

Impacto ambiental del vertido de residuales en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba

Environmental impact of the waste disposal in the Guaos-Gascón hydrographic basin of Santiago de Cuba

Dra C. Alina González Marañón^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-3693-9805>

Lic. Israel Palacios Mulgado¹ <https://orcid.org/0000-0002-3031-3476>

Dra C. Arelis Ábalos Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-0007-5825>

¹Universidad de Oriente, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia. correo electrónico: agm@uo.edu.cu

RESUMEN

Las aguas de la Cuenca Hidrográfica Guaos-Gascón son utilizadas por las industrias y la población como zona de disposición de residuales, lo que afecta su composición natural y aumenta la carga contaminante que llega a la Bahía de Santiago de Cuba. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en la cuenca se realizó aplicando las matrices propuestas por Conesa. Estas afectaciones al medio se evaluaron tomando como base los resultados de 27 parámetros, en ocho estaciones de muestreo y su comparación con las normas cubanas de agua potable, abasto, pesca y baño. Se demostró que las aguas de la cuenca están afectadas por el vertido de aguas residuales de origen doméstico, vertido de residuales industriales y acumulación de residuos sólidos, siendo el río Los

Guaos el que mayor contaminación le aporta a la cuenca. Los factores del medio más agredidos son la salud e higiene, las aguas superficiales y el paisaje.

Palabras clave: contaminación; impacto ambiental; aguas superficiales.

ABSTRACT

The water of the Guaos–Gascón Hydrographic Basin is used by the industries and the population as a waste disposal zone, which affects its natural composition and increases the pollution load that reaches the Bay of Santiago de Cuba. The Environmental Impact Assessment (EIA) in the basin was carried out by applying the matrices proposed by Conesa. These effects on the environment were evaluated based on the results of 27 parameters in eight sampling stations, and the contrast with Cuban regulations, drinkable, supply, fishing and swimming. It was shown that the water of this basin is affected by the discharge of domestic wastewater, industrial waste and solid waste accumulation, being Los Guaos River the greatest pollutant of the basin. The most aggravated environmental factors are health and hygiene, surface waters and landscape.

Keywords: pollution; environmental impact; surface waters.

Recibido: 19/11/2019

Aprobado: 14/12/2019

Introducción

La contaminación de las aguas superficiales se encuentra entre los principales problemas recogidos en la Estrategia Ambiental Nacional de la República de Cuba ⁽¹⁾, razón por la que Díaz ⁽²⁾ lo considera el principal desafío ambiental de la isla. En la provincia Santiago de Cuba, existe un

elevado nivel de contaminación en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón. Esta contaminación está dada por el deficiente mantenimiento, operaciones inadecuadas y escaso control y evaluación de la calidad de las aguas, así como la poca introducción de prácticas de producción más limpias por las principales entidades contaminadoras y la baja cultura medioambiental de los pobladores de la zona.^(2,3) Por otro lado, la contaminación afecta los suelos, el agua de los ríos como cuerpos receptores de aguas residuales, la flora, la fauna, lo que provoca una ruptura en el equilibrio natural del ecosistema.^(4,5)

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) introduce las primeras formas de control de las interacciones de las intervenciones humanas con el ambiente (ya sea en forma directa o indirecta), mediante instrumentos y procedimientos dirigidos a prever y evaluar las consecuencias de estas. Todo esto con la intención de reducir y mitigar los impactos.^(6,7) Gran parte de las actividades humanas, pero en especial aquellas que tienen como finalidad la producción o prestación de bienes y servicios, suministro de materias primas y desarrollo de infraestructura, interactúan de alguna manera con el entorno donde se emplazan, tanto en su construcción como en su operación. Por ejemplo, consumen recursos naturales, remueven vegetación, utilizan suelos productivos, modifican el paisaje, desplazan personas, producen residuos o emisiones, entre otros. Es decir, generan cambios en las condiciones ambientales que pueden ser muy variables en cuanto a su significancia, magnitud, duración, extensión, entre otros.⁽⁸⁾

Existen diversos métodos para la evaluación de los impactos ambientales entre los que se encuentran la matriz de Leopold, el método de Arboleda, el método de Conesa, entre otros^(4,9) y diferentes conceptos sobre el tema. Por ejemplo, el “impacto ambiental se puede definir como la afectación que se producirá sobre un medio receptor”⁽¹⁰⁾, o el “cambio de un parámetro ambiental, en un determinado período y en una determinada área, que resulta de una actividad dada, comparado con la situación que ocurriría si esa actividad no hubiera sido iniciada”.⁽⁸⁾

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta es el relacionado con la identificación y descripción de los impactos ambientales. Los mismos se identificarán, describirán y evaluarán en positivos y negativos según el efecto que ocasionarán en las distintas etapas de un proyecto. La

evaluación requiere demostrar que el proyecto cumple con la legislación y normativas ambientales vigentes en cualquiera de sus etapas.

El método de las matrices de Conesa permite evaluar las consecuencias de las intervenciones humanas y a partir de ellas proponer medidas para mitigar los impactos que se producen. En la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón se realiza por primera vez la evaluación del impacto ambiental, el cual tiene un “carácter interdisciplinario, destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias ambientales que determinadas acciones causan sobre la calidad de vida del hombre y el entorno”.⁽⁸⁾

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto ambiental en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba generada por el vertido de residuales, determinando a su vez la afectación al medio ambiente.

Materiales y métodos

Localización de las estaciones de muestreo

Para el análisis de las aguas de los ríos Gascón y Los Guaos se efectuaron tres muestreos en período de seca (febrero a abril de 2017) con periodicidad mensual. El mismo fue realizado aguas abajo, a una profundidad de 10 a 15 cm máximo. Se fijaron ocho estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca hidrográfica (figura 1), sobre la base de facilidad de acceso a los mismos y la representatividad.⁽¹¹⁻¹²⁾ Las muestras se tomaron por duplicado en cada estación de muestreo y los análisis se realizaron por triplicado. La localización de las estaciones se realizó según la metodología establecida en las Normas ISO 5667-1, ISO 5667-3, ISO 5667-9 e ISO 5667-10.⁽¹³⁻¹⁶⁾ A continuación se describen las características de cada estación de muestreo.

Río Gascón

Estación 1. Se ubica a 1,5 km del vertedero municipal (20°3,90N, 78°50;763W), punto cercano al nacimiento del río. Área de superficie boscosa, abundante vegetación en la orilla, aguas

crystalinas, fondo arenoso-pedregoso con abundante limo, presencia de vida acuática. El agua se utiliza para consumo humano, riego de cultivos y baño de personas y animales.



Fig. 1 - Localización de las estaciones de muestreo en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba

Estación 2. Se ubica a 60 m del puente del Distrito Urbano José Martí (Micro 8) (20°3,142N; 75°50,703W). Abundante vegetación, fondo arenoso-pedregoso con presencia de limo. Vida acuática. Casas en las orillas y terrenos particulares para la siembra de hortalizas. Vertido de residuales domésticos a través de tuberías de desagüe. Aguas arriba el agua se utiliza para baño de animales, lavado de vehículos y ropa, riego de cultivos.

Estación 3. Se ubica a 30 m del puente del reparto Marimón (20°2,716N; 75°50,886W). Vegetación en la orilla del río. Vertido de desechos de diversos orígenes. Cercano al río, se acumulan residuos sólidos (basura) por los pobladores de la zona y una oficina de recolección de materias primas. En este punto existe un desagüe de aguas residuales domésticas, escasa presencia de vida acuática macroscópica. El agua es utilizada para la confección artesanal de ladrillos y riego de cultivos.

Estación 4. Se ubica en las proximidades del combinado Textil Celia Sánchez Manduley (20°2,581N; 75°50,956W). Zona muy antropizada. Abundante vegetación y presencia de

desechos de origen doméstico en la orilla del río y dentro del mismo, no se presenta vida acuática macroscópica evidente, fondo con abundante limo.

Río Los Guaos

Estación 5. Se ubica a 2 km aproximadamente del poblado “El Castillito”, punto cercano al nacimiento del río. Área de superficie boscosa, aguas cristalinas, abundante vegetación, fondo arenoso-pedregoso con abundante limo. Presencia de vida acuática macroscópica. El agua se utiliza para consumo humano, riego de cultivo y baño de personas y animales.

Estación 6. Se ubica a 200 m antes de que viertan los residuales del Centro Genético Porcino (20°40,83N; 75°52,340W). Aguas cristalinas, fondo arcilloso con abundante limo y escasa presencia de vida acuática macroscópica.

Estación 7. Se ubica a 500 m de la Estación 6 (20°4,031N; 75°52,285W), en el puente del poblado “El Castillito”. Situada después del vertido de las aguas residuales del Centro Genético Porcino. Presenta malezas en las orillas, fondo arenoso-pedregoso con presencia de limo.

Estación 8. Se ubica a 1,5 km del Camino Viejo del Cobre (20°3,008N; 75°51,890W). Extensa área de superficie boscosa, abundante vegetación en la orilla del río; es la zona del río de mayor caudal y cauce más ancho. Aguas turbias, presencia de sólidos en suspensión, con limo en el fondo. Abundante vida acuática.

Parámetros analizados

Se determinaron 27 parámetros (24 físico-químicos y tres microbiológicos) para evaluar la presencia de contaminantes en los puntos de muestreo seleccionados. Los análisis se realizaron según se establece en *Standard Methods*, edición 23.⁽¹⁷⁾ Los parámetros físico-químicos y microbiológicos con valores por encima de la Concentración Máxima Admisible (CMA), según las normas cubanas de “Agua potable. Requisitos sanitarios” (NC 827:2012)⁽¹⁸⁾, “Fuentes de abastecimiento de agua” (NC 1021:2014)⁽¹⁹⁾, “Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones” (NC 25:1999)⁽²⁰⁾ y “Lugares de baño en costas y en masas interiores.

Requisitos higiénico sanitarios” (NC 22:1999) ⁽²¹⁾, se utilizaron para evaluar los impactos ambientales, considerando además la observación realizada en la zona durante el período de estudio.

Evaluación de impactos

La determinación cualitativa de los impactos ambientales se realizó a partir de la elaboración de matrices, con la participación de un grupo de cinco expertos especializados en EIA. Las mismas se confeccionaron en tres etapas: identificación de los impactos y los factores del medio más afectados; valoración de los impactos; y cálculo de la importancia de los impactos.⁽⁶⁾

Identificación de los impactos. Para el análisis de los impactos, se identificaron las acciones que más afectan la zona concibiendo estas últimas como la unidad capaz de establecer una relación causa-efecto con el entorno circundante. Para la identificación de los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos en la zona de estudio, se seleccionaron los de mayor incidencia mediante la observación directa del grupo de expertos y su anotación en la matriz causa-efecto.⁽²²⁾

Valoración de los impactos. Se realizó mediante el análisis de las interacciones entre los factores del medio afectado y las acciones impactantes en el mismo, para obtener una valoración cualitativa de la importancia de los impactos presentes. Con el nombre de factores se agruparon los diferentes componentes del medio ambiente entre los cuales se desarrolla la vida en el planeta. Estos se caracterizan por cualidades llamadas atributos que pueden ser expresadas cualitativa o cuantitativamente mediante indicadores (tabla 1).⁽²²⁾ La variación de estos expresará el grado de alteración que se ha producido en el medio, la que puede ser natural o antropogénica. Este grado de alteración proporciona la magnitud del impacto de esa actuación sobre la calidad del componente ambiental tratado. Se otorgaron valores que describieron las características que tiene cada acción sobre los factores estudiados, calificando los impactos como negativos o positivos y clasificándolos de irrelevantes (menores de 25), moderados (entre 25 y 50), severos (entre 50 y 75), y críticos (mayores de 75).^(10,22,23)

Tabla 1 - Criterios empleados en la evaluación de impacto ambiental según Conesa ⁽²²⁾

Naturaleza (NT) Impactos negativos – Impactos positivos +	Intensidad (IN) (Grado de destrucción) Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy alta 8 Total 12
Extensión (EX) (Área de influencia) Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Crítica +4 Total 8	Momento (MO) (Plazo de manifestación) Largo plazo 1 Medio plazo 2 Inmediato 4
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto) Fugaz 1 Temporal 2 Permanente 4	Reversibilidad (RV) (Recuperabilidad) Recuperable a corto plazo 1 Recuperable a medio plazo 2 Irrecuperable 4
Acumulación (AC)(Incremento progresivo) Simple 1 Acumulativo 4	Sinergia (SI)(Interrelación) Sin sinergismo 1 Sinérgico 2 Muy sinérgico 4
Efecto (EF)(Por la relación causa-efecto) Indirecto 1 Directo 4	Periodicidad (PR)(Regularidad de manifestación) Irregular y discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4
Recuperabilidad (MC) Recuperable inmediato 1 Recuperable a medio plazo 2 Mitigable o compensable 4 Irrecuperable 8	Importancia (I)(Valor total) $I = \pm (3IN+2EX+MO+PE+RV+AC+SI+EF+PR+MC)$

Cálculo de la importancia de impactos. Se elaboró la matriz de importancia de impactos donde se recogieron cada uno de los resultados calculados a partir de la matriz de valoración. Se consideró utilizar la importancia de impactos como una función directamente proporcional al grado de alteración producido por un impacto ambiental en el medio ambiente y expresar la importancia como el porcentaje de alteración con respecto a la alteración máxima posible. Se determina según la expresión de la tabla 2. En la misma, el signo corresponde al carácter del impacto, IN representa la intensidad, EX la extensión, MO el momento, PE la persistencia, RV la reversibilidad, AC la acumulación, SI la sinergia, EF el efecto, PR la periodicidad y MC la recuperabilidad.⁽²³⁾

Resultados y discusión

La cuenca hidrográfica Guaos-Gascón, está localizada en la parte oeste de la ciudad de Santiago de Cuba; es una de las más pequeñas de la provincia y a la vez de las más contaminadas, debido a la actividad industrial, agropecuaria y por la propia incidencia del hombre en su actividad cotidiana. Investigaciones anteriores realizadas en la cuenca ^(3,24) evidencian que los principales focos contaminantes son: el Centro Genético Porcino, el Combinado de Hormigón “Los Guaos I y II”, el Complejo Industrial “Celia Sánchez Manduley” y el Distrito Urbano “José Martí”, los que vierten sus residuales al cauce de ambos ríos.

Basado en la descripción de las estaciones de muestreo y el análisis de los parámetros físico-químicos de las aguas de los ríos Gascón y Los Guaos, se tuvieron en cuenta aquellos parámetros que se encontraban por encima de la CMA según las NC:25:1999, 22:1999, 827:2012, 1021:2014, ⁽¹⁸⁻²¹⁾ y que demuestran la contaminación existente, además de la observación realizada en la zona, que constituye el factor principal a tener en cuenta para efectuar la EIA. Los parámetros que se encuentran por encima de los valores establecidos en la cuenca, son: turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, hidrogeno carbonato, dureza total, fosfato, potasio, nitrato, nitrito y coliformes fecales y totales. En la tabla 2 se muestra los intervalos de concentración obtenidos para cada uno de estos parámetros en ambos ríos y el valor normado.

Tabla 2 - Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que superaron la concentración máxima admisible de la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba

Parámetro	Río Gascón	Río Los Guaos	Valor normado
Turbidez (NTU)	3,53-9,48	3,34-13,88	1-5
Conductividad (μScm^{-1})	955-1518	189-2416	100-2000
Oxígeno disuelto (mgL^{-1})	1-5	0-7.5	4
Demanda química de oxígeno (mgL^{-1})	10-120	0,72-206	mayor de 30
Hidrógenocarbonato (mgL^{-1})	88-396		350
Dureza total (mgL^{-1})	180-420	230-458	400

Fosfato (mgL^{-1})	0,95-5,79	1-13,21	3
Potasio (mgL^{-1})	0,61-9,39	1,07-21,98	1
Nitrato (mgL^{-1})	0,29-70,12	0,74-221,90	45
Nitrito (mgL^{-1})	0,57-10,27	0,33-106,01	3
Coliformes fecales (NMP/100ml)	15-16000	18-43000	ausencia
Coliformes totales (NMP/100ml)	95-22000	200-43000	ausencia

Se observó la ausencia de un sistema de gestión de residuales sólidos que evite a los habitantes de la zona vertir sus desechos a la orilla de los ríos Gascón y Los Guaos (figura 2A), de igual forma, las empresas ubicadas en la cuenca vierten sus residuales directamente (figura 2B). Todo esto conduce a la aparición de desechos producto de la actividad humana e industrial en el cauce de ambos ríos.



Fig. 2 - Residuos y contaminación visual en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón (Cuba). A, disposición de desechos sólidos en el río Gascón. B, Tubería de desagüe de una empresa vertiendo residuales líquidos

Evaluación de impacto ambiental mediante el análisis de las matrices

Matriz causa-efecto

Del análisis realizado, se encontró que las causas más significativas fueron el vertido de aguas residuales de origen doméstico (A1), vertido de aguas residuales industriales (A2) y acumulación de residuos sólidos (A3). De igual manera, los factores del medio más perturbados corresponderían: aguas superficiales y subterráneas (F1), vegetación (F2), suelo (F3), fauna (F4), relaciones ecológicas (F5), salud e higiene (F6) y paisaje (F7).

Matriz de valoración de impacto

A partir de la matriz de valoración de impactos, se obtuvo una evaluación cualitativa de la importancia de los impactos presentes en la zona. En la misma se otorgaron valores que describen las características que tiene cada acción sobre los factores del medio estudiados. En la cuenca, los impactos cualifican como negativos, lo cual significa que además de perjudiciales, disminuyen la calidad de los factores analizados.

Las tablas 3 y 4 muestran las matrices de valoración de impactos para los ríos Gascón y Los Guaos, respectivamente.

Tabla 3 - Matriz de valoración de impacto para el río Gascón (Cuba)

Código	Factores												Carácter
	NT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	
F1A1	-	12	12	4	2	2	4	4	4	4	4	-88	Crítico
F1A2	-	12	2	4	2	4	4	4	4	2	4	-68	Severo
F1A3	-	4	4	4	4	2	2	4	4	2	4	-46	Moderado
F2A1	-	2	4	2	2	2	4	4	1	4	4	-37	Moderado
F2A2	-	8	2	4	2	2	2	4	1	2	4	-49	Moderado
F2A3	-	8	4	2	2	2	4	4	4	4	4	-58	Severo
F3A1	-	8	4	4	2	2	2	4	1	4	4	-55	Severo
F3A2	-	8	1	2	2	2	2	4	1	2	4	-45	Moderado
F3A3	-	8	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-60	Severo
F4A1	-	4	4	2	2	2	4	4	1	4	4	-43	Moderado
F4A2	-	4	2	2	2	2	2	4	1	2	4	-35	Moderado
F4A3	-	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-48	Moderado
F5A1	-	8	4	4	2	2	4	4	1	4	4	-57	Severo
F5A2	-	8	2	4	2	2	4	4	1	2	4	-51	Severo
F5A3	-	8	4	4	2	2	4	4	1	4	4	-57	Severo
F6A1	-	12	8	4	2	2	4	4	4	4	4	-80	Crítico
F6A2	-	12	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-72	Severo
F6A3	-	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-52	Severo
F7A1	-	8	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-60	Severo
F7A2	-	8	2	4	2	2	2	4	4	2	4	-52	Severo
F7A3	-	12	8	4	2	2	4	4	4	4	4	-80	Crítico

Leyenda: NT, naturaleza; IN, intensidad; EX, extensión; MO, momento; PE, persistencia; RV, reversibilidad; SI, sinergia; AC, acumulación; EF, efecto; PR, persistencia; MC, recuperabilidad; I, importancia; A1, vertido de aguas residuales de origen doméstico; A2, vertido de aguas residuales industriales; A3, acumulación de residuos sólidos; F1, aguas superficiales y subterráneas; F2, vegetación; F3, suelo; F4, fauna; F5, relaciones ecológicas; F6, salud e higiene; F7, paisaje.

Allí, se otorgaron valores que describen las características que tiene cada acción sobre los factores del medio estudiados. Se obtienen 25 impactos (11 río Los Gascón y 14 río Los Guaos) que clasifican como severos según los rangos establecidos por Conesa.⁽²²⁾ El río Gascón, presenta además siete interacciones de carácter moderado, que representa el 33 % del total y tres interacciones críticas (F1A1, F6A1 y F7A3) que representan el 14 % del total (tabla 4). Por otro lado, en el río Los Guaos, el 14 % son moderados y el 19% de los resultados se consideran críticos: F1A2, F6A1, F6A2 y F7A2. Con esto, la interacción aguas superficiales (F1) con vertido de residuales industriales (A2); salud e higiene (F6) con vertido de aguas residuales de origen doméstico (A1) y residuales industriales (A2) y finalmente, paisaje (F7) con vertido de residuales industriales (A2) (tabla 4).

Tabla 4 - Matriz de valoración de impacto para el río Los Guaos (Cuba)

Código	Factores												Carácter
	NT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	
F1A1	-	8	1	4	2	2	4	4	4	4	4	-63	Severo
F1A2	-	12	2	8	2	4	4	4	4	2	4	-86	Crítico
F1A3	-	4	4	4	4	2	2	4	4	2	4	-54	Severo
F2A1	-	2	1	2	2	2	1	4	1	4	4	-31	Moderado
F2A2	-	8	2	4	2	2	1	4	1	2	4	-58	Severo
F2A3	-	8	4	2	2	2	4	4	4	4	4	-70	Severo
F3A1	-	2	1	4	2	2	2	4	1	4	4	-34	Moderado
F3A2	-	12	1	2	2	2	2	4	1	2	4	-70	Severo
F3A3	-	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-56	Severo
F4A1	-	4	4	2	2	2	4	4	1	4	4	-51	Severo
F4A2	-	4	2	2	2	2	2	4	1	2	4	-41	Moderado
F4A3	-	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-56	Severo
F5A1	-	8	4	4	2	2	4	4	1	4	4	-69	Severo
F5A2	-	8	2	4	2	2	4	4	1	2	4	-61	Severo
F5A3	-	8	4	4	2	2	4	4	1	4	4	-69	Severo
F6A1	-	12	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-88	Crítico
F6A2	-	12	2	4	2	2	4	4	4	4	4	-82	Crítico
F6A3	-	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-56	Severo
F7A1	-	8	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-72	Severo
F7A2	-	12	2	4	2	2	2	4	4	2	4	-78	Crítico
F7A3	-	8	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-72	Severo

Leyenda: NT, naturaleza; IN, intensidad; EX, extensión; MO, momento; PE, persistencia; RV, reversibilidad; SI, sinergia; AC, acumulación; EF, efecto; PR, persistencia; MC, recuperabilidad; I, importancia; A1, vertido de aguas residuales de origen doméstico; A2, vertido de aguas residuales industriales; A3, acumulación de residuos sólidos; F1, aguas superficiales y subterráneas; F2, vegetación; F3, suelo; F4, fauna; F5, relaciones ecológicas; F6, salud e higiene; F7, paisaje.

Matriz de importancia

Con los resultados obtenidos en la matriz de valoración de impactos (tablas 3 y 4), se construyó la matriz de importancia de impacto.

En la figura 3 se muestra la influencia de las acciones seleccionadas para cada uno de los factores del medio en el río Gascón. Como se observa, las aguas superficiales (F1) y la salud e higiene (F6) son mayormente afectadas por el vertido de aguas residuales de origen doméstico (VA). A los factores suelo (F2) y vegetación (F3) la acción que más afecta es la acumulación de residuos sólidos (ARS), lo cual se evidenció durante las campañas de muestreo, ya que las orillas del río Gascón estaban cubiertas de desechos sólidos, además a lo largo de todo su cauce existen micro vertederos creados por los pobladores de la zona. En el caso de la fauna (F4) y las relaciones ecológicas (F5) se ven afectadas por igual a causa del vertido de aguas residuales (VA) y la acumulación de residuos sólidos (ARS), potenciando el aumento y proliferación de criaderos de vectores, y la aparición y transmisión de enfermedades hídricas ⁽²⁵⁾ y en menor medida por el vertido de residuales industriales (VRI). El paisaje (F7) está afectado por la acumulación de residuos (ARS), los que influyen de manera negativa en la calidad visual, restan estética al panorama y producen olores desagradables.⁽²⁵⁾

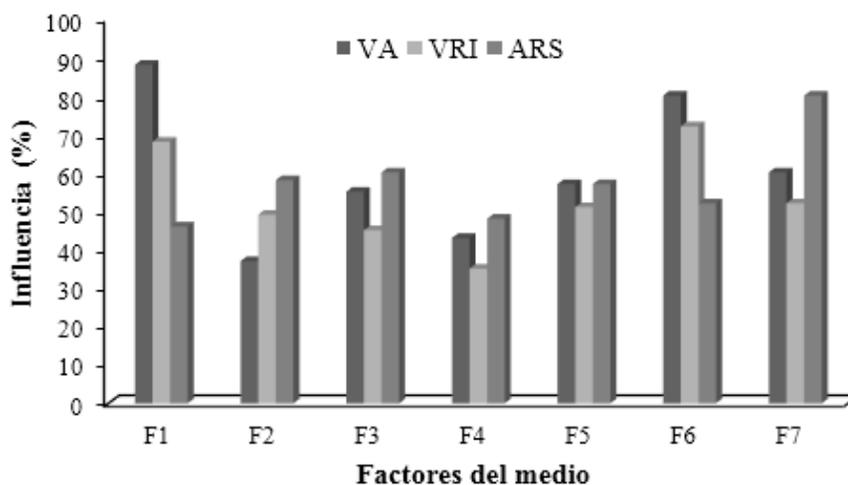


Fig. 3 - Influencia de acciones de impacto sobre factores ambientales identificados por la matriz de importancia Conesa para el río Gascón, Cuba

El vertido de aguas residuales de origen doméstico (VA) a lo largo del río Gascón es la que más afecta con 35,20 % de influencia (figura 4), lo cual coincide con los valores de concentración obtenidos para el ciclo del nitrógeno, el oxígeno disuelto y la demanda química de oxígeno. Las descargas de aguas residuales domésticas que recibe el río durante su recorrido, provocan una disminución del oxígeno disuelto con el correspondiente aumento de la demanda química de oxígeno. Por otro lado, el nitrógeno presente (como nitrógeno orgánico amoniacal) se transforma por oxidación en nitritos y nitratos ⁽²⁶⁻²⁷⁾ lo que trae como consecuencia que las concentraciones de estos iones aumenten por encima de la máxima admisible (de 3 a 45 mgL⁻¹, respectivamente); considerándose aguas de mala calidad. La presencia tanto de nitratos como nitritos confirma la contaminación albañal (NO₃⁻) y fecal (NO₂⁻) a lo largo del río.⁽²⁷⁾ La acción de acumulación de residuos sólidos (ARS), con un 33,64 %, es la segunda más afectada debido al aumento de los asentamientos poblacionales en la zona.

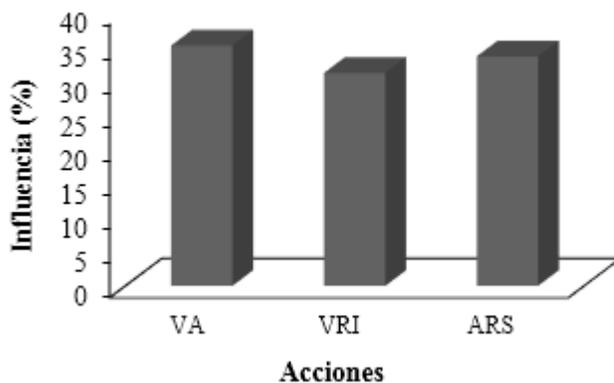


Fig. 4 - Influencia de acciones de impacto ambiental identificados por la matriz de importancia Conesa para el río Gascón, Cuba

La salud e higiene (F6) (17,09 %) fue el factor más elevado en el parámetro de afectación (figura 5), lo cual está dado por la elevada contaminación de las aguas del río Gascón y el gran número de personas que emplean el agua para riego, pesca, baño y consumo; le siguen las aguas superficiales (f1) (16,93%), el paisaje (F7) (16,09%) y las relaciones ecológicas (F5) (13,83%), y en menor cuantía el suelo (f3), la vegetación (f2) y la fauna (F4) (figura 5).

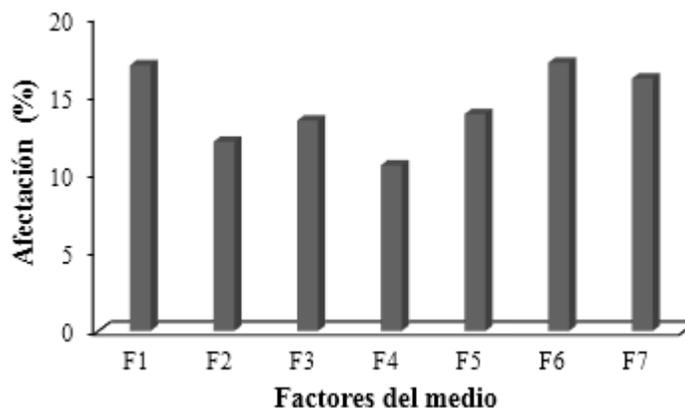


Fig. 5 - Afectación de factores ambientales identificados por la matriz de importancia Conesa para el río Gascón (Cuba)

El análisis de la figura 6, evidencia la Influencia del vertimiento de aguas residuales industriales (VRI) que afecta mayoritariamente las aguas superficiales (F1), el suelo (F3) y el paisaje (F7) del río Los Guaos, lo cual se debe fundamentalmente al Centro Genético Porcino y la Cantera Los Guaos, que llegan al río con alto contenido de materia orgánica e inorgánica. Por otro lado, esta carga contaminante se deposita en el lecho y en las orillas del río, disminuyendo la calidad visual del entorno.⁽²⁶⁾ La acumulación de residuos sólidos (ARS) afecta la vegetación y la fauna (F2 y F4) mientras que el vertido de aguas residuales domésticas y la acumulación de residuos sólidos afectan de igual forma a las relaciones ecológicas (F5). La salud e higiene (F6) está afectada por el vertido de aguas residuales domésticas (VA) las cuales transportan un alto contenido de coliformes que representa un serio peligro para la salud de las personas que emplean el agua del río Los Guaos para uso doméstico.⁽²⁸⁾

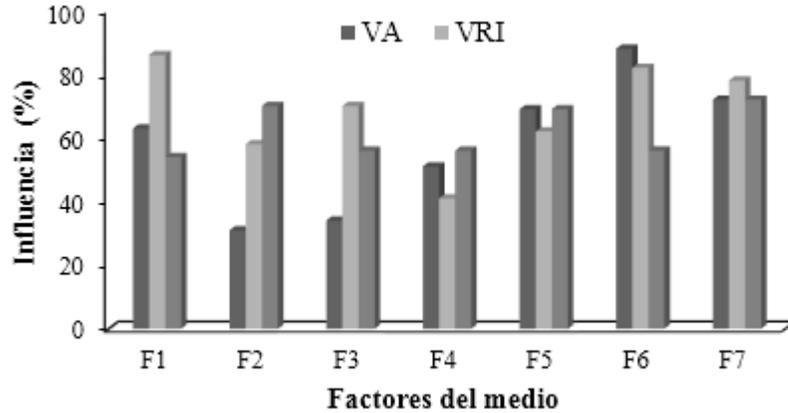


Fig. 6 - Influencia de factores ambientales identificados a través de la matriz de importancia Conesa para el río Los Guaos (Cuba)

En el río Los Guaos el vertido de residuales industriales (VRI) (36,19 %) fue el más importante (figura 7), presentándose un comportamiento diferente al que ocurre en el río Gascón, donde los mayores impactos son generados por el vertido de aguas residuales domésticas (VA) y la acumulación de residuos (ARS). Esto se debe al alto poder contaminante que tienen los residuales del Centro Genético Porcino. Como resultado del impacto de las acciones contaminantes, los factores más afectados son salud e higiene (F6) (17,15%), paisaje (F7) (16,84%), relaciones ecológicas (F5) (15,40 %) y aguas superficiales (F1) (15,17%) (figura 8).

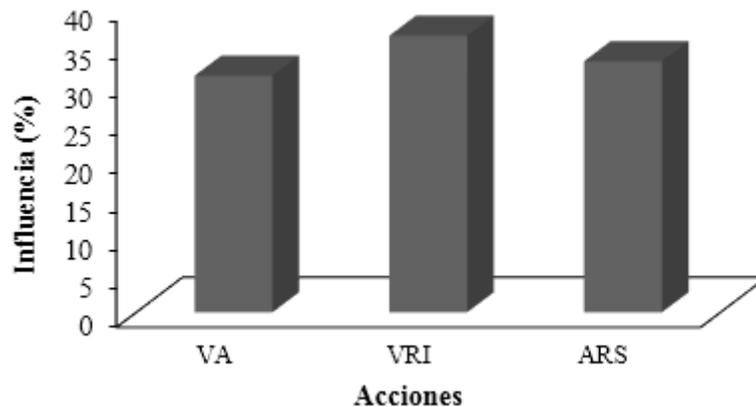


Fig. 7 - Influencia de acciones de impacto ambiental identificados por la matriz de importancia Conesa para el río Los Guaos (Cuba)

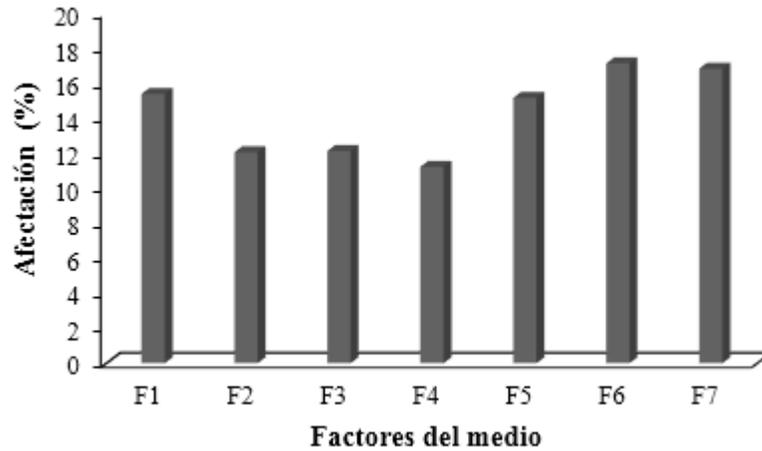


Fig. 8 - Afectación de factores ambientales identificados por la matriz de importancia Conesa para el río Los Guaos (Cuba)

Si se realiza una comparación entre los ríos Gascón y Los Guaos perteneciente a esta cuenca hidrográfica, se puede plantear que el río Los Guaos es el más contaminado con un impacto total de 1318 mientras que en el río Gascón fue de 1193 (figura 9), de ahí que el río Los Guaos es el que mayor deterioro ambiental provoca en la cuenca.

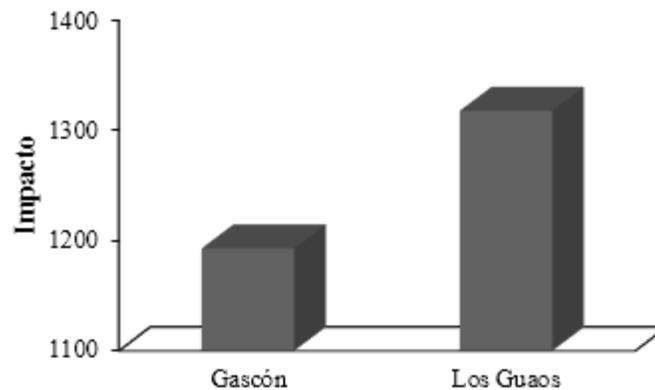


Fig. 9 - Impacto de las acciones vertido de residuales domésticos, vertido de residuales industriales y acumulación de residuos en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón

Al finalizar la investigación se le notificó a la autoridad competente los resultados obtenidos y la propuesta de medidas a tener en cuenta por las empresas y organismos, así como por la comunidad para mitigar las afectaciones detectadas.

Conclusiones

La cuenca hidrográfica Guaos-Gascón está afectada por el vertido de residuales domésticos, vertido de residuales industriales y acumulación de residuos sólidos. Los factores del medio más agredidos son la salud e higiene, las aguas superficiales y el paisaje. El río Los Guaos aporta la mayor carga contaminante a la cuenca.

Referencias bibliográficas

1. MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE CUBA (CITMA). *Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020*. La Habana: Editorial GEO. 2016.
2. DÍAZ, J. "El agua en Cuba: un desafío a la sostenibilidad". *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 2018, **39**, 46-59. ISSN: 1680-0338.
3. MARAÑÓN-REYES, A., PÉREZ-POMPA, N., DIP-GANDARILLA, A., GONZÁLEZ-MARAÑÓN, A., PÉREZ-SILVA, R., RUIZ-ESTRELLA, A. "Evaluación temporal de la calidad de las aguas del río Los Guaos de Santiago de Cuba". *Revista Cubana de Química*. 2014, **26**, 115-125. ISSN: 2224-5421
4. MOSCOSO, L., MONTEALEGRE, J. "Propuesta de un modelo para evaluar impactos asociados al componente flora en proyectos de desarrollo". *Revista Producción + Limpia*. 2015, **10**, 69-79. ISSN: 1909-0455.
5. SCHIJVEN, J., FORET, J., BOUWKNEGT, M., TANGENA, B., CHARDON, J., TEUNIS, P. "Evaluation of exposure scenarios on intentional microbiological contamination in a drinking water distribution network". *Water Research*. 2016, **96**, 148-154. ISSN: 0043-1354.

6. MILÁN, J.A. *Estudios Ambientales Urbano-Territoriales*. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. 2004. disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/9.06.pdf>. Fecha de revisión: julio de 2018.
7. ARADA, M., GARRIDO, D., ACEBAL, A. "Evaluación de metales pesados e impacto ambiental en los pozos "Rive Fuente" y "Bárbara" del poblado El Cobre". *Revista Cubana de Química*. 2018, **30**, 68-76. ISSN: 2224-5421.
8. ARBOLEDA, J. *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia, 2008. Disponible en: https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1. Fecha de revisión: noviembre de 2017.
9. VALE-CAPDEVILA, R. M, PÉREZ- SILVA, R. M, RAMÍREZ- GOTARIO, M. "Valoración del impacto ambiental en una productora de aceites y grasas lubricantes". *Revista Cubana de Química*. 2016, **28** (2), 736-750. ISSN: 2224-5421.
10. LIJTEROFF, R., GIORDA, E. C., DÁVILA, S. A. "Identificación y valoración de aspectos e impactos ambientales en la Dirección Nacional de Vialidad, Distrito San Luis, Argentina. Un caso de estudio". *Gestión y Ambiente*. 2018, **21**(1), 22-30. ISSN: 2357-5905.
11. PÉREZ, N., MARAÑÓN, A., BERMÚDEZ, R.C., AGUILERA, I., CUMBÁ, F., ÁBALOS, A. "Análisis y caracterización de las aguas residuales de la refinería Hermanos Díaz". *Revista Cubana de Química*. 2005, **XVII** (3), 34. ISSN: 0258-5995.
12. GONZÁLEZ-MARAÑÓN, A., MARAÑÓN-REYES, A., PÉREZ-POMPA, N., REYES-TUR, B., DÍAZ-AGUIRRE, S., PÉREZ-SILVA, R., RUIZ-ESTRELLA, A. "Influencia del cierre de la Mina Grande en la calidad de las aguas del río Cobre de Santiago de Cuba". *Revista Cubana de Química*. 2009. **11**, 37-44. ISSN: 2224-5421.
13. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 5667-1, *Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques*. Tercera Edición. Ginebra, Suiza. 2006. ISBN: 92-4-154696-4.

14. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 5667-3, *Water quality - Sampling - Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples*. Tercera Edición. Ginebra, Suiza. 2006. ISBN: 92-4-154696-4.
15. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 5667-9, *Water quality - Sampling - Part 9: Guidance on sampling from marine waters*. Tercera Edición. Ginebra, Suiza. 2006. ISBN: 92-4-154696-4.
16. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 5667-10, *Water quality - Sampling - Part 10: Guidance on sampling of waste waters*. Tercera Edición. Ginebra, Suiza. 2006. ISBN: 92-4-154696-4.
17. RICE, E., BAIRD, R., EATON, A. (Eds.) *Standard methods for examination of water and wastewater*. 23a ed. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, Washington, DC., 2017. ISBN: 9780875532875.
18. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. NC/CTN 3 DE GESTIÓN AMBIENTAL. Agua potable. Requisitos sanitarios, NC 827:2012. 2da Edición. La Habana, Cuba, 2012.
19. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. NC/CTN 3 DE GESTIÓN AMBIENTAL. Fuentes de abastecimiento de agua, NC 1021:2014, La Habana, Cuba, 2014.
20. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. NC/CTN 3 DE GESTIÓN AMBIENTAL. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones, NC 25:1999, La Habana, Cuba, 1999.
21. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. NC/CTN 3 DE GESTIÓN AMBIENTAL. Lugares de baño encostas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios, NC 22:1999, La Habana, Cuba, 1999.
22. CONESA, V. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa, 2010. ISBN: 9788484763840.

23. MAGAÑA, L., GONZÁLEZ, Y., NÁPOLES, L., OJEDA, E. “Diagnóstico ambiental preliminar y oportunidades de prevención de la contaminación en la Fábrica de Helados Mayarí. Cuba”. *Revista Tecnología Química*. 2019, **39**(1), 105-116. ISSN: 2224-6185.
24. ARIAS, T. “Caracterización de algunas de las principales fuentes contaminantes de la bahía de Santiago de Cuba y sus consecuencias en el Medio Ambiente”. *Revista Tecnología Química*. 2008, **27**, 79-89. ISSN: 2224-6185.
25. ÁLVAREZ, S. “Manejo de desechos peligrosos en cuba. Situación actual y perspectivas”. *Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo*. 2005, **5**(9), disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/9.06.pdf>. Fecha de revisión: noviembre de 2017
26. SARDIÑAS, O., CHIROLES, S., FENÁNDEZ, M., HERNÁNDEZ, Y., PERÉZ, A. “Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba)”. *Higiene y Sanidad Ambiental*. 2006, 202-206. ISSN: 1579-1734.
27. BRENES, R., CADENA, A., RUIZ-GUERRERO, R. “Monitoreo de la concentración de nitrato en el acuífero del Valle de Puebla”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2011, **27**(4), 313-321. ISSN: 0188-4999.
28. ITURRALDE, M., MARTÍN, J., GARCÍA, R., SAYAS, A. Las aguas contaminadas. Protege a tu Familia 1. Red Cubana de Ciencias, La Habana, Cuba, pp. 19-21.2013, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283255339_2011_Iturralde_Folleto_1_Aguas_contaminadas. Fecha de revisión: octubre de 2016.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Alina González Marañón: Diseño metodológico de la investigación, análisis de resultados y redacción del manuscrito.

Israel Palacios Mulgado: experimentación y análisis de resultados.

Arelis Ábalos Rodríguez: redacción y revisión del manuscrito.