMP/s

Tabla 9: Reducción de carga en por cientos.

Parámetro	Reducción de carga, en %				
	Sección I	Sección II	Acumulado	Sección III	Acumulado
Sólidos Totales	11.3	6.9	18.2	8.7	26.9
Sólidos Sedimen	67.0	11.5	78.5	10.5	89.0
DBO	48.1	26.6	74.7	0.0	74.7
DQO	56.6	2.1	58.7	9.7	68.4
Amoníaco	9.7	20.9	30.6	15.2	45.8
Nitritos	4.0	53.3	57.3	42.7	100
Nitratos	0.0	0.0	0.0	100	100
Nitrógeno Total	5.0	30.0	35.0	25.0	60.0
Fósforo Total	7.1	7.2	14.3	14.3	28.6
Cloruros	2.5	16.5	19.0	10.1	29.1
Coliformes Fecales	83.7	13.6	97.3	2.4	99.7

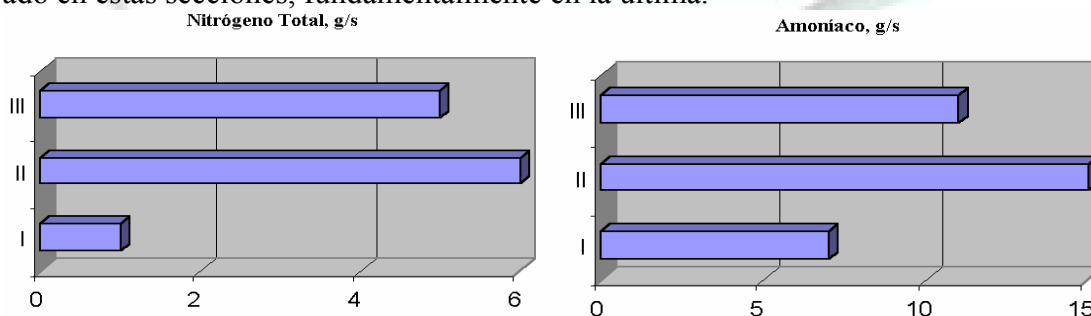
Nota: para los nitritos y nitratos la carga aumenta.

Los procesos físicos de purificación predominan en la sección I (primeros 4,25 kilómetros), vinculados a la transferencia de masa desde el agua hacia los sedimentos, y tienen un impacto significativo en la disminución de los sólidos sedimentables (67 %), los coliformes fecales (84 %), DQO (57 %) y DBO5 (48 %).

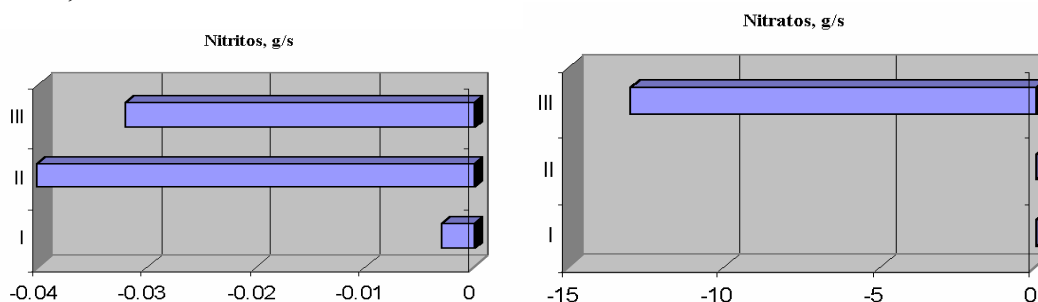


La mayor reducción de sólidos totales se alcanza en la sección I (11 %), debido a los procesos físicos de sedimentación, sin embargo, el desarrollo del fitoplancton en las siguientes secciones disminuye la intensidad del proceso.

Los procesos biológicos de depuración predominan en las secciones II y III (a partir de los 4,25 kilómetros iniciales) a juzgar por la máxima reducción de componentes significativos en la nutrición: amoníaco, nitrógeno y fósforo totales. Esto concuerda con el desarrollo del fitoplancton observado en estas secciones, fundamentalmente en la última.



Por último la formación de nitritos, debido a procesos biológicos, alcanza su máximo en la segunda sección (entre los 4,25 y 8,50 kilómetros), mientras que la formación de nitratos tiene su máximo a partir de los 8,25 kilómetros en adelante.



Evaluación de la calidad del agua para uso pesquero

Para la evaluación se toma como referencia la norma NC 93-01-105: Especificaciones y procedimientos para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. En el período en que se efectuó este estudio las aguas del Hatibonico constituyen el único afluente apreciable a la Presa Jimaguayú, siendo los efectos de dilución mínimos; es de suponer que la composición de las aguas de la Presa dependa fundamentalmente de la composición de las aguas del río Hatibonico. Debido a la gran importancia de esta Presa para la actividad pesquera, se evalúa la calidad del agua a partir de varios índices obligatorios y complementarios recogidos en la Norma, lo cual se resume en la siguiente Tabla.

Tabla 10: Evaluación de la calidad del agua, según la NC 93-01-105.

Índice	Especificación de calidad		
	Buena	Dudosa	Mala
Oxígeno Disuelto		X	
DBO5			X
DQO			X
pH	X		
Nitrógeno Amoniacal			X
Nitratos		X	
Nitritos		X	
Fosfatos		X	

Nota: los primeros cuatro índices se consideran obligatorios.

Según el procedimiento establecido en la propia Norma para evaluar y clasificar los cuerpos de agua de interés pesquero la calidad se clasifica como mala, debido a que, al menos, uno de los índices se corresponde con los valores establecidos por la norma para calidad mala; en este caso de los índices evaluados tres poseen esta especificación: dos obligatorios –DBO5 y DQO, así como un opcional- Nitrógeno amoniacal. Esto significa que existen condiciones que alteran drásticamente el desarrollo de la fauna pesquera, provocando migraciones de una o varias especies e incluso la muerte por asfixia, intoxicación o infección.

Conclusiones

El empleo de las aguas superficiales como vertedero indiscriminado de aguas residuales y desechos sólidos, generados en una ciudad de más de 300 000 habitantes, y las intensas modificaciones antropogénicas vinculadas a la actividad agropecuaria, han tenido un impacto negativo en la

hidrogeomorfología del curso de agua estudiado, aunque a medida que nos alejamos del núcleo poblacional existe una mejoría.

En el trayecto de más de 16 kilómetros entre la confluencia de los ríos Tímina y Hatibonico y la Presa Jimaguayú, las aguas superficiales experimentan una serie de transformaciones en su composición, debido a complejas interrelaciones físicas, químicas y biológicas, que involucran al agua, sedimentos y atmósfera. Los fenómenos físicos predominan en los primeros cuatro kilómetros del recorrido-donde predomina la transferencia de masa en el sentido aguas-sedimentos, mientras que posteriormente tienen preponderancia los fenómenos biológicos-donde predomina la transferencia de masa en el sentido sedimentos-agua.

Las capacidades auto purificadoras del sistema reducen la carga de todos los parámetros estudiados, salvo los vinculados al proceso de nitrificación: nitritos y nitratos. La mayor reducción se logra para aquellos en los que los procesos de sedimentación son significativos: sólidos sedimentables, coliformes fecales. Las menores reducciones se logran para aquellos parámetros que reflejan especies químicas solubles en agua: y que no son esenciales para la vida: cloruros; y aquellos que poseen varias fuentes de variabilidad: sólidos totales.

La reducción de la carga de determinado parámetro se vincula estrechamente con la capacidad del sistema de retenerlo en sus diversas fases, a través de procesos de transferencia de masa.

La calidad de las aguas para uso pesquero, a pesar de los procesos de auto purificación, se considera de mala, lo que puede afectar la explotación pesquera.

Recomendaciones

Establecer un sistema de monitoreo que permita alertar tempranamente sobre la posibilidad de afectaciones a la actividad pesquera de la Presa Jimaguayú, basado en la evaluación de la calidad de las aguas de la misma.

Evaluar la influencia de la calidad de las aguas en la actividad pesquera: índices de captura, mortandad, migraciones, etc.

Evaluar el impacto en la salud humana del consumo de pescado proveniente de la Presa Jimaguayú.

Referencias

1. Odum, E. P. "Ecología" Edición Revolucionaria, tercera edición. La Habana, 1986.
2. OMS/UNICEF. "Evaluación Mundial del Abastecimiento de Agua y el Saneamiento" Informe de 2000, Ginebra.
3. Lüderitz, V; Gläser. "Anwendung und Weiterentwicklung ökomorphologischer Kartierungs- und Auswertungsverfahren an der Selke und ihren Nebengewässern (Sachsen-Anhalt)" Arch. Naturschutz Landschaftsforsch. 35, 15-31 (1996).
4. APHA, AWWA, WEF. "Standard methods for the examination of water and waste water" 20-th Edition, in CD. New York, USA.
5. Montalván, A. et al. Proyecto 5428. Salida 03 "Mapeo hidrogeomorfológico". Camagüey, 2004.
6. Garcia-Ruiz, R., Pattinson, S.N., Whitton, B. A. "Denitrification in river sediment: relationship between process rate and properties of water and sediment". Freshwater Biol. 39, 467-476 (1998).
7. Heidenwag, I., Langheinrich, U., Lüderitz, V. "Self-purification in Upland and Lowland Streams". Acta Hydrochim. Hydrobiol. 29, 22-23 (2001).