



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

SEDE: "OSCAR LUCERO MOYA"

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

**PROPUESTA DE RENATURALIZACIÓN DEL RÍO JIGÜE DESDE SUS
ORÍGENES HASTA LA AVENIDA MARIANO TORRES**

Autora: Rachel Báez Mejías

HOLGUÍN

2017



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

SEDE: "OSCAR LUCERO MOYA"

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

**PROPUESTA DE RENATURALIZACIÓN DEL RÍO JIGÜE DESDE SUS
ORÍGENES HASTA LA AVENIDA MARIANO TORRES**

Autora: Rachel Báez Mejías

Tutor: MSc. Raymundo Carlo Rodríguez Tejeda

HOLGUÍN

2017

PENSAMIENTO

Una vida próspera debe tener un ideal y un propósito...sin ideales es vana nuestra esperanza de realizar algo de valor. En cambio, si tenemos un propósito definido y la decisión y energías necesarias para cumplirlo, tendremos el triunfo asegurado.

ANÓNIMO

DEDICATORIA

- A Dios por darme la vida, fuerzas, muchas ganas para ser alguien en la vida y acompañarme siempre en los buenos y malos momentos.
- A mi madre y mis abuelos Pucha y Jenové por ser mis guías y modelos a seguir en toda mi vida.
- A mi novio Dany, mi hermano Robert y mi padrastro José Alberto por que han estado siempre a mi lado apoyándome y ayudándome en todo.
- A Ruby, la madre de Liana, a pesar de que no se encuentra entre nosotros siempre estará presente en mi vida.
- A mis amigas Liana, Liena, Glenda, China y Tatiana por haber estado siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTO

- A mi familia por toda la ayuda brindada en todos los años de carrera.
- A mi tutor Raymundo Carlo Rodríguez Tejeda por su apoyo y conocimientos aportados.
- Al profesor Miguel Cruz Cabeza gracias por todo el esfuerzo y tiempo dedicado en la elaboración de este trabajo.
- Al profesor Manuel Menéndez por la contribución en este trabajo.
- A Adriana Nápoles, estudiante de Periodismo, por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.
- A la profesora Maile H. Boza Regueira por la ayuda con los ensayos realizados al agua.
- A Aylín Vargas por la ayuda con los planos de la ciudad de Holguín.
- Al *Ing.* Jorge Suárez por la colaboración con los planos de AutoCAD.
- Al claustro de profesores de la secundaria básica Oscar Ortiz Domínguez que de una forma u otra han aportado sus conocimientos para la realización de este trabajo.
- A todos mis amigos y compañeros de la carrera por todos los momentos compartidos.

Resumen

La renaturalización de ríos con el paso de los años perfecciona sus técnicas para la mejora de los mismos y su ecosistema. Estos muestran deficiencia en la biodiversidad, la calidad del agua, la flora y vegetación y la deforestación. Por lo que en la presente investigación se realiza la propuesta de renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres en la ciudad de Holguín. Se parte de la base de un diagnóstico del río en el tramo de investigación. Se realiza una caracterización física-química del agua. Se miden los parámetros del pH, del cloro, el nitrato y el nitrito que se comparan con la norma NC 1021.2014: "Higiene comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria", donde el nitrito no cumple con los valores normados y el pH, nitrato y cloro se encuentran en los límites permisibles de esta. También se hallaron los valores de nitrógeno, fósforo y temperatura. Se realiza el estudio de la zona donde se observa la constante contaminación, la necesidad de un alcantarillado y la falta de supiaderos. Se propone un plan de mejora que permite llevar a cabo la propuesta de renaturalización del río con el apoyo del programa "Holguín, Ciudad Parque de Cuba". La solución del problema de la investigación y el cumplimiento del objetivo fue posible con la implementación de un sistema de métodos de la investigación científica de naturaleza teórica, empírica y estadística – matemática.

Summary

The renaturation of rivers with the passage of the years perfects their techniques for the improvement of the same and their ecosystem. These show deficiency in biodiversity, water quality, flora and vegetation and deforestation. Therefore in the present investigation the proposal of renaturalization of the river Jigüe from its origins to Mariano Torres Avenue in the city of Holguín is realized. It starts from the basis of a diagnosis of the river in the research section. A physical-chemical characterization of the water is carried out of pH, chlorine, nitrate and nitrite parameters are measured, compared with the standard 1021.2014: "Communal hygiene. Sources of water supply. Quality and sanitary protection ", where the nitrite does not comply with the normed values and the pH, nitrate and chlorine are within the permissible limits of this. The values of nitrogen, phosphorus and temperature were also found. The study of the area where the constant pollution is observed, the need for a sewage system and the lack of supiaderos. It is proposed an improvement plan that allows to carry out the proposal of renaturalization of the river with the support of the program "Holguin, Ciudad Parque de Cuba". The solution of the research problem and the fulfillment of the objective was possible with the implementation of a system of methods of scientific research of theoretical, empirical and statistical - mathematical nature.

GLOSARIO

Término	Significado
Marisma	Es un ecosistema húmedo con plantas herbáceas que crecen en el agua. Una marisma es diferente de una ciénaga, que está dominada por árboles en vez de herbáceas. El agua de una marisma puede ser sólo de mar, aunque normalmente es una mezcla de agua marina y dulce, denominada salobre.
Biotopo	Es un área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital a un conjunto de flora y fauna. El biotopo es casi sinónimo del término hábitat con la diferencia de que hábitat se refiere a las especies o poblaciones mientras que biotopo se refiere a las comunidades biológicas. Término que en sentido literal significa ambiente de vida y se aplica al espacio físico, natural y limitado, en el cual vive una biocenosis. La biocenosis y el biotopo forman un ecosistema.
Bosques galería	Son denominaciones de la formación vegetal o bosque caracterizado por su vinculación a la ribera de un río o entidad hidrológica equivalente. Su vegetación se califica de riparia (adjetivo propio del sustantivo ribera); sus necesidades de agua se cubren fundamentalmente por la humedad del suelo y no necesariamente por la pluviosidad; y, por lo general, crece frondosamente. Dan cobijo a gran cantidad de animales, y particularmente de aves, y muestran una capacidad de recuperación ante los incendios muy superior a la de los montes cercanos.
Ecosistema	Es un sistema que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan. Es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema. También se puede decir que un ecosistema consiste en la comunidad biológica de un lugar y los factores físicos y químicos que constituyen el ambiente abiótico.

Término	Significado
Meandro	Es una curva descrita por el curso de un río, cuya sinuosidad es pronunciada. Se forman con mayor facilidad en los ríos de las llanuras aluviales con pendiente muy escasa, dado que los sedimentos suelen depositarse en la parte convexa del meandro, mientras que en la cóncava, debido a la fuerza centrífuga, predomina la erosión y el retroceso de la orilla.
Escorrentía	Se llama escorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebosar su depósito o cauce naturales o artificiales. En hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.
Río	Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación por las intensas temperaturas.
Hábitat riparia	Es la interfase entre el suelo y un río o arroyo. Riparia es también utilizado como nomenclatura de una de las quince tipos de biomas terrestres. Los hábitats vegetales y comunidades a lo largo de las márgenes y orillas del río son denominados vegetación riparia, la cual se caracteriza por la presencia de plantas hidrofílicas.
Ribera	Margen y orilla del mar o río. Tierra cercana a los ríos, aunque no esté a su margen.
Vegetación ripícola	Se considera un hábitat terrestre muy dinámico y complejo, que cumple un papel fundamental en la naturaleza.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO – I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS QUE SUSTENTAN LA RENATURALIZACIÓN DE RÍO.....	7
I.1 Introducción a la renaturalización de ríos.....	7
I.1.1 Bases y principios para la restauración de ríos	8
I.1.1 Técnicas utilizadas en la renaturalización de ríos.....	10
I.2.1 Técnicas para mejorar la hidrología y la hidrodinámica	10
I.2.2 Técnicas para mejorar la morfología.....	11
I.2.3 Técnicas para mejorar la calidad del agua	15
I.2.4 Técnicas para mejorar la biodiversidad	16
I.3 Experiencias de renaturalizaciones de ríos en el mundo y en Cuba	17
I.3.1 Experiencias mundiales	17
I.3.1 Experiencias nacionales	29
I.3.3 Experiencias locales	30
CAPÍTULO – II: PROPUESTA DE MEDIDAS PARA LA RENATURALIZACIÓN DEL RÍO JIGÜE DESDE SUS ORÍGENES HASTA LA AVENIDA MARIANO TORRES	35
II.1 Diagnóstico de la zona de estudio.....	35
II.1.1 Estado actual del río Jigüe en el tramo de investigación	36
II.2 Caracterización físico-química de las aguas del río Jigüe.....	42
II.2.1 Caracterización física de las aguas	42
II.2.2 Caracterización químicas de las aguas	44
II.3 Propuesta de renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres	48
II.3.1 Entrevistas realizadas.....	48
II.3.2 Elaboración de una serie de medidas para la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres	49

CONCLUSIONES GENERALES.....	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Las más importantes civilizaciones del mundo se asentaban en las riberas de grandes ríos como Mesopotamia en los ríos Tigris y Éufrates, Egipto en el Nilo; China en el Yangtze; la India en el Indo y el Ganges y la civilización azteca, en el complejo lacustre de Tenochtitlan. Los ríos constituyen uno de los ecosistemas más valiosos, un recurso natural imprescindible para la humanidad y su desarrollo. Presentan una gran diversidad de valores naturales y cumplen numerosas funciones que permiten la supervivencia de muchas especies de faunas y flora, así como el hombre.¹

Los ecosistemas más aprovechados por los seres humanos a lo largo de su historia son los ríos. Su utilización radica en extraer el agua natural y descargar las aguas residuales para mejorar el drenaje de la tierra, el transporte de bienes, generar energía y controlar inundaciones. En los últimos años, los ríos sufren la mayor degradación de la historia por la contaminación industrial, urbana y agrícola.

Los propios ríos tienen la capacidad de deshacerse de los contaminantes, pero para ello necesitan tener un tramo muy largo en el que las bacterias puedan realizar su trabajo depurador. Aun así no es suficiente, porque las precipitaciones trasvasan desechos sólidos y productos tóxicos y las aguas residuales provenientes de la ciudad erosionan los suelos y se crea el desbalance en el ecosistema.

Las consecuencias son notables y se reflejan en la falta de naturalidad de los ríos. El aumento de desastres naturales, innumerables especies acuáticas amenazadas o en peligro de extinción y la aparición de enfermedades (cólera, hepatitis, giardiasis, disentería, amébrica, dengue, chicungunya, entre otras) que dañan al ser humano son las causas de las aguas en mal estado. Esta situación ocasiona la muerte a centenares e incluso miles de personas en el mundo y se crea una situación epidemiológica crítica.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea que 1.6 millones de personas mueren cada año de enfermedades diarreicas atribuibles a la falta de acceso de agua potable salubre y al saneamiento básico. Por su parte, la

¹ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

Organización de Naciones Unidas (ONU) alertó en el 2014 que 1.8 millones de niños menores de cinco años mueren anualmente por enfermedades vinculadas a la contaminación del agua.²

Según expertos del Banco Mundial, una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en América Latina es la escasa cobertura de saneamiento de las aguas servidas y fecales. Las tres cuartas partes de estas vuelven a los ríos y otras fuentes hídricas, lo cual constituye un serio problema de salud pública en una región dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo.³

La necesidad de buscar y aplicar alternativas para rescatar el ambiente natural de los ríos se basa en garantizar la vuelta a la sostenibilidad. Los usos y actividades que se ejercen en su entorno, como las actuaciones de acondicionamiento ambiental garantizan la recuperación parcial o total del ecosistema. Los primeros países que comenzaron a preocuparse por restaurar sus ríos fueron los europeos al generarse, como consecuencia de su desarrollo industrial, la degradación sustancial de sus aguas.

A mediados del siglo pasado las deterioradas condiciones de los ríos movieron a estos países a generar programas de manejo y restauración de los sistemas dulceacuícolas. En este sentido comenzaron a renaturalizar sus ríos, estrategia con la cual, mediante la creación de espacios verdes, se intenta recuperar algunas características del estado natural de fragmentos del territorio, como los espacios del agua, haciéndolo compatible con el desarrollo urbano mediante el empleo de plantas y coberturas vegetales y de esta manera incorporar el respeto a la estructura de la flora natural⁴.

Las técnicas de renaturalización europeas sirven de ejemplo para países como Estados Unidos y el continente latinoamericano. En el caso de Cuba se realiza

² Vargas, Aylín: "Diseño de una red de alcantarillado para el Reparto Libertad". (Trabajo de Diploma). Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero, Holguín, Cuba, julio 2016.

³ Vargas, Aylín: "Diseño de una red de alcantarillado para el Reparto Libertad". (Trabajo de Diploma). Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero, Holguín, Cuba, julio 2016.

⁴ Renaturalización de acuerdo al Plan de Desarrollo Distrital. Disponible en <http://www.riozobispo.org/renaturalizacion.html>. Consultada el 23-03-2016.

la renaturalización del río Almendares, a pesar de que es necesario extenderla a otras cuencas del país. La ciudad de Holguín es uno de los casos donde se hace cada vez más imprescindible el rescate del hábitat natural y la creación de parques naturales alrededor de los ríos Jigüe y Marañón.

Con el objetivo de convertir la ciudad en referencia del urbanismo integral y destino de turismo patrimonial, se promueve el programa “Holguín, Ciudad Parque de Cuba”, auspiciado por la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros Civiles de Cuba (UNAICC) junto a más de 19 instituciones, entre las que se destaca la Universidad de Holguín, la Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE); el Grupo de Voluntariado Civil (GVC), de Italia, CARE de Canadá y el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Urbanos (ONU - HÁBITAT).⁵Esta estrategia busca fomentar la cultura del parque e iniciativas comunitarias. Aprovecha los recursos existentes en la demanda de la eliminación de todas las fuentes de contaminación.

En el reparto Nuevo Llano se observa el vertimiento de forma constante de las aguas albañales al río Jigüe que provoca la contaminación de sus aguas. Además, el crecimiento de la población altera las condiciones naturales del río y trae problemas en la biodiversidad, la flora y vegetación, la deforestación y en temporada ciclónica y de fuertes lluvias algunas zonas se inundan.

De esta forma se evidencia la contradicción fundamental entre la situación existente del ecosistema o zonas aledañas del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres y la necesidad de la renaturalización del río para la creación de un parque natural en sus alrededores.

Por lo cual se manifiesta que el problema de investigación del presente trabajo de diploma es: ¿cómo renaturalizar el río Jigüe de la ciudad de Holguín desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres?; siendo el objeto de la investigación: el río Jigüe de la ciudad Holguín desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres y el campo de investigación es la renaturalización de ríos.

⁵Vargas, Aylín: "Diseño de una red de alcantarillado para el Reparto Libertad". (Trabajo de Diploma). Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero, Holguín, Cuba, julio 2016.

El objetivo general de esta investigación es elaborar una propuesta de renaturalización del río Jigüe de la ciudad de Holguín desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres. Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la renaturalización de río.
- Determinar los antecedentes históricos que caracterizan la renaturalización de los ríos en el mundo y en Cuba.
- Diagnosticar el estado actual del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres.
- Elaborar la propuesta de renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres.

Para dar solución al problema propuesto se formuló la hipótesis siguiente: si se disponen de una propuesta de acciones para la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres, se contribuye a disminuir las fuentes contaminantes para fortalecer la calidad del agua, la flora y la fauna.

La constatación de la hipótesis, el cumplimiento de los objetivos de la investigación y la solución del problema planteado se concretan a partir de un sistema de métodos de la investigación:

Métodos teóricos:

- Histórico – lógico: Para realizar un análisis histórico de la renaturalización así como del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres. Resulta de valor además para el análisis cronológico de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan al objeto y campo de la investigación.
- Hipotético – deductivo: Para la elaboración de la hipótesis de la investigación, precisión de las variables de la investigación y la asunción de una lógica investigativa.
- Sistemático - estructural: Para conformar el aporte de la investigación como un enfoque sistémico que considere su estructura, componentes y relaciones que se dan entre ellos.

- Análisis - síntesis: Para el análisis de la información procedentes de la caracterización histórica, teórico – metodológica y empírica del objeto y el campo de la investigación.
- Modelación: Para la elaboración de modelos que permitan comprender el alcance y significación del aporte de la investigación.

Métodos empíricos:

- Análisis documental: Para la búsqueda de información relacionada con la caracterización histórica, teórico – metodológica y empíricos del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres y de la renaturalización.
- Observación científica: Herramienta beneficiosa en la caracterización empírica del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres con énfasis en la renaturalización.
- Entrevistas: Método de gran utilidad en la caracterización empírica del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres con énfasis en la renaturalización.
- Consulta a especialistas: Método empleado con la finalidad de valorar a partir de las consultas a especialistas la pertinencia de la propuesta de renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres.

Métodos estadísticos matemáticos: Los métodos estadísticos descriptivos resultan de valor para precisar la población y la muestra de la investigación, para el procesamiento y presentación de los resultados provenientes del diagnóstico del objeto y campo de la investigación.

El aporte de la investigación radica precisamente en la propuesta de la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres de la ciudad de Holguín y la novedad científica radica en el hecho de que en Cuba solamente se realiza la renaturalización del río Almendares en la provincia de La Habana y esta tesis sería la primera en hacer una propuesta de renaturalización de uno de los ríos de la ciudad holguinera.

Esta propuesta refleja la actualidad del tema de la investigación al relacionarse con una de las líneas de investigación trazadas por el Departamento de Construcción: “Resiliencia físico – espacial de elementos estructurales e hidrotécnicos, recursos naturales y urbanos”; que a su vez responde al Proyecto de carácter internacional y de intercambio con la Universidad de Magdeburgo – Stendal, Alemania. El resultado de esta tesis contribuye además al programa “Holguín, Ciudad Parque de Cuba”.

El informe de la investigación se estructura en dos capítulos. En el primero se muestran los resultados de la caracterización histórica, teórica – metodológica y empírica de la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres. En el segundo se fundamenta la propuesta de renaturalización, sus características y los resultados de la valoración de su aplicación en la práctica social mediante los criterios de especialistas provenientes del CITMA.

CAPÍTULO – I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS QUE SUSTENTAN LA RENATURALIZACIÓN DE RÍO

En este capítulo se abordan los aspectos históricos, teóricos-metodológicos y empíricos de la renaturalización de ríos. Este análisis se realiza de lo general a lo peculiar, lógica investigativa que nos mostrará los resultados de la situación a nivel internacional, en Cuba y en la ciudad de Holguín.

I.1 Introducción a la renaturalización de ríos

El planeta cuenta solo con un tercio de agua dulce, esto es un motivo para que las futuras guerras no sean por petróleo sino por el llamado oro azul o líquido azul, ya que sin esta no se puede vivir. A medida que pasa el tiempo los ríos tienen un mayor grado de contaminación y es necesario realizar la renaturalización de ríos que tiene como objetivo la mejora ecológica, el bienestar y recreación, el mejoramiento urbano, el control de inundaciones, la participación pública y el mejoramiento visual.

A lo largo de los años se mejoran sus técnicas, se renaturalizan los tramos más largos de ríos y los países se preocupan más por el bienestar de estos. Para la realización de esta técnica se debe tener en cuenta los principales conceptos de la renaturalización de ríos. A continuación, se exponen algunos de los conceptos más completos en este sentido, los cuales permiten una mejor comprensión del tema.

- La renaturalización de ríos es una estrategia con la cual, mediante la creación de espacios verdes, se intenta recuperar algunas características del estado natural de fragmentos del territorio, como los espacios del agua, haciéndolos compatibles con el desarrollo urbano mediante el empleo de plantas y coberturas vegetales, y de esta manera incorporar el respeto a la estructura de la flora natural.⁶
- La renaturalización de ríos no es más que la restauración, un proceso complejo que debe iniciarse con el reconocimiento de los factores de alteración naturales de origen humano, responsables de la degradación

⁶ Renaturalización de acuerdo al Plan de Desarrollo Distrital. Disponible en <http://www.rioarzobispo.org/renaturalizacion.html>. Consultada el 23-03-2016.

de la estructura y funciones del ecosistema fluvial, o del deterioro en su capacidad de recuperación⁷.

- La renaturalización de ríos es cambiar de apariencia y modificar físicamente a los arroyos, desarrollar hábitats para animales y plantas, restaurar su libre paso y mejorar su grado de auodeuración⁸.

I.1.1 Bases y principios para la restauración de ríos

Para la realización de cualquier proyecto de protección, mejora o renaturalización de un área degradada o hábitat fluvial requiere conocer las interrelaciones principales de los diferentes componentes que integran este ecosistema, ya que su principal objetivo es recuperar un equilibrio en el río, lo más natural posible y que las actuaciones a realizar en un espacio fluvial responda a las necesidades del río. Toda actuación que no respete esto está condenada al fracaso⁹.

El conocimiento del río incluye todas las perspectivas tanto territoriales como temporales. Hay que saber cuáles son las condiciones en toda la cuenca superior al tramo de actuación, así como los posibles efectos de la actuación se dejarán notar en los tramos inferiores al río.

A la hora de una actuación puntual en un río, conviene observar sus consecuencias desde la distancia, pensando también en las posibles o necesarias actuaciones complementarias para recuperar un equilibrio dinámico. En este contexto, se puede reseñar que las actuaciones generalmente se estructuran en los siguientes niveles territoriales¹⁰:

- Tratamiento y estructuras acuáticas, en el cauce.
- Estabilización y diversificación de la orilla.
- Reconstrucción de la llanura fluvial.
- Creación de un corredor fluvial.
- Gestión sostenible de la cuenca (agrícola, forestal, urbano, etc).

⁷ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

⁸ Hansen, Hans Ole (1997): "Restauración de ríos y arroyos".

⁹ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

¹⁰ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

Es especialmente importante que una renaturalización sea autosostenible en el tiempo, es decir que después de la fase de construcción y el mantenimiento necesario durante los primeros años, las funciones ecológicas se mantengan sin continua intervención humana. Para ello, es importante contar con la perspectiva temporal de la renaturalización en su diseño y ejecución, así como lograr que el impacto inicial desaparezca¹¹.

El estudio del funcionamiento del ecosistema fluvial, junto con el análisis de las alteraciones, determinan los principios y los objetivos de la renaturalización. Los principios y objetivos son un escalón necesario para vincular los conocimientos adquiridos con las técnicas concretas de bioingeniería para la renaturalización de ríos.

Dentro de los principios encaminados hacia la conservación de ríos, se pueden establecer la siguientes cuatro categorías de mejora del hábitat¹²:

- Protección del hábitat: prevenir su deterioro, en especial aquel producido por los usos antrópicos.
- Restauración del hábitat: recuperar el hábitat que ya se encuentra en estado degradado.
- Mejora del hábitat: crear una mayor disponibilidad de hábitats de la que por las condiciones naturales existirían en el tramo del río.
- Mantenimiento: realizar los esfuerzos necesarios para mantener las actuaciones incluidas en las categorías anteriores.

Los proyectos de renaturalización incluyen actuaciones a corto, medio y a largo plazo. Por otro lado, las actuaciones a corto plazo y directamente situadas en la zona de alteración solamente son necesarias y justificables bajo las siguientes condiciones¹³:

- Cuando sea necesario renaturalizar el hábitat que ha sido dañado o alterado por la actividad humana o por catástrofes naturales, y no pueda ser restaurado de forma natural en un tiempo razonable.
- Cuando sea la única vía de proporcionar el hábitat desaparecido.

¹¹ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

¹² Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

¹³ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

- Cuando la mejora del hábitat proporciona estructuras sustancialmente mejores que el proceso natural.

En los ecosistemas fluviales existen una serie de principios de actuación que deben tenerse en cuenta para el diseño concreto de la renaturalización¹⁴.

- Dar oportunidad al río para desarrollar su propia dinámica dentro del cauce, atendiendo a los procesos de erosión y sedimentación variables en el tiempo, con el régimen de caudales.
- Crear una morfología estable en dichos procesos y flexibles dada la incertidumbre en las respuestas del río.
- Potenciar la mayor heterogeneidad de formas y condiciones hidráulicas, para favorecer la diversidad del hábitat y las especies.

I.1.1 Técnicas utilizadas en la renaturalización de ríos

Las técnicas y métodos utilizados en los proyectos de renaturalización de ríos se clasifican en: aspectos hidrológicos, morfológicos, fisicoquímicos y biológicos¹⁵.

I.2.1 Técnicas para mejorar la hidrología y la hidrodinámica

El régimen hidrológico de aguas urbanas se influencia fuertemente por las superficies impermeables y también por el retiro del agua. Las superficies impermeables aumentan el volumen y la velocidad de escorrentía, la frecuencia y la magnitud de flujos máximos. Esto trae consigo a la erosión del cauce y de las orillas, así como la contaminación del agua a través de escorrentía contaminada por superficies urbanas y por desbordamientos combinados con aguas residuales¹⁶.

Las técnicas son de vital importancia para establecer un régimen hidrológico más natural. Se incluyen técnicas para disminuir el volumen de escorrentía cerca a su origen, técnicas para detener el flujo máximo y mantener la recarga de aguas

¹⁴ Schmidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".

¹⁵ Shanze, J. (2004): "Existing Urban River Rehabilitation Schemes".

¹⁶ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

subterráneas. En muchos casos estos objetivos se sobrelapan y también contribuyen a la mejora de la calidad del agua¹⁷.

Para disminuir el volumen de escorrentía cerca de su fuente en zonas urbanas incluyen los techos vegetados y los materiales superficiales permeables, tales como pavimentos porosos (Figura 1); ambos se adaptan a las azoteas existentes y las áreas para parquear como fue realizado por el Departamento de Conservación y Recreación de Massachusetts, USA.

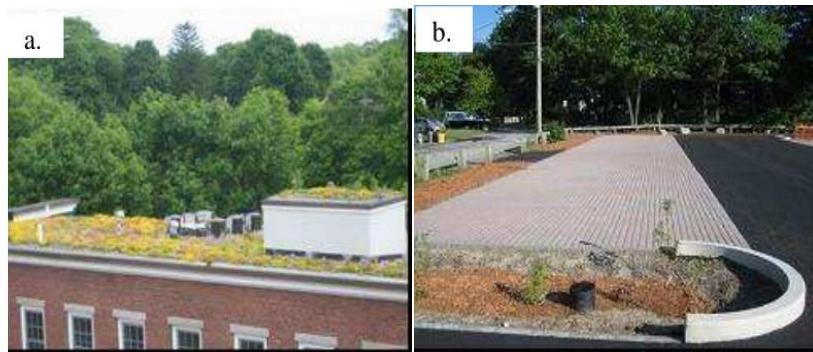


Figura 1: Techos verdes (a) y superficies permeables (b)
Fuente: Quintero, 2009

I.2.2 Técnicas para mejorar la morfología

Las características morfológicas de los ríos a menudo son fuertemente alteradas en espacios densamente usados. Las restricciones espaciales sobre los cursos de agua debido a la demanda urbana y la seguridad en la utilización del suelo pueden resultar en: el encerramiento de los cauces con alcantarillas, la estabilización del cauce y de las orillas, la construcción de represas para el control de inundaciones y de levantamientos para proteger la tierra adyacente¹⁸.

Las alteraciones impiden drásticamente la integridad ecológica y lleva a la pérdida de especies. Además, los ríos urbanos tienen un bajo valor estético y pueden incluso devaluar la zona urbana circundante.

¹⁷ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

¹⁸ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

La morfología es el factor principal de la calidad del hábitat; ya que solamente las aguas morfológicas apropiadas pueden hacer uso de la buena calidad del agua para alcanzar el mejor estado ecológico posible¹⁹.

Alguna de las técnicas que se encuentra para la morfología de los ríos son²⁰ las técnicas para mejorar la morfología dentro de la corriente, para restablecer y para integrar los planos de inundación y su conexión al curso del agua, y para mejorar la continuidad de la corriente.

- Técnicas para mejorar la morfología dentro de la corriente

Las estrategias más comunes usadas para mejorar la morfología dentro de la corriente incluyen el retiro o el reemplazo de la construcción dura, la iniciación de unos procesos hidromorfológicos más naturales y la rehabilitación de una estructura del hábitat diversa²¹(Figura 2).

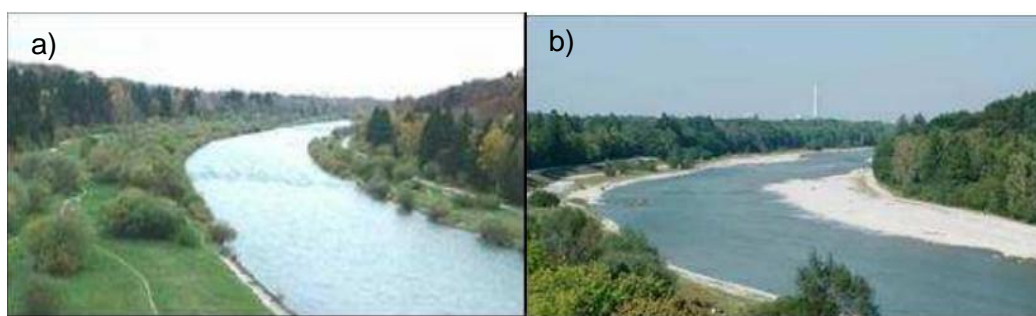


Figura 2: Río Isar en Alemania, a) orillas con revestimiento lateral de concreto y pendientes pronunciadas y b) orillas sin revestimiento lateral y menores pendientes.

Fuente: Quintero, 2009

En las zonas urbanas, donde se encuentra restringido el espacio para el desarrollo natural del cauce, una renaturalización completa de procesos hidromorfológicos puede ser excepcional. Las técnicas pueden ser utilizado bajo estas circunstancias agregando una mejor estética a la vegetación y el valor de la vida salvaje.

En varios proyectos de renaturalización han sido aplicadas diversas formas de rip-rap con vegetación, es el caso del Río La Saone (Figura 3), en el que el grupo

¹⁹ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²⁰ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²¹ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

de plantas inicialmente establecido se dispersó naturalmente, lo cual mejoró la estética del talud y ofrece un hábitat a ser utilizado. En otros ríos se usaron técnicas para la estabilización de taludes como las enramadas vivas, colchones de matorral, fajines y entibación vivas de paredes, medidas que a su vez iniciaron procesos hidromorfológicos de formación de hábitat usando la energía natural del agua²².



Figura 3 Revegetalización del enrocado rip-rap en el río La Saone
Fuente: Quintero, 2009

La introducción de estructuras, gravas o sedimentos ofrecen el hábitat necesario para suministrar a las especies acuáticas el lugar para reproducirse y vivir, ofreciendo funciones tales como los bancos de arena que estabilizan el cauce del río contra la erosión al reducir de manera natural el gradiente del cauce del río²³.

Los travesaños, los diversos tipos de rampas de tierra y de bloques crean características de la corriente que ayudan a mejorar la diversidad del hábitat para los macroinvertebrados y los pequeños peces. Estas estructuras aumentan los niveles de oxígeno disuelto que son críticos para la supervivencia de los peces²⁴.

²² Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²³ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²⁴ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

- Técnicas para restablecer y para integrar los planos de inundación

Los planos de inundación son por definición parte de cualquier ecosistema y son caracterizados normalmente por fauna ripícola y flora típica. La calidad de los planos de inundación como áreas de retención puede ser optimizada en la mejora de la interacción del río principal con el área natural de inundación, por ejemplo, bajando y reduciendo los diques de aguas altas, ensanchando la sección transversal del canal y del plano de inundación, lo cual es frecuentemente asociado con reducir la pendiente de la orilla²⁵.

Los planos de inundación y especialmente las orillas del río vegetadas desempeñan un papel vital en la hidromorfología de la corriente, la calidad del agua, la temperatura del agua y la vida acuática. Por lo que el restablecimiento de los planos de inundación es una meta frecuente de la renaturalización del río. Las medidas que se han aplicado incluyen la reintroducción de comunidades silvestres, malezas, hierbas inundables y plantas herbáceas altas no susceptibles a la erosión, la regeneración natural y el control de las especies exóticas invasoras. Las estacas vivas se utilizan para establecer la vegetación de la orilla incluyendo arbustos y árboles²⁶.

- Técnicas para mejorar la continuidad de la corriente

La continuidad del río puede ser negativamente afectada a través de las estructuras transversales, secciones de canales cubiertos y morfología artificial. La supresión o la desviación de tales barreras son esenciales para la migración biológica.

Las estructuras transversales que exceden alturas de 30 cm, tales como vertederos y pendientes verticales, pueden formar barreras de migración para los organismos acuáticos. Tales pendientes se quitan, son sustituidas o perforadas, donde las barreras de migración no pueden ser eliminadas son sustituidas (Figura 4) usando técnicas de estabilización de bioingeniería, estructuras transversales tales como travesaños, rampas de tierras de tal modo que permitieran la migración aguas arriba y abajo. Si estas barreras no pueden

²⁵ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²⁶ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

ser eliminadas se introducen subideros y pasos para los pescados para que sobrepasen las barreras.²⁷



Figura 4 Río Isar en Alemania, de represas a rampas
Fuente: Quintero, 2009

I.2.3 Técnicas para mejorar la calidad del agua

Las técnicas para el control de la contaminación del agua se refieren a fuentes puntuales y no puntuales. Las fuentes puntuales de la contaminación se pueden definir como la contaminación que entra en una corriente o un río en una localización definida e influyen las plantas depuradoras de aguas residuales, vertidos combinados de alcantarillas, vertidos sanitarios de alcantarillas, así como descargas ilegales y conexiones ilegales de aguas residuales²⁸.

El tratamiento de las fuentes puntuales se aplica en plantas depuradoras de aguas residuales centrales, que luego descargan en los cuerpos del agua. Los vertidos combinados de alcantarillas llevan aguas residuales y aguas de escorrentía durante eventos de precipitación excesiva cuando las plantas depuradoras de aguas residuales han sido diseñadas con una capacidad limitada²⁹.

Durante los eventos de lluvia los vertidos combinados descargan aguas residuales no tratadas mezcladas con aguas de tormenta en aguas locales. El control de la fuente de los vertidos de aguas combinadas y el almacenaje de las aguas residuales combinadas reduce los desbordamientos de estas aguas combinadas. El control de la fuente combina medidas descentralizadas e incluye

²⁷ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²⁸ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

²⁹ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

en primer lugar la separación de aguas de tormentas de las aguas residuales. También incluye el control de conexiones ilícitas, el barrido de las calles y los residuos de limpieza del cauce.

La contaminación por fuentes no puntuales ocurre cuando la escorrentía superficial y subsuperficial contaminada se incorpora a los cuerpos de agua sin caminos determinados³⁰.

Las fuentes urbanas más importantes de contaminación no puntual son las superficies selladas (acumulación del polvo y de otros materiales granulosos finos durante períodos secos) y suelo no vegetado expuesto a la erosión y el lavado. Con la mejora de la tecnología del tratamiento para la contaminación de fuentes puntuales en plantas centrales, esta contaminación se convierte en la razón primaria por la que los ríos no alcanzan el estado apto para pescar³¹.

I.2.4 Técnicas para mejorar la biodiversidad

La restauración de los bosques se promueve como medio para mitigar los impactos urbanos en los ecosistemas de los ríos. Los elementos hidromorfológicos, así como los físicos-químicos influyen la calidad del hábitat y por lo tanto, la composición y abundancia de las comunidades acuáticas.

Para el beneficio de la flora y la fauna existen técnicas para proveer la cubierta, alimento y sitios de anidación, desove y protección para los pescados, los anfibios y demás fauna silvestre. Los hábitats acuáticos y ripícolas están conectados, así pues la protección y mejora del hábitat se refiere a condiciones dentro de la corriente como el hábitat ripícola³².

Para favorecer la fauna acuática se realizan esfuerzos para establecer los lugares de desove, cubiertas de vegetales que evitan la evaporación, trampas de detritos, estanques limpios con sombra y protección. Las técnicas especiales

³⁰ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

³¹ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

³² Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

que han sido desarrolladas son para mejorar tabloneras de empalizada y paredes del muelle, para proporcionar cubetas y zonas de descanso³³.

El establecimiento de la continuidad biológica con la supresión de barreras de migración o del establecimiento de subideros y pasos de pescados contribuye a la mejora de la calidad del hábitat. Se emplean cajas para la cría de aves, paredes de cría y gaviones con tubos de cría para restaurar la avifauna.

La vegetación es un componente clave del hábitat dentro de la corriente. El lecho de hojas y los desechos de madera provenientes de la vegetación es parte de la cadena alimentaria. La vegetación acuática sumergida y emergente funciona como micro hábitat para los pescados³⁴.

La absorción de nutrientes por partes de las plantas emergentes mejora la calidad del agua. La restauración de la vegetación es una de las medidas más usadas para la renaturalización de los ríos.

I.3 Experiencias de renaturalizaciones de ríos en el mundo y en Cuba

La renaturalización de ríos tuvo sus comienzos en Europa a mediados de los años 80 debido a que el desarrollo industrial generó como consecuencia una degradación sustancial de los ríos.

I.3.1 Experiencias mundiales

- Ríos europeos

Durante demasiado tiempo, los expertos han considerado los ríos como poco más que rutas de navegación y canalizaciones que servían para abastecer de agua, eliminar los desechos y llevar las crecidas hacia el océano. La naturaleza era un obstáculo que debía ser controlado. Si se lucha contra la naturaleza normalmente se pierde, como bien aprendieron los ingenieros sobre las crecidas del Misisipí, el Rin y el Danubio³⁵.

³³ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

³⁴ Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".

³⁵ Un buen impulso para recuperar los ríos europeos. Disponible en <http://e360yale.universia.net/un-buen-impulso-para-reparar-los-rios-europeos-largamente-explotados/>. Consultada el 02-12-2016.

Los países europeos están devolviendo los ríos a su estado natural desmantelando presas, eliminando diques y revitalizando terrenos inundables. Europa devuelve a los ríos su gloria natural y encuentra la forma de que la naturaleza vuelva junto a las orillas de los ríos.

La reparación no es perfecta. Los terrenos inundables de los ríos no se pueden recuperar totalmente debido a la presencia de ciudades. No obstante, las arterias fluviales en Europa se están convirtiendo en el banco de pruebas del biólogo conservacionista Edward O. Wilson, que sueña con que el siglo XXI será la era de la reparación ecológica.

Con la idea de que los ríos no se deben usar nunca más como vertederos industriales o como vías de canalización y vías navegables de hormigón, la Directiva Marco sobre Aguas de la Unión Europea del año 2000 estableció que todos los ríos deberían encontrarse en buen estado en 2015. El imperativo político es fuerte y el cambio ha sido drástico. Así, los ingenieros hidráulicos de Europa se han dedicado a dejar los ríos limpios de contaminación durante medio siglo y en lo adelante intentarán devolverlos a algo parecido a su estado natural.

El Reino Unido, por ejemplo, ha prometido que reparará unos 1.500 km de ríos. Su Inventario de Reparación de Ríos incluye 2.700 proyectos, 1.500 de ellos ya completados. En uno de los ríos más importantes de España, el Duero, se están desmantelando presas y otros obstáculos construidos por el hombre. En el Loira, el río más largo de Francia, donde hace dos décadas activistas provenientes de toda Europa ganaron la batalla para impedir la construcción de la presa Serre de la Fare, junto a Le Puy, los ingenieros están derribando las presas existentes, como la Maisons-Rouges. El río más importante de Dinamarca, el Skjern, está recuperando algunos de los humedales que había en su desembocadura, después de que se restablecieran los meandros y se rebajaran las orillas artificiales para permitir las inundaciones estacionales de los campos de cultivo, que ahora han vuelto a ser praderas verdes.

Algunas de las disputas medioambientales más fuertes en Europa se produjeron por proyectos de ingeniería hidráulica, particularmente en el Danubio. En los años 80 el proyecto de *Gabcikovo-Nagymaros*, inspirado en la Unión Soviética y que tenía como objetivo mejorar la navegación, prevenir las inundaciones y generar energía hidroeléctrica en Checoslovaquia y Hungría, ayudó a poner fin

a la Guerra Fría. La enorme oposición que hubo en Hungría contra la presa de Nagymaros, ante la que se prefería un meandro en el Danubio cerca de Budapest, propició que surgiera una oposición política más generalizada que finalmente derrotó al Gobierno comunista en 1989³⁶.

Actualmente, el terreno inundable del Danubio, que va de oeste a este, desde la Selva Negra alemana hasta el delta del mar Negro y es el río más internacional del mundo, con un área geográfica que incluye diecinueve países, se ve reducido un ochenta por ciento. Esto motiva un proyecto para reparar la mayor parte de él.

Por ejemplo, Eslovaquia, la República Checa y Austria restablecen los meandros en un afluente canalizado del Danubio y el río Morava, donde las fuerzas de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) situadas en una de sus orillas observaron las fuerzas del Pacto de Varsovia en la otra. Austria y Alemania han eliminado diques para restablecer el terreno inundable de otro afluente, el río Inn, a los pies de los Alpes. Río abajo, Ucrania eliminó diques en dos de las islas más grandes del delta del Danubio, Ermakov y Tataru, lo que permite las inundaciones en primavera, el regreso de las aves y la introducción del ganado de pastoreo libre.

Uno de los últimos tramos de libre navegación del alto Danubio, entre Viena y Bratislava, la capital de Eslovaquia, se gestiona para un nuevo Parque Nacional austriaco, donde los forestales restablecen canales. Se saca el hormigón para que el río pueda volver a formar su orilla de manera natural. Además, se realiza la siembra de árboles para tener una mayor biodiversidad.

En el norte de Inglaterra, la Agencia Medioambiental (*Environment Agency*), un órgano gubernamental, saca a la superficie el Irwell y el Medlock, que discurren por Manchester, la primera gran ciudad industrial del mundo. El progreso es más lento en Londres. Yendo en metro hasta la estación de Sloane Square uno se encuentra, situada encima del andén, una gran tubería de metal de color verde

³⁶ Un buen impulso para recuperar los ríos europeos. Disponible en <http://e360yale.universia.net/un-buen-impulso-para-reparar-los-rios-europeos-largamente-explotados/>. Consultada el 02-12-2016.

que lleva lo que queda del río Westbourne a su paso por el río Támesis. Londres tiene otros veinte ríos perdidos, incluyendo el Westbourne, el Fleet y el Tyburn³⁷.

A pesar de todo lo anterior, limpiar los ríos sucios más conocidos sigue siendo un reto. Los nuevos trabajos de tratamiento de residuos hacen que aparezca de nuevo el salmón y otros peces en las aguas del Támesis, pero el crecimiento de la población y la lentitud en las inversiones revierten la tendencia. El río sigue sucio, a pesar de todos los esfuerzos, ya que cerca de cuarenta millones de toneladas de residuos no tratados todavía bajan por él cada año. Situación que en ocasiones puede convertirse en un desastre ya que se pueden observar residuos a lo largo de diez kilómetros río arriba, más allá del London Bridge.

Restablecer los ríos también requiere recrear los viejos canales y meandros, volver a repoblar las orillas de vegetación y reconectar los ríos con sus terrenos inundables. La tarea es ardua. El norte de Suecia nos puede parecer un lugar despoblado en el que durante mucho tiempo los humanos no han puesto los pies, pero, allí los forestales limpiaron una gran cantidad de ríos entre 1850 y 1970, así que los troncos flotaron río abajo hasta los puertos.

Después de la eliminación de la contaminación lo siguiente en la lista de reparaciones es restablecer las corrientes naturales. La demanda europea de agua de los ríos no es tan alta, en general, como para secar los caudales, pero su hidrología natural ha sido seriamente alterada. Las presas, diques y otras barreras se multiplican, lo que altera las migraciones de los peces y cambia la corriente de los ríos.

En Suecia los ríos se están reparando, la técnica principal que se está usando es tirar árboles al río para que lo mantenga fresco porque por estudios realizados se ha podido demostrar que el salmón y la trucha mueren si la temperatura del agua está a más de veintidós grados durante más de siete días. Debido al cambio climático se están observando estas condiciones en el sur de Inglaterra, pero los árboles pueden hacer descender la temperatura del agua entre dos y cinco grados.

³⁷ Un buen impulso para recuperar los ríos europeos. Disponible en <http://e360yale.universia.net/un-buen-impulso-para-reparar-los-rios-europeos-largamente-explotados/>. Consultada el 02-12-2016.

En toda Europa, los expertos en reparación de ríos se enfrentan a límites prácticos para conseguir su objetivo. Ulrich Pulg, de la *Uni Research*, en Bergen (Noruega), calcula que el cincuenta por ciento de los ríos de Alemania, el treinta por ciento de los de Noruega y el setenta por ciento de los de Bélgica no podrán restablecer nunca su ecosistema. Se deberían desplazar ciudades enteras, así que el reto en muchos casos es recrear ríos que tengan en cuenta las necesidades del hombre.

Sin embargo, mientras los expertos encargados de reparar los ríos calculan qué objetivos pueden alcanzar en algunas zonas, están perdiendo terreno en otras. Se siguen aprobando proyectos de ingeniería desacertados, y para su frustración, algunos se están aplicando en nombre del medio ambiente. Ejemplo de esto es la generación de energía hidroeléctrica se está volviendo a instaurar en Europa para luchar contra el Cambio Climático. Algunos lo consideran la solución a la disminución de la energía proveniente del carbón. Suecia ya produce más del cuarenta por ciento de la energía de esta forma, Austria el sesenta por ciento y Noruega más del noventa por ciento.

La última tendencia son las centrales hidroeléctricas a pequeña escala, sin presas; hay centenares de ellas. Los políticos creen que si no existen grandes presas estos proyectos hidroeléctricos en los ríos no tendrán impacto medioambiental. Pero Klement Tockner, de El Instituto Ecológico Leibniz del Agua (*Leibniz Institute of Freshwater Ecology*) de Berlín, advierte que su impacto acumulado en la corriente del río, a medida que el agua se desvía a través de las turbinas, es considerable.

- Río Guadiamar en España

El Corredor Verde³⁸ forma parte de un ambicioso programa naturalista que tiene como objeto fundamental, promovido por la Junta de Andalucía, la restauración de la cuenca del Guadiamar (Figura 5) y el restablecimiento del corredor de especies y procesos naturales entre los arenales del litoral de Doñana y Sierra

³⁸El Corredor Verde del río Guadiamar .Disponibile http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/Proyectos/corredor_verde_del_guadiamar.asp . Consultada el 18-03-2016.

Morena Occidental. Se pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca mediante la implantación de un sistema económico, social y medioambiental sostenible integrado a un contexto natural.



Figura 5 Río Guadamar en España
Fuente: Wikipedia 2016

Entre las diversas instituciones que apoyan el proyecto cabe destacar: la Agencia Americana para la Protección del Medio Ambiente (EPA), el Consejo de Europa, la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) y varias Organizaciones de Naciones Unidas (ONGs) conservacionistas.

Este proyecto se considera como uno de los mejores proyectos de restauración a nivel internacional ya que se adapta a las diferentes recomendaciones que al respecto emiten las convenciones e instituciones internacionales. Además abre una perspectiva de conservación y desarrollo sostenible al entorno de Doñana. No obstante, existen algunos factores que pueden amenazar el éxito del proyecto por lo que deben ser resueltos. Entre los problemas a resolver son: mejorar el insuficiente plan de clausura de la balsa minera de Azanalcollar, solucionar las filtraciones de lixiviación de la mina, buscar una solución para las aguas residuales en la cuenca del Guadamar. A esto se añade el retraso que se produce en el establecimiento de una figura de protección legal para la zona.

El proyecto incluye la construcción de un Centro de Visitantes (Centro de Visitantes de Aznalcázar), un centro neurálgico de información e interpretación para el Corredor Verde, el mirador de Benacazón, que ofrece una vista

panorámica desde la cornisa del Aljarafe, y las áreas recreativas de Buitrago y Sanlúcar la Mayor (Sevilla). Esta última es el resultado de convertir una antigua gravera en una laguna que desde su restauración ha sido colonizada por las aves.

El Corredor Verde se extiende a lo largo de 130 kilómetros, convirtiéndose en la ruta de senderismo más extensa de Andalucía. 60 kilómetros de esta ruta, entre Aznalcóllar y Entremuros discurren por un área declarada de paisaje protegido donde se pueden observar tanto una gran variedad de hábitats (dehesas de encinas, bosques de ribera, marisma, etc) como algunos vestigios culturales (torres fronterizas, molinos, puentes medievales, etc.).

El Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía ha declarado Paisaje Protegido al Corredor Verde del Río Guadiamar, pasillo ecológico de 2.706 hectáreas de superficie que conecta Doñana y Sierra Morena. Este espacio ha sido recuperado por la Administración autonómica tras la fuerte contaminación que sufrió hace cinco años por el vertido de la mina de Aznalcóllar, recreando los ecosistemas originarios de monte mediterráneo, ribera y marisma fluvial que en su gran parte habían desaparecido ya antes del accidente minero.

El reconocimiento del Corredor Verde del Guadiamar como Paisaje Protegido ha sido posible gracias a que actualmente presenta una situación ambiental mejor que la de 1998, año en que se produjo el desastre de Aznalcóllar. Desde entonces la Junta ha invertido más de 165 millones de euros en retirada de lodos, regeneración de ecosistemas, restauración hidrológico-forestal, uso público, adquisición de tierras e investigación.

- El Manzanares de Carmena en España

Para la renaturalización del río Manzanares³⁹ (Figura 6) se plantarán un total de 16.831 plantas y se prevé que en un futuro habiten nuevas especies como la nutria, la garceta, el martín pescador, diferentes especies de ruiseñores, palomas torcaces y chorlitejos.

³⁹ El río Manzanares en España. Disponible en <http://www.madridiario.es/440884/fauna-aves-renaturalizacion-manzanares>, Consultada el 09-02-2017.



Figura 6 Río Manzanares en España
Fuente: Wikipedia 2016

Se trata de un plan para el que el Consistorio invertirá 1,2 millones de euros en 2017 para llevar a cabo las actuaciones de renaturalización del primer tramo del río que va desde el puente de los franceses hasta el puente de la Reina Victoria.

Las actuaciones consistirán en la eliminación de la parte superior de la escollera y la revegetación del talud de la misma y de su plataforma superior, con especies de las series de vegetación potencial de la ribera del río. Se eliminarán las especies vegetales no autóctonas, se plantarán árboles, arbustos y estaquillas, y se instalarán barandillas en ambos márgenes del río, así como paneles informativos.

Este plan diseñado por el Ayuntamiento en colaboración con Ecologistas en Acción, se llevó a cabo la primera medida que consistió en la apertura de varias presas, para recuperar de forma parcial la dinámica fluvial natural del río.

- Río Camarmilla en España

En el Río Camarmilla⁴⁰ (Figura 7) se realiza una plantación de especies de ribera en un tramo urbano del río, un pequeño afluente del río Henares de apenas 25 kilómetros de longitud, con la intención de iniciar la recuperación de los valores naturales perdidos debido a la profunda transformación sufrida fruto de la intervención humana a lo largo del tiempo, especialmente por las actividades agrícolas, infraestructuras y desarrollos urbanos.

⁴⁰Plantación de especies autóctonas en las riberas del río Camarmilla. Disponible en <http://www.ecologistasenaccion.org/article33574.html>. Consultada el 09-02-2017.



Figura 7 Río Camarmilla en España

Fuente: <http://www.ecologistasenaccion.org/article33574.html>

A la plantación han asistido cerca de un centenar de personas, adultas y peques, que han ayudado a echar raíces a un centenar, también, de árboles autóctonos característicos de las riberas de los ríos de esta zona del Henares, concretamente sauces (*S.purpurea*), álamos blancos (*Populus alba*), álamos negros (*Populus nigra*) y Tarayes (*Tamarix africana*), permitiendo que muchos de los asistentes conocieran el deterioro y la importancia de los ecosistemas ligados a los ríos para, a continuación, participar en la recuperación ecológica de un tramo de un kilómetro en el que la vegetación arbórea de sus riberas era inexistente.

A pesar de ser un pequeño río, muy deteriorado y asociado a vertidos y suciedad, es imprescindible emprender la recuperación del mayor grado posible de la naturalidad alterada para revertir el daño ambiental y natural que sufre Alcalá de Henares y, en general, el valle del Henares, incrementando así la calidad de vida de la ciudadanía a la vez que se mejora la biodiversidad, el paisaje y todo lo que la naturaleza nos ofrece de manera gratuita e imprescindible. Debido a la gran transformación sufrida por los ríos y las vegas asociadas al mismo, la Plataforma apuesta por actuaciones basadas fundamentalmente en la reforestación con especies autóctonas, la recuperación de la naturalidad, la limpieza de las basuras, la información y vigilancia permanente, así como su clasificación como suelos rústicos, ajenos a cualquier figura asimilable a urbana.

De manera paralela a la plantación se ha realizado la limpieza de residuos abandonados por la zona, poniendo en evidencia la necesidad de mejorar la sensibilización de esa parte de la población que actúa de forma irresponsable, así como la falta de políticas y esfuerzos para atajar esta situación por parte de

las administraciones implicadas en la gestión del medio fluvial que, en el caso de los ríos que atraviesan poblaciones, son tanto la estatal, a través de la Confederación Hidrográfica correspondiente, como la regional y, especialmente la local que es la última responsable de que el crecimiento de la ciudad sitúa los barrios en la misma puerta de estos espacios naturales.

En la presentación del acto intervienen, entre otros, representantes de la plataforma vecinal Espartales Unidos, para informar de la lucha desarrollada a lo largo de los últimos años para intentar que el conocido como parque del Camarmilla, contiguo al lugar de la plantación, fuese mucho más respetuoso con el medio natural de lo que finalmente ha sido. La plataforma Valle del Henares considera un grave error la transformación de las 30 hectáreas de suelo agrícola de la vega del río en un parque tratado como un espacio urbano (viales, mobiliario, redes de alumbrado, agua potable y saneamiento, entre otras) en vez de haber actuado con el objetivo de recuperar la naturalidad del lugar. Aun así, la plataforma considera que el parque debe ser objeto de un proyecto que permitiera dicha renaturalización a través de la plantación de las especies vegetales autóctonas adecuadas y otras medidas para la mejora de la biodiversidad debido al elevado potencial que sigue ofreciendo. Entre los numerosos errores detectados en el diseño del parque encontramos, entre otros, la plantación de especies ajenas a las condiciones ecológicas de este lugar como pinos, abedules o plátanos, en vez de las especies características, como son los sauces, tarayes, álamos blancos, álamos negros, fresnos y las especies arbustivas acompañantes.

- Río Emscher en Alemania

La renaturalización del paisaje fluvial del Emscher⁴¹ (Figura 8) es uno de los mayores proyectos de infraestructura de Europa. Es un proyecto a largo plazo, ya que se inició en 1990 y se espera terminar en el año 2020. El río Emscher fue utilizado en la Cuenca del Ruhr durante más de cien años como canal de vertido de aguas residuales. Debido a la minería y los consecuentes hundimientos de

⁴¹ La renaturalización del río Emscher. Disponible en <https://www.deutschland.de/es/topic/cultura/ciudad-campo/la-renaturalizacion-del-rio-emscher>. Consultada el 19-03-2016.

tierra, en esa región industrial no era posible crear un sistema subterráneo de canalización.



Figura 8 Río Emscher en Alemania

Fuente <https://www.deutschland.de/es/topic/cultura/ciudad-campo/la-renaturalizacion-del-rio-emscher>

Durante los últimos 25 años la Cooperativa del Río Emscher, entidad responsable de manejar toda la recuperación en cuanto a estructura, seguimiento y financiación, se logra la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, la construcción de 285 kilómetros de alcantarillado (de los 400 kilómetros planeados), la gestión de aguas pluviales y de agua de lluvia, se logra adelantar la recuperación de las zonas naturales en donde ya se pueden encontrar 419 especies animales y vegetales, así como procesos educativos y culturales que han logrado la generación de pertenencia de los ciudadanos por el río que cuenta para su recuperación con un presupuesto de 4,5 mil millones de euros.

La obra está avanzada. Las depuradoras descentralizadas de aguas residuales están ya terminadas. El canal central se halla aún en construcción. Este sistema de canalización, el más moderno del mundo, tendrá 73 kilómetros de largo e irá desde Dortmund hasta la desembocadura del Emscher en el Rin. Junto con los canales secundarios abarca una superficie de 430 kilómetros cuadrados, en la que viven 1,8 millones de personas.

También el río y el paisaje se recuperan. La Exposición Internacional de la Construcción Emscher Park, que tuvo lugar de 1989 a 1999, proporcionó importantes impulsos y ayudó a la región a recuperar su orgullo. De la exposición surgieron el parque paisajístico Landschaftspark Nord, en Duisburgo; la

utilización del Gasómetro de Oberhausen para fines culturales; series de eventos culturales como Extraschicht, la Trienal del Ruhr y el gran evento Ruhr 2010: Capital Europea de la Cultura.

La exposición Emscherkunst hizo visibles los éxitos logrados: terrenos yermos, antiguas fábricas y la tierra de nadie entre el Emscher y el Canal Rin-Herne fueron transformados en escenario para artistas de todo el mundo. Testimonios de ello pueden admirarse aún hoy: numerosos objetos de arte a lo largo del río, como por ejemplo el puente peatonal Slinky Springs to Fame, del escultor Tobias Rehberger, sobre el Canal Rin-Herne en Oberhausen.

- Río Bogotá en Colombia



Figura 9 Río Bogotá en Colombia

Fuente: <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/4-2015-avanza-recuperacion-del-rio>
Avanza recuperacion del río Bogotá.

Para la recuperación de la cuenca del Río Bogotá⁴² (Figura 9) se trabaja en la ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Este proyecto tiene un costo estimado de 390 millones de dólares. Desde el año 2012 se trabaja en la adecuación hidráulica de la cuenca media del Río, con la intervención en 56 km en el sector Alicachín, en Soacha, hasta Puente La Virgen, en el municipio de Cota. Hasta marzo del 2016 se logró la adecuación de un tramo de 45 kilómetros.

⁴² Avanza recuperacion del río Bogotá. Disponible en <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/4-2015-avanza-recuperacion-del-rio> . Consultada el 17-02-2017.

Con recursos del Fondo FIAB y en el marco del convenio 171 de 2007 suscrito con la Corporación Autónoma de Cundinamarca – CAR, se financian obras de saneamiento en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en municipios de la Cuenca Alta y Media del río Bogotá como Mosquera, Chía, Facatativá y Cajicá.

Se destaca el trabajo de cooperación con la Cooperación Alemana GIZ, con quien se llevó a cabo un encuentro de intercambio técnico sobre la rehabilitación y gestión integral del Río Emscher en Alemania.

Por su parte la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, socializó ante el Consejo Estratégico, el diseño conceptual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Canoas. Este es uno de los componentes más importantes en la estrategia macro de la recuperación del Río.

- Ríos de Polonia

En Polonia⁴³, un grupo conservacionista sacó a la luz recientemente que en este país existe una potente combinación entre la financiación europea y los viejos hábitos de ingeniería estalinista que está ocasionando un desastre medioambiental. Durante los últimos cinco años los ingenieros de toda Polonia han mejorado 16 kilómetros de pequeños ríos rurales. A menudo, gracias a dinero europeo destinado al desarrollo, los ríos se han fortalecido, se han creado orillas artificiales, se ha quitado vegetación y se han desviado los caudales con el objetivo de luchar contra las inundaciones. Este trabajo de rehabilitación ha tenido lugar en un tercio de los ríos del país.

I.3.1 Experiencias nacionales

- Río Almendares en Cuba

Las aguas del río Almendares⁴⁴ (Figura 10) están contaminadas, el continuo deterioro a que parecía condenado se detiene. El daño se revierte, de manera

⁴³ Ríos de Polonia. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:R%C3%ADos_de_Polonia. Consultada el 20-03-2017.

⁴⁴El río Almendares y la creación de la ciudad más importante de Cuba. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos64/rio-almendares-creacion-habana-cuba/rio-almendares-creacion-habana-cuba2.shtml>. Consultada el 15-01-2017.

firme, según políticas gubernamentales de larga data que han permitido ordenar estrategias de manejo que devuelvan al río su calidad. Las políticas gubernamentales permiten ordenar estrategias de manejo para devolverle al río su calidad.



Figura 10 Río Almendares en La Habana
Fuente: Wikipedia 2016

Expertos y directivos de entidades estatales, centros de investigaciones y universidades informan en sus presentaciones de los resultados de los últimos años, entre los que se incluye un mayor conocimiento científico y multidisciplinario de la cuenca Almendares-Vento. También se produce una reducción en la contaminación del río y, por consiguiente, la mejora de la calidad de sus aguas, la reforestación de su faja hidrorreguladora y áreas aledañas, y el crecimiento de la educación ambiental entre las comunidades asentadas en sus márgenes.

El ingeniero Juan Mario Junco, del Instituto de Recursos Hidráulicos, expuso los trabajos que se acometen hoy en varias zonas de la capital, como el Cotorro, para el manejo de las aguas negras de unos 400 000 habitantes de la ciudad, y que implicará, en un futuro cercano, construir o mejorar varias plantas de tratamiento de residuales.

I.3.3 Experiencias locales

Los ríos Marañón, Jigüe (Figura 11) y Mayabe son afluentes del río Holguín (Figura 12), la cual es la principal fuente de contaminación del río Cauto. Estos ríos están contaminados por los propios ciudadanos que habitan dentro de sus límites como por lo que están de paso por la zona, por lo que es necesario tomar medidas urgentes pues, las acciones realizadas hasta el momento son

insignificantes. A pesar del estado actual de los ríos, estos no siempre fueron así. Hace muchos años los habitantes de la ciudad podían bañarse en las aguas cristalinas de estas vertientes.⁴⁵



Figura 11 Río Jigüe de la ciudad de Holguín
Fuente: Elaboración propia

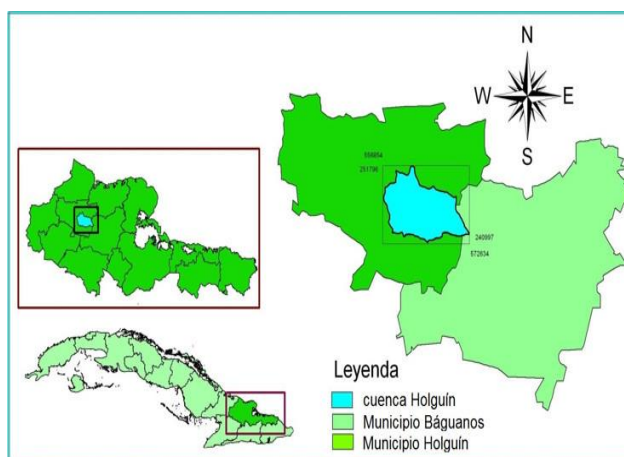


Figura 12 Localización de la cuenca del río Holguín
Fuente: Esquema de localización de la cuenca de Holguín

Los habitantes que viven en La Aduana, desde antes del triunfo de la Revolución, son testigos de cómo el río Marañón se está deteriorando, ya no será más la piscina de agua natural que solían tener para recrearse, ahora lo único que se encuentra es un mal olor que no permite abrir las ventanas, la mayoría de las

⁴⁵ Cuando el río suena. Disponible en <http://www.ahora.cu/secciones/punto-de-mira/21876-cuando-el-río-suena-el-jiguee-maranon-trae-fotos>. Consultada el 25-11-2016.

personas no tienen alcantarillado, las fosas no sirven y al río van a para todos los desechos humanos, más la basura y animales muertos⁴⁶.

Un diagnóstico realizado por un equipo de trabajadores del CITMA (Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente), entre los cuales se encontraba la ingeniera Sara Fernández, declaró que esta misma situación se encuentra en el resto de los ríos de la ciudad de Holguín, donde el agua es uno de los recursos con mayores niveles de contaminación de la provincia. La situación ha llegado a tal punto que los ríos Marañón y Jigüe no asimilan las cargas contaminantes vertidas en ellos porque sobrepasan sus capacidades de autodepuración. Uno de los factores que ejercen presión sobre el estado del agua es que hay carencia de una infraestructura higiénico-sanitaria acorde con la capacidad de demanda de la ciudad, entre los barrios más afectados se encuentra Alcides Pino, La Aduana, Nuevo Llano y Harlem.

El sector de Salud Pública tiene identificados las entidades que constituyen focos para los ríos de Holguín, estos son los Hospitales provinciales, Vladimir Ilich Lenin, Clínico Quirúrgico Lucía Íñiguez y el pediátrico Octavio de la Concepción y la Pedraja. Estos se trazan proyectos en conjunto con recursos hidráulicos para tratar las aguas residuales y la disminución de cargas contaminantes⁴⁷.

La Dra. Sandra Quevedo, especialista de primer grado en Higiene y Epidemiología y representante del grupo de bahías y cuencas hidrográficas en Salud Pública, señaló algunas de las medidas que se ejecutan en estos centros médicos para disminuir la contaminación hacia los ríos, para ello se trata la descontaminación con hipoclorito de sustancias que van hacia el alcantarillado, la sustitución de rejillas y tragantes y la adecuada función de las trampas de grasa que existen en los hospitales. El sector de Salud Pública no es el único factor que influye en la contaminación de los ríos, se debe resaltar problemas

⁴⁶ Cuando el río suena. Disponible en <http://www.ahora.cu/secciones/punto-de-mira/21876-cuando-el-rio-suena-el-jiguee-maranon-trae-fotos>. Consultada el 25-11-2016.

⁴⁷ Cuando el río suena. Disponible en <http://www.ahora.cu/secciones/punto-de-mira/21876-cuando-el-rio-suena-el-jiguee-maranon-trae-fotos>. Consultada el 25-11-2016.

tan comunes como la deforestación, los vertederos ilegales, las construcciones en los márgenes de los ríos y la cría de animales en condiciones inapropiadas y antihigiénica.

Por otra parte, la Ley número 81 del Medio Ambiente, manifiesta una serie de artículos referidos al tratamiento conservación y preservación del medio ambiente para los cubanos. En el documento se expone que la protección del medio ambiente constituye un factor relevante a los fines de la defensa nacional, también reconoce al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA) como el único organismo acreditado con un cuerpo legal para aplicar sanciones tanto a los ciudadanos como el sector industrial y empresarial, estas aparecen en el decreto ley 190⁴⁸.

Entre los focos contaminantes de los ríos se encuentran las fábricas e industrias. Los daños causados por estas son los contenidos líquidos y altos niveles de vertimientos, ya sean líquidos o sólidos. Algunas instituciones como la Empresa de Conservas de Frutas y Vegetales, Turquino, toman medidas para disminuir el impacto. La especialista principal en gestión del establecimiento, María Lázara Pérez Vázquez, declaró que la fábrica genera gran cantidad de residuos líquidos y sólidos, pero se separan para poder darles uso en la alimentación animal. También cuentan con un proyecto para establecer una planta de residuales, del cual ya está terminando el estudio de factibilidad, aprobada la microlocalización, la demanda y la importación de equipos. Sin embargo, declaró que al río van los enjuagues que contienen valores de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y DQO (demanda química de oxígeno) por encima de los admitidos.

A pesar de todas estas medidas que se realizan, los ríos de la ciudad de Holguín conservan un alto nivel de contaminación y deterioro, dañando el ecosistema que los rodea. Por esto se debe realizar la renaturalización de ríos, no solo en el objeto y campo de esta investigación, sino a todos los ríos en la ciudad de Holguín.

⁴⁸ Cuando el río suena. Disponible en <http://www.ahora.cu/secciones/punto-de-mira/21876-cuando-el-río-suena-el-jiguee-maranon-trae-fotos>. Consultada el 25-11-2016.

Conclusiones del capítulo

- 1.** La determinación del estado del arte propicia una mejor comprensión de la renaturalización de ríos, pues se atraviesa un proceso de desarrollo y perfeccionamiento, que incide positivamente en la implementación de los ríos. Cuya consideración resulta imprescindible para orientar y encaminar este proceso hacia la alternativa de un futuro para un mejor ecosistema.
- 2.** El análisis de los fundamentos teóricos y metodológicos permite la búsqueda de las bases, principios, objetivos y técnicas que se aplican en la renaturalización de ríos. Se viabiliza la obtención de información de manera que se destacan los beneficios si se lleva a cabo una correcta ejecución donde se cumplan los parámetros y se apliquen en operaciones seguras de manera productiva y eficiente.
- 3.** La implementación de los métodos de investigación científicos evidencia que la renaturalización de ríos en los países del subdesarrollo casi no se realiza y Cuba no está excepta.

CAPÍTULO – II: PROPUESTA DE MEDIDAS PARA LA RENATURALIZACIÓN DEL RÍO JIGÜE DESDE SUS ORÍGENES HASTA LA AVENIDA MARIANO TORRES

En el presente capítulo se desarrollará la propuesta de medidas para la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres (Figura 13).



Figura 13 Río Jigüe en el tramo de investigación
Fuente: Mapa de la ciudad de Holguín

II.1 Diagnóstico de la zona de estudio

A continuación, se realiza la caracterización de la zona en donde se encuentra el tramo de estudio a partir de la localización, características climatológicas y topográficas.

- Localización

La zona, en donde se encuentra el tramo de estudio, está delimitada desde la Avenida Mariano Torres hasta la calle 16, entre la 15 y 17, pertenecientes al reparto Nuevo Llano de la ciudad de Holguín. En sus cercanías no existen industrias o comercios de importancia.

- Características climatológicas

La humedad media anual en el municipio de Holguín es de 77%. El acumulado de las precipitaciones anuales es de 1212 mm. La temperatura media anual es

de 25,3 °C. El viento sopla mayormente en dirección Este a una velocidad media anual de 9.7 km/h⁴⁹.

- Topografía

La topografía se caracteriza por ser plana y regular. Presenta pendientes que van disminuyendo en dirección hacia el río, lo cual provoca que muchas veces se inunde una gran parte del área. La falta de dragado del río y el estrechamiento de su cauce debido a las construcciones realizadas en sus riberas propicia esta situación.⁵⁰

II.1.1 Estado actual del río Jigüe en el tramo de investigación

En este epígrafe se reflejan los problemas que presenta el río Jigüe en el tramo de la investigación como es el agua, la biodiversidad, la flora y vegetación, la deforestación y las inundaciones.

- Agua

El aumento de la población en el reparto Nuevo Llano es un problema para la eliminación de las aguas residuales, la basura es distribuida en los alrededores y las aguas de desechos no tratadas son vertidas en el río. Con esto la autodepuración natural de las aguas está demasiado exigida por las cantidades emergentes de aguas residuales de hoy en día. La alta contaminación de las aguas, amenaza la vida del río debido a procesos con gran consumo de oxígeno. El proceso de deforestación de los bosques se extiende durante los últimos años y lleva al aumento de la sedimentación en el cuerpo de agua y a causa de la ausencia de árboles, a un aumento de la escorrentía superficial.

Por la acumulación de la basura en las aguas, cambian las cualidades biológicas, físicas y químicas lo que provoca el daño y retroceso de la biodiversidad acuática. Otro factor es la urbanización continua, lo cual provoca una ampliación de la compactación del suelo y en etapas de lluvias aumenta la escorrentía superficial y al llegar al río aumenta el nivel del agua. El crecimiento de la expulsión de sustancias nocivas por la ampliación de las zonas industriales carga

⁴⁹ Ocaña, Rosa Elena.(2012): Trabajo de Diploma "Solución para una planta de tratamiento para 10 personas en zonas urbanas".

⁵⁰ Ocaña, Rosa Elena.(2012): Trabajo de Diploma "Solución para una planta de tratamiento para 10 personas en zonas urbanas".

además las aguas superficiales. La carga más grande de los cuerpos de agua es la introducción de agua residual de cada tipo. Por los déficits de la infraestructura hidrosanitaria y las plantas ausentes de tratamiento de aguas residuales, el agua subterránea y los paisajes del río están contaminados en alto grado por material orgánico y sustancias tóxicas. Esto aumenta al mismo tiempo el peligro de la expansión de bacterias fecales y otros patógenos peligrosos y por lo tanto el peligro de contagio por enfermedades como tifus, cólera, leptospirosis y hepatitis.

A continuación, se muestra una tabla con algunos elementos y sus impactos al cuerpo de agua.

Tabla 1: Evaluación ecológica de la introducción de pequeñas cantidades de agua corriente.

Parámetros	Efectos de la introducción de aguas corrientes
Temperatura	Al aumentar la temperatura, la concentración de oxígeno disminuye, las necesidades de oxígeno de los organismos crecen
Sustancias nutritivas	Eutrofización
Oxígeno	Contenidos bajos de oxígeno producen efecto letal
Materias turbias	Obstrucción con aluvión, efecto letal en algunas plantas acuáticas
Concentración de iones	Difusión de los organismos (tolerancia de sal)
Materias tóxicas	Efecto agudo o crónico, efecto genético-tóxico
Bacterias fecales, virus	Perjuicio higiénico
Caudal	Erosión en el lugar de introducción, erosión en el cauce y las riberas, daño de la flora por grandes congestiones

Fuente: Hasseluhn, 2010.

El río también está muy dañado, por los cambios creados antropogénicamente en su comportamiento de flujo. En primer lugar, se debe contar la rectificación del curso del río, en el cual hay una pérdida de diversidad estructural y una disminución de especies vegetales y animales que están adaptadas a los hábitats específicos en el río, en segundo lugar la deforestación de los bosques a la orilla del río conlleva a la pérdida de los márgenes bancarios y por tanto a la

disminución de especies acuáticas y semiacuáticas así como un crecimiento de las algas y además al calentamiento del arroyo.

Los factores anteriormente mencionados, provocados por la mano del hombre, afectan severamente el estado de contaminación de las aguas del río Jigüe, aparte de estos, también se deben tener en cuenta otros como⁵¹:

-La intensa sequía que afecta el territorio en los últimos años que ha incrementado la demanda de abasto de agua hacia las aguas subterráneas.

-La infiltración al manto freático de aguas residuales de origen doméstico por la alta concentración de fosas y letrinas construidas en la ciudad, debido que a que el sistema para la recolección de estas aguas se construyó 50 años atrás de forma limitada y solo para el centro histórico que posteriormente se amplió. Esta situación se ha mantenido hasta la actualidad a excepción de los desarrollos habitacionales en edificios multifamiliares construidos en los años 70 y 80.

-Las deficiencias en el saneamiento de las aguas residuales domésticas se producen por el déficit de combustible para los insuficientes carros cisternas (dos equipos para el servicio al municipio), se añade a esto el mal estado técnico, por lo que se rompen constantemente y trae como consecuencia que se alarguen los ciclos de limpieza de fosas, provocando desbordamientos que afectan la calidad de las aguas subterráneas.

-El déficit de redes de alcantarillado y el mal funcionamiento de este provoca frecuentes tupidiones y derrames hacia las vías y arroyos cercanos, además, el vertimiento de residuales porcinos por la crianza de animales en las viviendas y otras materias orgánicas sin degradar.

-Falta de un sistema final para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del alcantarillado, en las que se incluyen residuales líquidos de origen hospitalario que se depositan a esta red sin tratamiento previo.

- Biodiversidad

⁵¹Perspectivas del Medio Ambiente GEO Holguín

En el tramo de estudio el crecimiento de la población ha alterado profundamente las condiciones naturales del río presentando problemas serios en todo su recorrido donde se invalida gran parte del cauce.

El crecimiento desordenado de las viviendas, sus carencias cívicas y sanitarios hacen que se considere al río Jigüe como un colector de desperdicios al que se arroja basura y todos los residuos de las actividades humanas, lo que dificulta y encarece su aprovechamiento (Figura 14).



Figura 14 Río Jigüe de la ciudad de Holguín en el tramo de la investigación
Fuente: Elaboración propia

En la zona en la que el Jigüe atraviesa el reparto Nuevo Llano las construcciones llegan hasta el borde mismo del río. Con el pasar del tiempo el ancho del río se reduce a tal punto que no se le puede llamar río (Figura 15). Todo esto provoca la pérdida de especies naturales del río y da origen a la proliferación de roedores, cucarachas, mosquitos y otros que afectan el bienestar social.



Figura 15 Río Jigüe de la ciudad de Holguín en el tramo de la investigación
Fuente: Elaboración propia

- Flora y vegetación

La flora y la vegetación del río Jigüe ostenta un alto grado de deterioro pues apenas existen especies exponentes de la flora de antaño. La cuenca del río es deforestada en la medida que crece el perímetro de la ciudad de Holguín. Solo en algunos lugares aislados se encuentran grandes árboles de *Andira inermis* (Yaba).

Con el paso del tiempo y la consecuente asimilación del territorio la mayoría de los cuabales que rodean la ciudad han sido impactados por diversos motivos: tala de especies leñosas para ser utilizada como combustible, pastoreo, existencia de microvertederos y la introducción de especies vegetales exóticas. Dentro de las especies exóticas se destacan por su incidencia y peligrosidad la lengua de vaca (*Sansevieria trifasciata*), marabú (*Dichrostachys cinérea*), eucalipto (*Eucalyptus spp*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y árbol del Neem. Estas tres últimas especies son introducidas intencionalmente mediante planes de reforestación llevados a cabo por la Empresa Forestal Integral.

- Deforestación



Figura 16 Bosques galería antropizados en los ríos fuera del perímetro de Holguín
Fuente: Hasseluhn, 2010

La deforestación viene acelerando todos los procesos de degradación en el río, ya que elimina por completo los bosques galería (Figura 16), que estos protegen la ribera del río, todo río tiene una ladera erosiva y una ladera acumulativa y en ambos lados la vegetación es abundante, si se retira esa vegetación todos los procesos erosivos, sobre todo la ladera erosiva y la arena acumulada, los procesos de avenida o de gran caudal a partir de las precipitaciones arrastran y el río se degrada hacia las laderas y todo lo que se encuentre a su paso es

destruido. Las viviendas que ocupan el patrimonio del río, en periodos de alta precipitaciones, le devuelve la energía original y busca naturalmente su cauce que fue ocupado, por lo que la deforestación acelera los procesos de degradación de la corriente fluvial.

- Inundaciones

El reparto nuevo Llano se encuentra entre una de las zonas más afectadas por las inundaciones que son provocadas por el desbordamiento del río cuando caen intensas lluvias durante varias horas o días, productos de ciclones, depresiones tropicales, tormentas locales u otros fenómenos meteorológicos severos que generalmente ocurren durante los meses de mayo a octubre que es el período lluvioso para el territorio, o de junio a noviembre que es la temporada ciclónica.

El reparto no se afecta totalmente, sino en las partes donde cruza el río, donde hay estrechamiento y obstrucción del cauce natural por la construcción de viviendas e instalaciones, y el vertimiento de desechos sólidos por parte de la población y las industrias, todo esto hace que el volumen de agua sea mayor que el cauce y por consiguiente ocurran estas situaciones. En el tramo de la investigación, en el reparto Nuevo Llano, las calles con mayores problemas de inundaciones son la calle 1^{ra} (Figura 17) y la 30 (Figura 18).



Figura 17 Calle 1^{ra}

Fuente: Elaboración propia



Figura 18 Calle 30
Fuente: Elaboración propia

II.2 Caracterización físico-química de las aguas del río Jigüe

En la valoración de la calidad del agua existe una multitud de factores diferentes. Se realizó la ejecución de toma de muestras y se analizaron dos componentes fundamentales: el físico y químico. Estas muestras se toman en un período de una semana, de lunes a sábado en el horario de la mañana y en diferentes tramos. El primer tramo es el inicio del río, el segundo tramo es a 173.3 m y el tercer tramo es a 444 m (Figura 19).

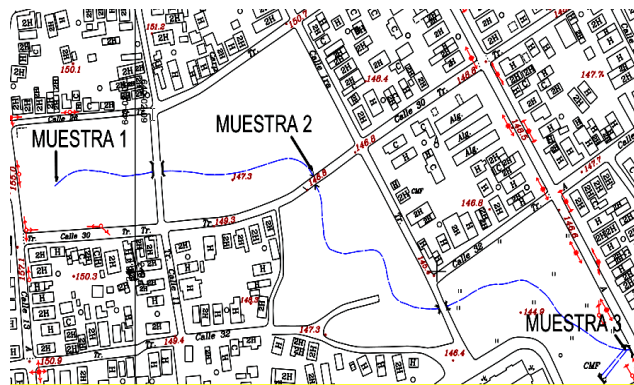


Figura 19 Lugar de las tomas de muestra
Fuente: Elaboración propia

II.2.1 Caracterización física de las aguas

Los parámetros más importantes para la determinación más exacta de la calidad del agua son: el valor de pH, la conductibilidad eléctrica, la determinación de la temperatura y la concentración de oxígeno. Debido a que el Departamento de Construcciones de la Universidad de Holguín no contaba con el equipamiento completo no se pudo realizar la conductibilidad eléctrica y la concentración de oxígeno.

- Valor de pH

El valor de pH es igualmente muy decisivo para la valoración de las características de agua. La escala de valores de pH posibles llega de pH 0 (extremadamente ácido) hasta pH 14 (extremadamente alcalino). Sin embargo estos valores extremos no se alcanza normalmente en las aguas contaminadas. Por lo general los valores ideales de pH se encuentran entre pH 7 y pH 8-8.5.

- Temperatura

La temperatura del agua es un factor que influye en casi todo los procesos físicos, químicos y biológicos en las aguas. Por su determinación es indispensable en la interpretación de los parámetros de la calidad del agua restante, así como los procesos que ocurren en las aguas. Todos los organismos que viven en el agua están adaptados a una determinada área de temperatura y poseen una temperatura de preferencia. Ellos pueden aguantar desviaciones y especialmente calentamientos sólo hasta cierto grado, además ellos mueren a causa del calor.

- Evaluación

En la Figura 20 se puede observar el comportamiento del resultado obtenido del pH. Este resultado es comparado con la tabla 1 y de la NC.1021:2014, donde el pH está en un intervalo de 6-8.5 y se aprecia que el valor obtenido es de 7.82. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de la temperatura y el pH en cada muestra.

Tabla 2: Resultados obtenidos de la temperatura y pH

No. Muestra	pH (U)	Temperatura (°C)
1	7.88	27.7
2	7.76	27.83
3	7.82	28.1

Fuente: Elaboración propia

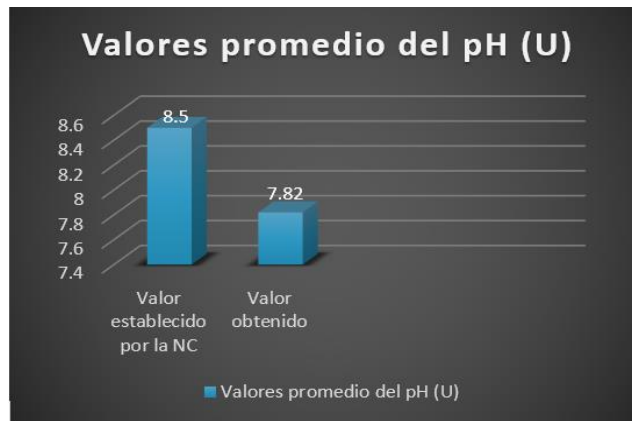


Figura 20 Valore promedio del pH
Fuente: Elaboración propia

II.2.2 Caracterización químicas de las aguas

Para determinar la calidad del agua se pueden utilizar los parámetros químicos. Estos dan un estado actual del agua. Debido a las limitadas posibilidades de llevar a cabo un análisis químico en la universidad de Holguín, se han remitido los parámetros, el amonio, el nitrato, nitrito y el fosfato.

- Amonio

El amonio pertenece a los indicadores más importantes de la contaminación de las aguas. En los valores de pH usuales en el agua del río, el amoniaco existe exclusivamente como amonio (NH_4^+). El amonio se origina en la descomposición de sustancias orgánicas ricas en nitrógenos, por microorganismos con condiciones pobres en oxígenos.

- Nitrato

El nitrato (NO_3^-) es una sustancia nutritiva principal, y tiene por eso una influencia muy positiva en el crecimiento de las plantas. Por las concentraciones de nitrato en grandes cantidades y por erosiones de tierra, a menudo se miden altos contenidos de nitrato en aguas cercanas a la campiña agrícola. Por la producción aumentada de plantas en las aguas, los procesos de degradación del material de plantas muertas aumentan también, esto puede llevar a la muerte del biotopo de aguas.

- Fosfato

El fósforo es muy reactivo, por eso no existe en la naturaleza elemental, sino como fósforo atado orgánicamente. Hasta ahora el fósforo no tiene ninguna

cualidad mostrada que daña la salud, puede actuar como el nitrato, promoviendo el crecimiento de las plantas.

- Evaluación

Tabla 3: Resultados obtenidos

No. Muestra	NO ₃ ¹⁻ mg/L	NO ₂ ¹⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Cl ₂ mg/L	Temperatura (°C)
1	100	0.1	66.7	60	1.33	27.7
2	16.6	0	58.3	97.5	0.67	27.83
3	16.7	0	100	78.8	1	28.1

Fuente: Elaboración propia



Figura 21 Valor promedio del Nitrato obtenido vs. Valor Normado
Fuente: Elaboración propia



Figura 22 Valor promedio del Nitrito obtenido vs. Valor Normado
Fuente: Elaboración propia



Figura 23 Valor promedio del Cloro obtenido vs. Valor Normado
Fuente: Elaboración propia

Con los resultados del Nitrito (NO_2^{1-}), Nitrato (NO_3^{1-}) y Amonio (NH_4^+), mediante la utilización de la fórmula siguiente se obtiene la concentración de Nitrógeno (Tabla 5). En la Tabla 4 se muestran las masas molares de las sustancias.

$$\text{Nitrato: } m(\text{N}) = \frac{M(\text{N})}{M(\text{NO}_3^-)} \times m(\text{NO}_3^-) = \frac{14 \text{ g/mol}}{62 \text{ g/mol}} \times 0,044 = 0,0099 \text{ g/l} \quad (\text{Ec. 2.0})$$

$$\text{Nitrito: } m(\text{N}) = \frac{M(\text{N})}{M(\text{NO}_2^-)} \times m(\text{NO}_2^-) = \frac{14 \text{ g/mol}}{42 \text{ g/mol}} \times 0,00003 = 0,00001 \text{ g/l} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$\text{Amonio: } m(\text{N}) = \frac{M(\text{N})}{M(\text{NH}_4^+)} \times m(\text{NH}_4^+) = \frac{14 \text{ g/mol}}{18 \text{ g/mol}} \times 0,079 = 0,0614 \text{ g/l} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Tabla 4 Datos de Masas molares de las sustancias

Sustancias	Masa Molar(g/mol)
Nitrato	62.0049
Nitrito	42.0055
Amonio	18.0383

Fuente: Abreu, 2016

Tabla 5 Concentración de Nitrógeno obtenido por cada muestra y total

No. Muestra	m(N)(mg/L)
1	9.9
2	0,01
3	61.4
Σ	71.31

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la concentración de Fósforo se utilizó los resultados de Fosfato (PO_4^{3-}) presente en el agua del río analizada y las masas molares de las sustancias (Tabla 6) se realizó el procedimiento anterior obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 7:

$$\text{Fosfato: } m(P) = \frac{M(P)}{M(PO_4^-)} \times m(PO_4^-) = \frac{31 \text{ g/mol}}{95 \text{ g/mol}} \times 0,0667 = 0,0218 \text{ g/l. (Ec. 2.3)}$$

$$\text{Fosfato: } m(P) = \frac{M(P)}{M(PO_4^-)} \times m(PO_4^-) = \frac{31 \text{ g/mol}}{95 \text{ g/mol}} \times 0,0583 = 0,019 \text{ g/l. (Ec. 2.4)}$$

$$\text{Fosfato: } m(P) = \frac{M(P)}{M(PO_4^-)} \times m(PO_4^-) = \frac{31 \text{ g/mol}}{95 \text{ g/mol}} \times 0,1 = 0,0326 \text{ g/l. (Ec. 2.5)}$$

Tabla 6 Datos de Masas molares de las sustancias

Sustancias	Masa Molar(g/mol)
Fósforo	30.9738
Fosfato	94.9714

Fuente: Abreu, 2016

Tabla 7 Concentración de Fósforo obtenido por cada muestra y total

No. Muestra	m(P)(mg/L)
1	21.8
2	19
3	32.6
Σ	73.4

Fuente: Elaboración propia

A partir de las tabulaciones y gráficos realizados de valores obtenidos vs. Valores normados (Figura 21,22 y 23) se puede llegar a la conclusión que el valor medio del Nitrito obtenido se encuentra superior según lo establecido por la NC.1021:2014. Los valores de Nitrato y Cloro se encuentran en el límite permisible con respecto a los normados. Hay que tener en cuenta que en la semana que se realizó la toma de muestra estuvo lloviendo y ocasionó una disminución de los nutrientes fundamentales de la misma, pero esto no significa que no exista contaminación en el agua analizada.

II.3 Propuesta de renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres

II.3.1 Entrevistas realizadas

Se realizaron entrevistas el 12/05/2017 a 45 viviendas que se encuentra en las riberas del río en el tramo de investigación para conocer la situación actual presente en esta localidad. Las preguntas que se hicieron están en el Anexo 1

- Resultados de las entrevistas

Según los resultados obtenidos a las personas sobre sus viviendas, estas no tienen alcantarillado, fosas comunes o fosas sépticas, los desechos líquidos van a dar al río incluyendo que la gran mayoría de las viviendas tienen crianza de cerdos en sus patios y los desechos de estos también van a dar al río (Figura 24). No tienen supiaderos por lo que los desechos sólidos se acumulan al frente de las viviendas en la espera de que el personal de comunales venga a buscarla, como estos demoran o casi nunca vienen, la basura va a dar al río. Las viviendas como casi todas han ocupado el cauce del río y en tiempo de fuertes lluvias todo se inunda y el agua ha llegado a dos metros de altura (Figura 25).

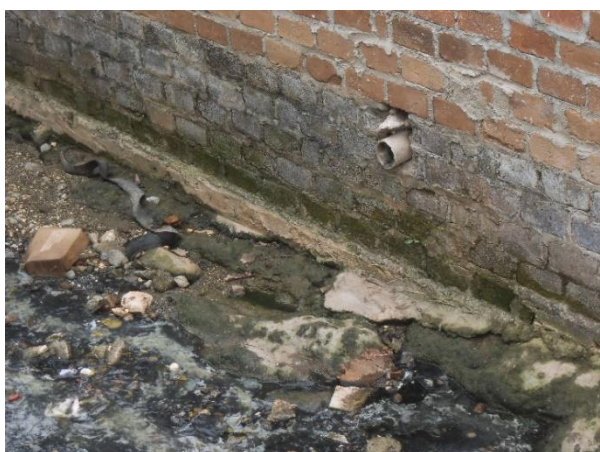


Figura 24 Vertimiento directo al río en el tramo de investigación
Fuente: Elaboración propia



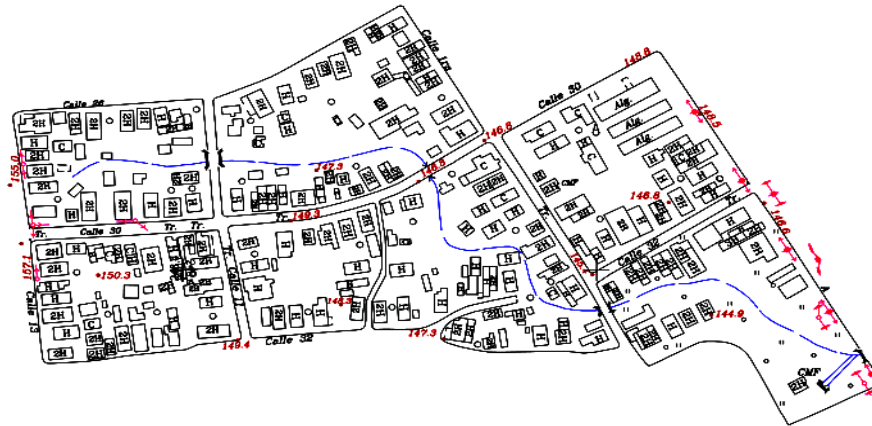
Figura 25 Altura del agua en tiempo de lluvias fuertes o ciclón
Fuente: Elaboración propia

II.3.2 Elaboración de una serie de medidas para la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres

Para lograr la renaturalización del río en el tramo de la investigación antes que todo es necesario cuidar sus aguas por muy escasas que sean. Sin la recuperación del comportamiento de la corriente natural y la creación del hábitat para la flora y fauna del río, este está demasiado exigido en su papel de autodepuración y la carga contaminante es demasiada. La transformación al modo natural del agua corriente es una medida de largo tiempo para una reestructuración de un sistema de aguas. Pero el desarrollo de la dinámica propia se puede acelerar por una serie de medidas de ingeniería hidráulica.

A continuación, se muestran una serie de medidas fundamentales:

- Se puede apreciar en la Figura 26 como están ubicadas las viviendas en las riberas del río en el tramo de investigación, esto atenta contra el mejoramiento del río, por lo que se elimina 6 metros a ambos lados del río con excepción a los últimos 138 m. En este tramo el río presenta un ancho de 4m por lo que no es necesario ensanchar el cauce de este y quedará como se ilustra en la Figura 27.



anteriormente. La vegetación en las orillas las protege de la erosión y minimiza la introducción de materia en la zona de influencia.

- Para la continuidad de la corriente se draga y se ensancha la sección transversal del río, lo cual resulta en procesos hidromorfológicos más naturales y al mismo tiempo evita las inundaciones.
- Para mejorar la calidad del agua, se define que la fuente de contaminación es puntual y se trata con plantas depuradoras.
- Para evitar que los ciudadanos que viven aledaños al río tiren la basura hacia este, se debe colocar supiaderos en sus alrededores.
- Realizar un programa de educación ambiental en donde se exponga la necesidad de cuidar el río y la importancia que tiene este hacia la ciudad de Holguín.

Conclusiones del capítulo

- 1- Se realiza el diagnóstico de la zona y del río en el tramo de la investigación en donde se observa los problemas existentes y demostró la necesidad de una propuesta de renaturalización de río.
- 2- Se realiza la caracterización físico-química del agua para los parámetros del pH, nitrato, nitrito y cloro, los cuales se compararon con la NC 1021.2014: "Higiene comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria". También se hallaron los valores del nitrógeno, fósforo y temperatura.
- 3- Con la ayuda de entrevistas realizadas y la aplicación de las diferentes técnicas de renaturalización de ríos se elaboró la propuesta de renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres.

CONCLUSIONES GENERALES

- 1- La consulta del marco teórico referencial en relación con el objeto y campo de la investigación posibilitó caracterizar teórica y conceptualmente la renaturalización de ríos.
- 2- Como resultado de la implementación de los métodos de análisis histórico-lógico y análisis documental se pudo caracterizar desde una dimensión histórica el surgimiento y evolución de la renaturalización de río en el mundo y en Cuba.
- 3- La triangulación de la información procedente del análisis histórico, caracterización teórico -conceptual y el análisis diagnóstico del objeto y el campo de la investigación permitió identificar las causas que han estado incidiendo en la manifestación del problema de investigación. Las mismas se refieren al desconocimiento de las características físico – químicas del agua que se genera en el objeto de la investigación.
- 4- La propuesta de la renaturalización del río Jigüe desde sus orígenes hasta la Avenida Mariano Torres permitirá la creación de un parque natural para beneficio de la ciudad de Holguín.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda:

- 1- Realizar ensayos en laboratorios certificados para poder determinar todos los valores establecidos en la NC 1021.2014: "Higiene comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria", para poder determinar el grado de contaminación existente en las aguas del río Jigüe en el tramo investigado.
- 2- Diseñar un modelo matemático en el software HEC-RAS para poder conocer con exactitud la altura que alcanza el nivel de crecida del río Jigüe en el tramo de investigación en temporadas ciclónicas o de fuertes lluvias.
- 3- Socializar los resultados para concientizar a la población.
- 4- Realizar el diseño de un alcantarillado para las viviendas aledañas al río en el tramo de investigación.
- 5- Realizar la elaboración de un programa de educación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Abreu, Liana: "Propuesta de una planta de tratamiento experimental para la sede universitaria Oscar Lucero Moya". (Trabajo de Diploma). Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero, Holguín, Cuba, junio 2016.
- 2- Avanza recuperación del Río Bogotá. Disponible en <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/4-2015-avanza-recuperacion-del-rio-bogota>. Consultada 17-02-2017.
- 3- Boom' de fauna en el Manzanares tras su renaturalización. Disponible en <http://www.madridiario.es/440884/fauna-aves-renaturalizacion-manzanares>. Consultada el 09-02-2017.
- 4- ¿Cómo abordar un proyecto de restauración fluvial? Disponible en <http://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/agua-y-ecosistemas/la-restauracion-de-rios-y-riberas-el-territorio-fluvial/como-abordar-un-proyecto-de-restauracion-fluvial>. Consultada el 17-02-2017.
- 5- Como recuperar ríos y aguas contaminadas. Disponible en <http://www.infobae.com/2011/01/27/558707-como-recuperar-rios-y-aguas-contaminadas-como-las-del-riachuelo/>. Consultada el 11-02-2017.
- 6- Con experiencia de Alemania se busca recuperar el río Bogotá. Disponible en <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/experiencia-de-alemania-se-busca-recuperar-el-rio-bogot-articulo-540595>. Consultada el 24-02-2017.
- 7- Cuando el río suena, el Jigüe, Marañón trae (+Fotos, Video e Infografía). Disponible en <http://www.ahora.cu/secciones/punto-de-mira/21876-cuando-el-rio-suena-el-jiguee-maranon-trae-fotos>. Consultada el 25-11-2016.
- 8- Diseño y ejecución de proyectos de restauración y rehabilitación de ríos. Disponible en https://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/restauracionderios/jornadatecnica/docsdescarga/04_CHT.pdf. Consultada el 24-02-2017.
- 9- El Corredor Verde del río Guadiamar. Disponible en <http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/Proyectos/corredor-verde-del-guadiamar.asp>. Consultada el 18-03-2016.

- 10-El río Almendares y la creación de la ciudad más importante de Cuba. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos64/rio-almendares-creacion-habana-cuba/rio-almendares-creacion-habana-cuba2.shtml>. Consultada el 15-01-2017.
- 11-Energía eólica, cloacas y riego forestal. Disponible en <http://www.rionegro.com.ar/cartas/energia-eolica-cloacas-y-riego-forestal-FD2173373>. Consultada el 24-04-2017.
- 12-Estrategia de desarrollo rural para rescatar ríos contaminados. Disponible en http://imagenagropecuaria.com/2009/estrategia_de_desarrollo_rural_para_rescatar_rios_contaminados/. Consultada el 26-02-2017.
- 13-Felices, A.R (1998): "Introducción a la Hidráulica Fluvial".
- 14-Ferrero, L.M. (1996). Vegetación de ribera y sumergida: Estructura y función. Disponible en <https://www.um.es/asociaciones/proyectonutria/Docs/RestriosriberasGSchmidt.pdf>. Consultada el 28-02-2017.
- 15-Gutiérrez, B. (1999). Renaturalización de ríos en Alemania. Disponible en <https://www.um.es/asociaciones/proyectonutria/Docs/RestriosriberasGSchmidt.pdf> . Consultada el 28-02-2017.
- 16-Griffith, L. (1995). Reviviendo los Ríos. Disponible en <https://www.um.es/asociaciones/proyectonutria/Docs/RestriosriberasGSchmidt.pdf>. Consultada el 25-03-2017.
- 17-Hasseluhn, Sebastián. (2010): "Estudio de la contaminación de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Holguín y sus posibilidades de recuperación".
- 18-Holguín: sudor y rigor en Meteoro. Disponible en <http://www.radiorebelde.cu/noticia/holguin-sudor-rigor-meteoro-20140519/>. Consultada el 09-02-2017.
- 19-La renaturalización del río Emscher. Disponible en <https://www.deutschland.de/es/topic/cultura/ciudad-campo/la-renaturalizacion-del-rio-emscher>. Consultada el 19-03-2016.
- 20-NC 1021.2014: "Higiene comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria".

- 21-Ocaña, Rosa Elena. (2012): Trabajo de Diploma "Solución de una planta de tratamiento de aguas residuales para 10 personas en zonas urbanas. Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero Moya, Holguín, Cuba.
- 22-Posada, Julio Cesar. (2009): "Análisis del tramo del río Othun entre la vidriera y la estación eléctrica Belomente del municipio de Pereira utilizando los programas HIDROSIG JAVA y HEC-RAS".
- 23-Plantación de especies autóctonas en las riberas del río Camarmilla. Disponible en <http://www.ecologistasenaccion.org/article33574.html>. Consultada el 09-02-2017.
- 24-Quintero, Adriana del Pilar. (2009): "Referencias internacionales sobre restauración y mejora de ríos y quebradas urbanas".
- 25-Ríos de Polonia. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:R%C3%ADos_de_Polonia. Consultada el 20-03-2017.
- 26-Smidt, Guido. (2000): "Restauración de ríos y riberas".
- 27-Un buen impulso para recuperar los ríos europeos. Disponible en <http://e360yale.universia.net/un-buen-impulso-para-reparar-los-rios-europeos-largamente-explotados/>. Consultada el 02-12-2016.
- 28- Vargas, Aylin: "Diseño de una red de alcantarillado para el Reparto Libertad". (Trabajo de Diploma). Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero, Holguín, Cuba, julio 2016.

ANEXOS

Preguntas de las entrevistas:

- ¿Tiene conexión con el alcantarillado?
- ¿Poseen fosas sépticas?
- ¿Cada que tiempo se limpian las fosas sépticas?
- ¿Dónde depositan la basura?
- ¿En tiempo de intensas lluvias, hasta dónde llega el agua?

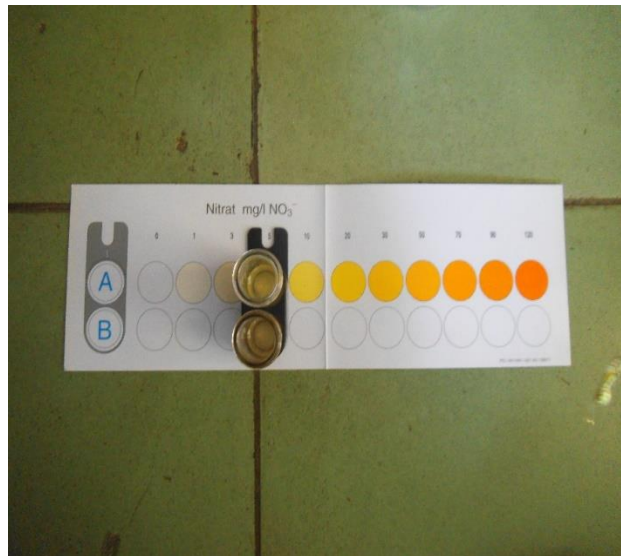
Anexo 1 Preguntas realizadas en las entrevistas
Fuente: Elaboración propia



Anexo 2 Instrumento para medir pH
Fuente: Elaboración propia



Anexo 3 Desagüe de los fregaderos de las casas hacia el río en el tramo de investigación
Fuente: Elaboración propia



Anexo 4 Instrumento para medir el Nitrato
Fuente: Elaboración propia



Anexo 5 Toma de muestra en el lugar de la investigación
Fuente: Elaboración propia



Anexo 6 Vertedero de basura en las riberas del río
Fuente: Elaboración propia



Anexo 7 Nacimiento de los manantiales que alimentan al río Jigüe
Fuente: Elaboración propia