

01

Fecha de presentación: septiembre, 2020

Fecha de aceptación: octubre, 2020

Fecha de publicación: diciembre, 2020

IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS DE LA URBANIZACIÓN EN LA LOCALIDAD RESIDENCIAL DEL RÍO QUEVEDO, ECUADOR

NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE URBANIZATION IN THE RESIDENTIAL LOCATION OF RÍO QUEVEDO, ECUADOR

Juan Pio Salazar Arias¹

E-mail: juan.salazar0@utc.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1609-0085>

Lenin Lucas Guanoquiza Tello¹

E-mail: lenin.guanoquiza@utc.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2809-2608>

Misterbino Borges García¹

E-mail: mborgesg@udg.co.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2052-7294>

Edwin Washinton Lasluisa Cabascango¹

E-mail: bnderfriuh@hotmail.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1495-5911>

Vladimir Marconi Ortiz Bustamante¹

E-mail: vladimirortizbustamante@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3512-9122>

Juan José Reyes Pérez¹

E-mail: jjreyesp1981@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador.

² Universidad de Granma. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Salazar Arias, J. P., Guanoquiza Tello, L. L., Borges García, M., Lasluisa Cabascango, E. W., Ortiz Bustamante, V. M., & Reyes Pérez, J. J. (2020). Impactos ambientales negativos de la urbanización en la localidad residencial del Río Quevedo, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 6-12.

RESUMEN

Las descargas domésticas, industriales y agrícolas sin tratamiento previo constituyen las principales fuentes de contaminación en el río Quevedo, Ecuador. La investigación tuvo como objetivo diseñar un plan de manejo ambiental que mitigue el impacto negativo de las contaminaciones domésticas, industriales y agrícolas sin previo tratamiento en la localidad residencial en el río Quevedo. Se evaluó la percepción social con enfoque participativo, los principales indicadores socioeconómicos y ambientales que influyen en la calidad del agua. Se valoró la percepción social de los ciudadanos de Quevedo sobre el impacto negativo de la urbanización hacia su recurso hídrico más importante, se empleó el método de encuesta, recopilación de datos, revisión de informes y otros documentos. Se desarrolló una investigación cualitativa, descriptiva y exploratoria para la caracterización de los indicadores socioeconómicos. Los indicadores ambientales se basaron en el componente ambiental agua y la diversidad de fauna acuática, específicamente macroinvertebrados. La percepción social sobre la calidad del agua del río Quevedo indicó la necesidad de auditorías y planes de gestión ambiental para remediar la contaminación de las aguas. Los indicadores físico-químicos y biológicos a partir de las familias de macroinvertebrados presentes, demostraron la contaminación del agua del río Quevedo, ocasionada por las descargas de aguas residuales de la zona urbana, entre otros factores contaminantes. Los impactos negativos derivados de la urbanización representaron el 74.8% sobre el ecosistema del río y el ambiente. Se diseñó un plan de manejo ambiental con 36 medidas correctoras y cuatro mecanismos de compensación de la biodiversidad.

Palabras clave:

Contaminación ambiental, enfoque participativo, impacto ambiental, indicadores ambientales, percepción social.

ABSTRACT

The domestic, industrial and agricultural discharges without previous treatment constitute the main sources of contamination in the Quevedo river, Ecuador. The design a plan of environmental handling to mitigate the negative impact of the domestic, industrial and agricultural contaminations without previous treatment in the residential town in the Quevedo river was carried out. The social perception with participate focus, the main socioeconomic and environmental indicators that influence in the quality of the water were evaluated. In the social perception of the citizens of Quevedo on the negative impact of the urbanization toward their water resource most important, with focus participative, the survey method, summary of data, revision of reports and another documents were used. A qualitative, descriptive and exploratory investigation was used for the characterization of the socioeconomic indicators. The environmental indicators were based on the environmental component water and the diversity of aquatic fauna, specifically macroinvertebrados. The social perception about the quality of the water of the river Quevedo indicated the necessity of audits and plans of environmental administration to remedy the contamination of the waters. The physical-chemical and biological indicators starting from the families of present macroinvertebrados, demonstrated the contamination of the water of the Quevedo river, caused by the discharges of residual waters of the urban area, among other polluting factors. The derived negative impacts of the urbanization represented 74.8% on the ecosystem of the river and the atmosphere. A plan of environmental handling was designed with 36 corrective measured and four mechanisms of biodiversity compensation.

Keywords:

Environmental contamination, focus participative, environmental impact, environmental indicators, social perception.

INTRODUCCIÓN

La urbanización ha promovido el desarrollo de la civilización humana y se ha vuelto cada vez más importante en el progreso humano. Sin embargo, la aceleración de la urbanización también tiene efectos negativos, especialmente en la destrucción de los recursos naturales y la contaminación del ambiente, por ejemplo, la contaminación del agua. Las actividades humanas asociadas a la urbanización, como la agricultura, la expansión residencial, el desarrollo de embalses así como las alteraciones hidrológicas de los cuerpos de agua pueden cambiar las condiciones ambientales del agua y afectar así su uso para el consumo humano (Damanik, et al., 2016). La contaminación de las cuencas hídricas produce pérdida de biodiversidad teniendo implicaciones como disminución de la resiliencia, simplificación del sistema y pérdida de integridad ecológica (Gualdoni & Oberto, 2012).

En Ecuador, la provincia Los Ríos posee numerosos cursos fluviales en los que se asienta una importante población que vierte en ellos sus desechos domésticos e industriales, sometiendo a los ríos a distintos tipos de contaminación. El río Quevedo se contamina por actividades relacionadas con los asentamientos humanos, agricultura (uso de productos químicos) e industria (vertimiento de efluentes y lubricantes), provocando pérdida de la biodiversidad y disminución de la calidad ambiental del recurso hídrico. Aunque se conoce esta situación, continúa avanzando el daño medioambiental sin una previsión del creciente proceso irreversible que se avecina debido al deterioro del recurso hídrico a nivel nacional.

La situación actual sobre la disposición final de las aguas residuales generadas en la zona de Quevedo ha alcanzado niveles preocupantes, debido a que todo el sistema de recolección de aguas servidas desemboca en caudales naturales sin previo tratamiento; un ejemplo es el deterioro de la calidad de agua del río Quevedo y los esteros Guayil, Macache y El Atascoso, cuyas características hidromorfológicas y propiedades fisicoquímicas se han deteriorado (Pazmiño, et al., 2018).

El ser humano requiere un mínimo de tres litros de agua potable por día para consumo y un total de veinte litros de agua potable, para las actividades antropogénicas. Ecuador presenta la gran ventaja de disponer agua dulce 22 500 m³/hab/año, lo cual es superior a 1 000 m³/hab/año considerados por la (OMS) Organización Mundial de la Salud y 1 700 m³/año/hab.

Bajo este escenario la Constitución de la República de Ecuador 2008 y el Plan Nacional del Buen

Vivir 2013-2017, garantizan el uso y aprovechamiento para los seres vivos (salud y vida), así como el cuidado de este recurso, por lo cual hay que cuidar y darle un buen uso (Baque, et al., 2016).

En la última década la cantidad y la calidad de los recursos hídricos han disminuido significativamente, y se prevé el empeoramiento de las condiciones de las aguas superficiales a mediano y largo plazo. Este escenario ha configurado un importante problema ambiental relacionado con la calidad del agua en el cantón Quevedo, debido a que las descargas domésticas, industriales y agrícolas sin tratamiento previo constituyen las principales fuentes de

contaminación hídrica en el cantón y el país (SENPLADES, 2013).

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar un plan de manejo ambiental que mitigue el impacto negativo de las contaminaciones domésticas, industriales y agrícolas sin previo tratamiento derivadas de la urbanización en la localidad residencial del río Quevedo, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Quevedo, provincia Los Ríos, Ecuador en el periodo de enero de 2018 hasta febrero 2019. Quevedo es la ciudad más grande y poblada de la provincia Los Ríos.

Para evaluar la percepción social de los ciudadanos de Quevedo sobre el impacto negativo de la urbanización hacia su recurso hídrico más importante, con enfoque participativo, se emplearon los métodos de encuesta, recopilación de datos, revisión de informes y otros documentos. El cantón Quevedo tiene una población de 173 575 habitantes en las áreas urbana y rural. Se aplicó una encuesta descriptiva de respuesta cerrada a una muestra poblacional de 400 habitantes, seleccionados aleatoriamente. Esta investigación fue cualitativa, descriptiva y exploratoria, ya que buscó identificar y describir las características del componente socioeconómico y analizarlo para obtener información actualizada del área de estudio.

Para la caracterización de indicadores ambientales se trabajó con el componente ambiental agua y la diversidad de fauna acuática, específicamente macroinvertebrados acuáticos, que se utilizan actualmente como indicadores ecológicos de calidad de las aguas (Damanik, et al., 2016).

Se determinaron las características de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados: abundancia, riqueza, diversidad y dominancia. La abundancia y riqueza se determinó siguiendo la metodología utilizada por Guerrero (2010), citado por Pillasagua (2018). Se calculó la diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener (H) y la dominancia a través del índice de Simpson en el programa Infostat (Di Rienzo, et al., 2017).

Se utilizó una matriz de causa-efecto o Matriz de Leopold (Estevan Bolea, 1984) para evaluar el impacto ambiental. Este método consistió en la disposición en filas de los factores ambientales que pueden afectarse y como columnas los componentes de la urbanización que causen impactos. En la construcción de la matriz se siguieron siete pasos:

1. Se identificaron los componentes de la urbanización que producen impactos.
2. Se identificaron todos los componentes ambientales afectados.
3. Se marcaron las celdas de cruce en las que se produjo un impacto, y se dividieron en dos.
4. Se colocó en celda superior un número del 1 al 10 que indicó la magnitud del impacto (10 representó el mayor y 1 el menor impacto). Si el impacto era beneficioso se colocó el signo + y el - si era perjudicial.
5. En la celda inferior se colocó un número del 1 al 10 que indicó la importancia del impacto.

6. Se sumaron los valores positivos por filas y columnas.

7. Se describió el significado de las interrelaciones y efectos identificados en la matriz.

Se elaboró un plan de manejo ambiental que incluyó medidas preventivas y/o correctivas, requeridas según la legislación ambiental vigente y en función de los resultados de la evaluación de impacto ambiental.

Se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk a los datos obtenidos de los parámetros físico-químicos durante cuatro muestreos periódicos cada 10 días, y se midieron in situ: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos disueltos totales (STD) mediante un medidor multiparamétrico (Hanna HI 9829). También esta prueba se aplicó al índice de diversidad y el índice biológico de calidad hídrica Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col) de acuerdo a la escala adaptada para Colombia por Roldán (2003). Para determinar si existían diferencias en la calidad del agua entre los dos puntos de muestreo, el primer punto de muestreo estuvo influenciado con descargas de efluentes residenciales de corriente rápida (1°01'23.43"S, 79°27'53.34"W) y el segundo punto se ubicó en una zona de descargas a la salida de la ciudad, con corriente lenta (1°00'32.39"S, 79°27'16.38"W), medida a través del índice de Calidad BMWP-Col, se usó la prueba t-Student. Para el procesamiento de los datos de las encuestas se utilizó un análisis de agrupamiento por clasificación ascendente jerárquico. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significación de $P \leq 0.05$ en paquete estadístico Infostat (Di Rienzo, et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ciudadanos de Quevedo indicaron con mayor frecuencia (60%) que desconocen la calidad del agua del río Quevedo. Asimismo, reconocieron que todos los contaminantes de la urbanización dañan a este ecosistema, pero igualmente indicaron que la información y gestión es insuficiente. El 60% de los encuestados desconoce las enfermedades que han provocado estas aguas contaminadas a las personas, y el 80% no está de acuerdo en vivir en un ambiente contaminado. El 84 y 76% de los ciudadanos encuestados consideraron necesario el cumplimiento de planes de manejo y auditorías, así como la ejecución de planes de remediación de las aguas respectivamente, para revertir este proceso de contaminación del río Quevedo.

En el análisis de clasificación ascendente jerárquico arrojó dos clases en las que se agruparon las preguntas de la encuesta según su similitud (Tabla 1). En la clase 1 se agruparon las preguntas que tuvieron la mayor varianza intraclase (62.0) y la menor distancia al centroide (1.73). Se agruparon en esta clase las preguntas 1, 4 y 11 relacionadas con el conocimiento actual de la población sobre el estado o calidad de las aguas del río Quevedo, de las causas de la contaminación del mismo y de la necesidad del cumplimiento de planes de manejo ambiental y auditorías para disminuir el impacto ambiental. En la clase 2 se agruparon el resto de las preguntas, con mayor distancia mínima, media máxima al centroide, según los criterios participativos de la ciudadanía.

Tabla 1. Clasificación ascendente jerárquico por cada clase de agrupación en la localidad residencial del río Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

| Clase | 1 | 2 |
|-------------------------------|-------|-------|
| Varianza intraclase | 62.00 | 52.83 |
| Distancia mínima al centroide | 1.73 | 2.39 |
| Distancia media al centroide | 5.76 | 6.40 |
| Distancia máxima al centroide | 8.06 | 11.01 |
| Preguntas en cada clase | P1 | P2 |
| | P4 | P3 |
| | P11 | P5 |
| | | P6 |
| | | P7 |
| | | P8 |
| | | P9 |
| | | P10 |
| | | P12 |

No se encontraron diferencias entre los resultados de los parámetros físico-químicos del agua para los dos puntos de muestreo (Tabla 2). Los valores promedio para estos parámetros estuvieron muy cercanos a los límites establecidos en las normativas vigentes (Acuerdo 097 y Agencia de Protección del Medio Ambiente, APM) (Baquero et al., 2016) con excepción de los sólidos disueltos totales que excede el límite permisible. Esto indica que los niveles de contaminación son altos, debido a la cantidad de sólidos totales disueltos (STD) y el oxígeno disuelto (OD). Estos valores son similares a los reportados por Valverde, et al. (2009), en sitios con descargas de zonas urbanas, en la quebrada La Ayurá, Colombia.

Tabla 2. Indicadores físico-químicos de la calidad del agua en la localidad residencial del río Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

| | Indicadores físico-químicos (mgL-1) | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | Oxígeno disuelto (OD) | Demanda biológica de oxígeno (DBO) | Demanda química de oxígeno (DQO) | Sólidos disueltos totales (STD-ppm) |
| Punto muestreo 1 | 5.78±0.7 | 1.38±0.2 | 17.06±2.3 | 113.9±0.8 |
| Punto muestreo 2 | 6.04±0.9 | 1.39±0.3 | 17.57±1.7 | 112.37±2.2 |
| Promedio | 5.91±0.8 | 1.38±0.2 | 17.31±1.9 | 113.18±1.8 |
| T Student | -0.59 | -0.06 | -0.47 | 1.83 |
| p | 0.56 | 0.94 | 0.64 | 0.11 |
| Normativa Acuerdo 097 | No menor a 5 mgL-1 | | <20 | |
| EPA | | | | 100 |

Los resultados del OD y STD de la presente investigación son semejantes a los obtenidos por Figueroa et al. (2003)

los cuales registraron valores similares de OD (6.61 ± 1.51), DQO (12.84 ± 3.17) y DBO (2.31 ± 1.96), en el sur de Chile.

Sin embargo, Montoya (2008) para la zona urbana de la microcuenca Cimarronas, Colombia en el rango $5.02\text{--}6.11 \text{ mgL}^{-1}$ y $13\text{--}191 \text{ mgL}^{-1}$, mientras que para suelos urbano-industriales. En la ciudad de Quevedo, Yépez, et al. (2017), informaron resultados similares para estos parámetros analizados, pero menores en el caso de los sólidos disueltos totales.

Se colectaron en el río Quevedo un total de 6 892 macroinvertebrados acuáticos, 5 936 individuos en el punto 1 de muestreo y 956 individuos en el punto 2 a la salida de la ciudad. Estos organismos colectados pertenecieron a cinco *Phylum*, ocho clases, nueve órdenes y 14 familias. La riqueza observada en el punto 1 fue de 11 familias y en el punto 2 se registraron 14 (Tabla 4).

Tabla 3. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos colectados en la zona urbana que atraviesa el río Quevedo, Los Ríos, Ecuador en el período noviembre-diciembre de 2018.

| Orden | Familia | Media | SD | Min | Max | Total |
|------------|-----------------|-------|-----|-----|-----|-------|
| Anisoptera | Libellulidae | 9.0 | 2.2 | 0 | 6 | 18 |
| Amphipoda | Hyaellidae | 15.5 | 2.2 | 2 | 9 | 31 |
| Coleoptera | Elmidae | 8.5 | 1.5 | 0 | 4 | 17 |
| Coleoptera | Psephenidae | 2.0 | 0.8 | 0 | 2 | 4 |
| Diptera | Ceratopogonidae | 16.5 | 3.6 | 1 | 10 | 33 |
| Diptera | Chironomidae | 8.0 | 1.7 | 0 | 5 | 16 |
| Diptera | Simuliidae | 5.0 | 1.9 | 0 | 5 | 10 |
| Diptera | Tipulidae | 3.5 | 1.5 | 0 | 4 | 7 |

| | | | | | | |
|----------------|----------------|---------|---------|-----|-------|-------|
| Ephemeroptera | Baetidae | 15.5 | 6.4 | 0 | 16 | 31 |
| Haptotaxida | Tubificidae | 3 221.5 | 1 332.0 | 129 | 4 012 | 6 443 |
| Plecoptera | Perlidae | 13.5 | 4.2 | 0 | 11 | 27 |
| Pulmonata | Lymnaeidae | 51.5 | 11.9 | 0 | 31 | 103 |
| Rynchobdellida | Glossiphonidae | 70.0 | 15.1 | 2 | 44 | 140 |
| Seriata | Planariidae | 6.0 | 0.8 | 1 | 3 | 12 |
| Total | | | | | | 6 892 |

DS: desviación estándar, Min: mínimo, Max: máximo.

De forma general, las familias Tubificidae, Glossiphonidae y Lymnaeidae fueron las más abundantes, representando el 97% del total de macroinvertebrados colectados (Tabla 3). La tendencia de dominancia de estas familias fue similar en ambos puntos de muestreo y coincide, particularmente la alta abundancia de Tubificidae, con resultados de estudios realizados en otros ecosistemas acuáticos con influencia de descargas urbanas en Colombia (Valverde, et al., 2009). Sin embargo, un estudio realizado en la cuenca del río Guayas, Ecuador, indicó que aunque existe un alto número de localidades con contaminación muy alta, la familia Tubificidae fue poco abundante (Damanik, et al., 2016). La familia Tubificidae es característica de sistemas eutrofizados de abundante materia orgánica en descomposición, presentes en zonas de contaminación alta (Roldán, 2003).

El índice de dominancia de Simpson (1-D) fue mayor en el segundo punto de muestreo (0.39 ± 0.06), con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Tabla 3). Portilla (2015), registró valores de dominancia entre 0.17–0.62, los cuales fueron superiores en estaciones de monitoreo correspondientes a zonas urbanas. En este sentido Herbas, et al., (2006) demostraron que las diferencias en la dominancia entre sitios de muestreo podrían estar influenciadas por las condiciones del ambiente acuático.

Tabla 4. Índices de diversidad y calidad de agua de las familias de macroinvertebrados en la localidad residencial del río Quevedo en el período noviembre - diciembre de 2018.

| Estadísticos | Punto de muestreo 1 | | | Punto de muestreo 2 | | | p |
|--------------------|---------------------|------|------|---------------------|------|------|------|
| | Media \pm SD | Min | Max | Media \pm SD | Min | Max | |
| Índice Shannon (H) | 0.43b \pm 0.29 | 0.11 | 0.74 | 0.99a \pm 0.18 | 0.75 | 1.25 | 0.03 |
| Índice Simpson | 0.18b \pm 0.13 | 0.04 | 0.32 | 0.39a \pm 0.06 | 0.31 | 0.49 | 0.05 |
| Riqueza observada | 11 | - | - | 14 | - | - | |
| BMWP-Col | 20.3b \pm 7.0 | 10 | 26 | 37.3a \pm 6.4 | 29 | 44 | 0.01 |

Letras distintas por filas difieren significativamente según prueba t de student

De forma general, los residuos sólidos ocasionan impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada y por la cantidad generada. Para mitigar esta problemática es obligatorio implementar un programa de gestión integral de residuos sólidos que incluya todas las etapas desde la separación inicial hasta la transformación y/o disposición final. También podrían emplearse técnicas de aprovechamiento de los residuos orgánicos como la composta, que se emplee para la fertilización de jardines y zonas verdes. Esto contribuiría con la responsabilidad social y ambiental de separación

y aprovechamiento de los residuos orgánicos (Burgos, et al., 2017).

El número de impactos negativos arrojó el 74.8%. Esto evidencia que la urbanización tiene un impacto negativo significativo sobre el ambiente, por lo que requiere el cumplimiento de un plan de manejo ambiental.

Para prevenir y/o corregir los impactos ambientales producidos por la urbanización del cantón Quevedo, se diseñaron 36 medidas preventivas y/o correctoras (Tabla 5). Estas medidas tuvieron la finalidad de explotar en mayor medida las oportunidades que brinda el medio en aras de un logro ambiental e incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir. De esta manera se podrían reducir los impactos ocasionados por la urbanización asegurando que las condiciones para mejorar los impactos se puedan consolidar en el tiempo (Rivas, 1998).

Por otra parte, se diseñaron mecanismos de compensación de la biodiversidad, por ser la fauna el componente ambiental que podría verse más afectado. Como estrategia de compensación se propusieron cuatro mecanismos:

1. Proporcionar incentivos de conservación a los propietarios de tierras donde existan fragmentos de bosque nativo que contribuyan como franjas hidrorreguladoras del río Quevedo.
2. Ejecutar un programa de educación ambiental parroquial y en las escuelas de la ciudad.
3. Establecer un programa de pago de servicios ambientales, que beneficie a la mayor cantidad de propietarios posibles para garantizar la permanencia de recursos naturales en buen estado.
4. Realizar la reforestación, establecimiento y fortalecimiento de corredores biológicos y de fragmentos boscosos, establecimiento de viveros y áreas verdes dentro de la ciudad.

El aumento de la urbanización puede causar graves daños ecológicos, lo que aumenta los riesgos ecológicos en áreas regionales y locales (Brunori, et al., 2016). Los riesgos ecológicos urbanos se refieren a los efectos adversos potenciales en las funciones, estructura y servicios de los sistemas ecológicos urbanos, así como en el entorno de vida debido a la urbanización y los eventos naturales (Hua, et al., 2017).

La conversión a otros tipos de uso de suelo causada por la expansión de la urbanización, es el factor estresante más frecuente en los sistemas ecológicos. Desde la perspectiva de la prevención de riesgos e impactos, el riesgo ecológico dada la urbanización, refleja los efectos adversos que están ocurriendo actualmente o que pueden ocurrir en el futuro (Liao, et al., 2018).

Una estrategia que incorpore el uso de imágenes históricas del uso de suelo y los sensores remotos, podría desarrollar índices de riesgo ecológico para predecir los futuros impactos ambientales. Además, los elementos básicos de una política que incorpore los principios de sustentabilidad ecológica, social, cultural y económica, deben ser: el planeamiento explícito, como instrumento de prevención y regulación en el uso del medio y los recursos; la respuesta tecnológica, como instrumento de eficiencia y como recurso complementario para la debida transformación y modelado de la naturaleza; la educación ambiental y la información, como instrumentos de culturización y creación de responsabilidades; la organización comunitaria, como instrumento de adaptación y adecuación del sistema social con base democrática; y la acción legal y jurídica, como instrumento de legalización y control de los derechos, deberes y acciones del hombre sobre el medio. La reducción de la vulnerabilidad debe ser un propósito explícito del desarrollo, dado que la misma no es otra cosa que un déficit de las condiciones y la calidad de vida de la población. En consecuencia, la prevención y la mitigación son una estrategia fundamental e ineludible para lograr un desarrollo sostenible (López Arboláez & Quintero Sagre, 2015).

Tabla 5. Medidas preventivas y/o correctoras para disminuir el impacto ambiental negativo de la urbanización en la localidad residencial del río Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

| Componentes | Medidas preventivas y/o correctoras |
|---------------------|---|
| Aire | <ul style="list-style-type: none"> - Programas de control y vigilancia de la calidad del aire - Planificación del uso del suelo - Creación de cinturones verdes alrededor de las instalaciones e infraestructuras y de las riveras del río (franjas hidrorreguladoras) |
| Aguas superficiales | <ul style="list-style-type: none"> - Reducción del volumen de vertidos y de su carga contaminante - Implementación de instalaciones de tratamiento de vertidos - Eliminación de aguas residuales sin recurrir a su tratamiento (dilución, concentración, inyección en el terreno, aplicación al suelo) |
| Aguas subterráneas | <ul style="list-style-type: none"> - Normativa para la construcción de pozos - Impermeabilización - Drenaje somero - Intercepción de contaminantes |
| Aguas de consumo | <ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento adecuado de las instalaciones de distribución de agua - Revisión periódica y reparación o cambio de grifos en mal estado - Instalación de válvulas limitadoras de caudal |

| | |
|--------------------|--|
| Suelo | <ul style="list-style-type: none"> - Medidas de control de la erosión (barreras, disminución de cárcavas, bajantes de agua, cavado de zanjas) - Recuperación de manto vegetal - Prevención de inundaciones - Aumento de la profundidad del suelo (rotura de costras duras) - Reforestación - Planificación de los usos del suelo |
| Fauna | <ul style="list-style-type: none"> - Planes de protección y conservación de la fauna - Protección contra pesca ilegal - Protección contra plagas y enfermedades - Prevención y/o control de especies exóticas invasoras - Elaboración de planes racionales de pesca |
| Paisaje | <ul style="list-style-type: none"> - Medidas de diseño que se adapten a la forma del medio - Ubicar las obras de forma tal que no afecten vistas naturales importantes - Medidas sobre la vegetación, cubriendo terraplenes y áreas con vegetación destruida por obras - Incentivar la siembra de árboles y jardines (espacios verdes) en los parques ciudadanos |
| Valores culturales | <ul style="list-style-type: none"> - Planificación histórico-cultural de la zona haciendo énfasis en la historia del río Quevedo y los asentamientos humanos asociados a lo largo de la historia - Rehabilitación de zonas de recreación a lo largo del río - Educación y concienciación ciudadana |
| Calidad de vida | <ul style="list-style-type: none"> - Política administrativa para evitar la degradación del cantón - Vigilancia y cuidado por parte de la administración de las zonas degradadas - Creación de medidas alternativas que permitan mantener una determinada calidad de vida |
| Nivel de empleo | <ul style="list-style-type: none"> - Políticas administrativas encaminadas a crear nuevos empleos - Concesión de ventajas administrativas para el personal afectado por las Prohibiciones de pesca (jubilaciones anticipadas, apoyos para Emprendimiento de pequeñas empresas) |

CONCLUSIONES

La percepción social sobre la calidad del agua en la localidad residencial del río Quevedo indicó la necesidad de auditorías y planes de gestión ambiental para remediar la contaminación de las aguas.

Los indicadores físico-químicos y biológicos a partir de las familias de macroinvertebrados presentes, demostraron la contaminación del agua del río Quevedo, ocasionada por las descargas de aguas residuales de la zona urbana, entre otros factores contaminantes.

Se diseñó un plan de manejo ambiental con 36 medidas correctoras y cuatro mecanismos de compensación de la biodiversidad, por ser el agua y la fauna los componentes más afectados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brunori, E., Salvati, L., Mancinelli, R., Smiraglia, D., & Biasi, R. (2016). Multi-temporal land use and cover changing analysis: the environmental impact in Mediterranean area. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 24, 1–13.

Burgos Galeano, C. A., Villalba Cadavid, M. I., Pérez Vergara, D. C., & Arroyo Arango, Álvaro J. (2017). Aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Centro de Comercio, Industria y Turismo (CCIT) del SENA Regional Córdoba para la elaboración de compost. *Revista Sennova: Revista Del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1), 164-181.

Damanik-Ambarita, M. N., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Tien Nguyen, T. H., Eurie Forio, M. A., Musonge, P. S. L., Semjonova, N., Bennetsen, E., Landuyt, D., Dominguez-Granda, L., & Goethals, P. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologia – Ecology and Management of Inland Waters*, 57, 27–59.

Estevan Bolea, M.T. (1984.) *Evaluación de impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.

Gualdoni, C. M., & Oberto, A. M. (2012). Estructura de la comunidad de macroinvertebrados del arroyo Achiras (Córdoba, Argentina): análisis previo a la construcción de una presa. *Iheringia Série Zoológica*, 102(2), 177-186.

- Herbas, R., Rivero, F., Gonzales, R., & Arce, O. (2006). Indicadores Biológicos de calidad del Agua. Universidad Mayor de San Simón.
- Hua, L. Z, Shao, G. F., & Zhao, J. (2017). A concise review of ecological risk assessment for urban ecosystem application associated with rapid urbanization processes. *Journal of Sustainable Development & World Ecology* 24(3), 248-261.
- Liao, J., Jia, Y., Tang, L., Huang, Q., Wang, Y., Huang, N., & Hua, L. (2018). Assessment of urbanization-induced ecological risks in an area with significant ecosystem services based on land use/cover change scenarios. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 25(5), 448-457.
- López Arboláez, D. M., & Quintero Sagre, J., D. (2015). Compensaciones de biodiversidad: experiencias en Latinoamérica y aplicación en el contexto colombiano. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 159-177.
- Pazmiño, J. C., Zambrano, G. L. & Coello, H. A. (2018). Modelización de la calidad del agua del estero Aguas Claras, cantón Quevedo, Ecuador. *DYNA* 85(204), 204-214.
- Portilla, N. (2015). Distribución espacial y temporal de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Cascajo - Garzón (Huila). *Entornos*, 28, 56-75.
- Rivas, H. (1998). Los impactos ambientales en áreas turísticas rurales y propuestas para la sustentabilidad. *Revista Gestión Turística*, 3, 47-75.
- Rivera, J. J., Pinilla, G., & Camacho, D. L. (2013). Macroinvertebrate Trophic Groups in an Andean Wetland of Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 279-292.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. Universidad de Antioquia.
- Valverde, N., Caicedo, O., & Aguirre-Ramirez, N. (2009). Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. *Producción Más Limpia*, 4, 44-60.
- Yépez Rosado, Á., Yanez, Y., Bolívar, Á., Zambrano, U., Pablo, J., Morales Cabezas, D. C., & TayHing, C. C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología* 10(1).