



# UN ANÁLISIS TÉCNICO AMBIENTAL Y SOCIAL AL SISTEMA ACTUAL DE DRENAJES DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUS EFECTOS SOBRE LAGUNAS EN CARTAGENA

Harold Enrique Cohen Padilla, Martha Sofía Carrillo Landazábal, Elvira Gomez Verjel

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco  
Cartagena de Indias, Colombia

## Resumen

El desarrollo urbano más sostenible hace necesario tener todo un sistema de drenaje que solucione la problemática de las aguas de escorrentías, sobre todo en una ciudad como Cartagena, Colombia, ciudad rodeada de canales, lagunas caños ciénagas y el mar. Por estas circunstancias se presenta la problemática que genera el carecer de un adecuado drenaje urbano. El diseño y construcción de un adecuado sistema de manejo de aguas superficiales es una de las soluciones que requieren las ciudades en materia de desarrollo sostenible y planeación anticipada al problema de las correntias por lluvias, además de ser un vehículo de fortalecimiento del paisaje de la ciudad teniendo en cuenta que las ultimas revoluciones en este sentido, optan por embellecer de manera amigable con el ambiente, dando una sensación de tranquilidad y armonía, abriendo así una puerta más al empuje económico y la evolución "verde" de la ciudad porque se dan escenarios en la que los parques y senderos peatonales vinculan al ciudadano con la interacción del ambiente.

**Palabras clave:** drenajes de aguas superficiales; sistemas de aguas superficiales

## *Abstract*

*The most sustainable urban development makes it necessary to have a drainage system that solves the problem of runoff water, especially in a city such as Cartagena, Colombia, a city surrounded by canals, lagoons, swamp beds and the sea. Due to these circumstances, the problem that generates the lack of adequate urban drainage is*

*presented. The design and construction of an adequate surface water management system is one of the solutions required by cities in terms of sustainable development and early planning to the problem of rains, as well as being a vehicle for strengthening the landscape of the city Taking into account that the last revolutions in this sense, choose to beautify in a friendly way with the environment, giving a sense of tranquility and harmony, thus opening a door more to the economic thrust and the "green" evolution of the city because there are scenarios In which parks and pedestrian paths link the citizen with the interaction of the environment.*

**Keywords:** *surface water drainage; surface water systems*

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la sociedad y el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de una comunidad y su sostenibilidad en estos tiempos, han llevado a los grandes asentamientos urbanos a pensar y planear mejor las condiciones de vida. En ese orden de ideas y como lo dice el ex presidente y Lic. Enrique Peña Nieto en el documento (Gobierno del Estado de México, 2005-2011), al plantear y decir en su plan de desarrollo "que la visión de eso llamado deber ser se contrasta con las actividades y esfuerzos empleados para construir ello; igual que sucede con la prospectiva".

Latinoamérica ha dado pasos agigantados hacia un desarrollo urbano más sostenible y ese orden de ideas además de embellecer el paisaje urbanístico, se hace necesario tener todo un sistema de drenaje que solucione la problemática de las aguas de escorrentías, sobre todo en una ciudad como Cartagena rodeada de canales, lagunas caños ciénagas y el mar. Por estas circunstancias el proyecto debe ayudar al empoderamiento de las vías de acceso y de tránsito en las ciudades tendientes a reorientar el dinamismo de las comunidades al punto de entrelazar comedidamente los centros de comercio y de economía local con todo el entorno y resto de participantes de la sociedad, sin la problemática que genera el carecer de un adecuado drenaje urbano.

El diseño y construcción de un adecuado sistema de drenaje de aguas superficiales es una de las soluciones que requiere la ciudad en materia de desarrollo sostenible y planeación anticipada al problema de las corrientes por lluvias, además de ser un vehículo de fortalecimiento el paisaje de la ciudad, abrirá una puerta más al empuje económico y la evolución "verde" de la ciudad.

## II. ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA

Cartagena se encuentra ubicada en un sitio de alta confluencia de líneas de agua, las cuales cruzan las ciudad, haciéndola vulnerable ante los embates de la naturaleza ya que las planeaciones realizadas en esta materia datan de los años 1981 con algunas adecuaciones inconclusas de un par de mandatos gubernamentales anteriores. Esta situación se pone de manifiesto y se agudiza con cada nueva temporada de lluvias, las

cuales en los últimos años ha traído y prolongado la incertidumbre de aquellos habitantes de la ciudad más cercanos a las líneas y vías de escorrentías los cuales (y para infortunio de ellos) terminan siendo las clases menos favorecidas en el ámbito socio-económico, ya que Cartagena se ha caracterizado por que cerca del 80% de su crecimiento urbano ha sido mediante procesos informales, sin planificación ni ajuste a las normas urbanísticas de sus planes reguladores. Es por tanto que se hace necesario y pertinente adelantar el diseño, ojalá verde y sostenible, de un nuevo sistema de drenajes pluviales que solucione la problemática y traiga además de tranquilidad a la comunidad y la ciudad el desarrollo sostenible en esta materia de modo que los embates de los fenómenos de la niña, cada vez más crudos, no atenten contra la integridad de la población más vulnerable de la ciudad, al tiempo que se impacta positivamente y contribuye con el medio ambiente y por ende al aprovechamiento del agua.

Por estas razones, las condiciones hidráulicas e hidrológicas de los canales en Cartagena, han sido motivo de estudios por entidades públicas y privadas, de hecho, según el Plan Maestro de Drenajes Pluviales de Cartagena de Indias SIAB. (2012), (más si se sabe que “el crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta” López Cualla, R. A. (2003) y de acuerdo a Metcalf & Eddy. (1995) en la actualización de diciembre de 2007, más del 85% de la longitud de los canales principales de la ciudad (con el 88% del área de drenaje urbano) no son capaces de transportar caudales correspondientes a periodos de retorno de 10 años (mínimo recomendado por el RAS 2000), además de eso existe confluencia de las aguas lluvias que no son aprovechadas y si por el contrario terminan por contaminarse al hacer parte de los desagües de alcantarillado. El problema de mayor importancia se hace visible en el 83% de la longitud de los canales (con un área del 87% del área urbana de drenaje), donde estos, funcionando totalmente llenos, no tienen capacidad para transportar caudales con periodos de retorno de 2 años. De este modo, se estiman en la ciudad por lo menos 49 puntos críticos (o puntos de control hidráulico) en los cuales se presentarán inundaciones en periodos menores a dos años, como consecuencia de los desbordamientos en los canales directores del drenaje.

### III CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

Según el Ambiente: Uno de los elementos básicos a tener en cuenta, es que gran parte de este proyecto soporta su dinamismo y resultados a través de la capacidad de asimilación que la ciénaga de la virgen pueda tener sobre las calidad y cantidad de agua de escorrentía que llegará a ella, ya que como es sabido los canales pre existentes en la ciudad y pertenecientes a la zona 2, tienen causas y viertes sus aguas directamente en la ciénaga. El área de la ciénaga de Tesca o de la virgen, es una zona caracterizada por ser la principal vertiente de la cuenca hidrográfica de la ciudad, a donde concurren las aguas de escorrentías de los sectores aledaños, como la del cerro de la popa (que por ser cercana y de alta pendiente vierte directamente), de los asentamientos urbanos rivereños en donde por ausencia de un sistema adecuado, de alcantarillado y de manejo de aguas, estas llegan directamente a la ciénaga, lo mismo que la zona rural en donde las actividades de agricultura y ganadera contribuyen del mismo modo con aguas no

tratadas depositadas directamente. A pesar de lo que se piensa y se prevé de todo este desorden urbanístico, el aumento de la capacidad de oxigenación de la ciénaga por los trabajos realizados en la bocana han aumentado y mejorado las condiciones y la capacidad de auto regenerarse de la ciénaga a tal punto que hoy la vemos físicamente mejor y ambientalmente saliendo del atolladero en que se encontraban décadas atrás. Hay la ciénaga de virgen puede mostrar una mejor cara y ser centro de otros proyectos atractivos para la ciudad y el sector, (como el de la ampliación de la vía perimetral) que pretenden apalancar el desarrollo urbanístico de la ciudad llevando de la mano la localidad No 2.

Según el medio Hidro-Meteorológico, podemos decir que, en Cartagena de Indias, a pesar de ser una ciudad caribeña afectada por los resultados de los últimos cambios climáticos “se encontró una tendencia en la disminución de eventos extremos de lluvia (asociados con aguaceros), contrario con lo evidenciado” de acuerdo a información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. En el documento del Sistema de Información Ambiental atlas de climatología colombiana (2016), en la práctica, jamás es tocada por huracanes que si afectan a otras capitales caribeñas como La Habana, Santo Domingo, Kingston o San Juan. La razón de ello es que la ciudad está en el Caribe, pero bastante sureña, y aislada de las feroces corrientes huracanadas. El último huracán que tocó la ciudad fue Joanne en 1988, que vino debilitado luego de su paso por Puerto Rico de acuerdo al Informe final seguimiento de las condiciones meteorológicas y oceanográficas en el Caribe colombiano años 2001 – 2007. En el documento Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (2016) que se resumen en la tabla N°1 de los Promedios multianuales de los principales parámetros meteorológicos sobre la ciudad de Cartagena. Por todo lo anterior, y por los datos estadísticos recolectados de las últimas olas invernales en la ciudad, se hace necesario el proponer y establecer parámetros claros para un sistema adecuado y sostenible de drenajes para la ciudad.

De igual modo según Rojas, X. G, M. Lacoste, & M. Ulloque R., Edits (2014) Y Rojas, G. X., J. Blanco, & F. Navarrete, Edits. (2012), presentan planes hechos principalmente por convenios entre diversos organismos, entre otros, tales como Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias en 2012, Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial de Cartagena de Indias en 2014 y Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima (PLAN 4C) en 2014. En donde se busca orientar el desarrollo distrital incluyendo el tema de la adaptación al cambio climático como un tema transversal, que a su vez, se articula con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y el Plan de Gestión del Riesgo de acuerdo a SIAB. (2012).

#### **IV. LA NORMATIVA Y VENTAJAS DEL APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS**

Existen muchos países en donde la normativa ambiental no es tan fuerte y la preservación o conservación de los recursos siendo importante no es tan resguardada desde el punto de vista legislativo en Colombia, en este ámbito, la normatividad con relación al uso del agua cobra importancia y manifiesta una cantidad de leyes, decretos

y normas que vigilan el uso del agua como servicio público y como bien común; lo mismo que en materia ambiental en lo que se refiere al uso eficiente y racional del recurso hídrico; pero, en lo que a aguas lluvias, su uso, tratamiento, aprovechamiento y otros, en realidad es poco o nada lo que existe como aspecto a destacar, por ejemplo, la Ley 373 de 1997, en la cual se propende por el uso eficiente y ahorro del agua en el que se dice: "artículo 2o.- contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua, el cual deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua. en este documento también se habla o se comenta que: "artículo 5 las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. así mismo el : "Artículo 9o.- de la misma ley, nos habla de los nuevos proyectos en ellos se insta a las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua, deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable", lo anterior en aras de contribuir desde lo legislativo a que se den mecanismos de aprovechamientos de fuentes poco utilizadas (óptimamente) como lo son las aguas lluvias. otras normas como: Ley 142 de 1994 según el Régimen Básico de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (2014), que regula la prestación de servicios públicos incluyendo el de acueducto y alcantarillado, el Decreto 302 de 2000, por el cual se organiza y se hacen lineamientos para establecer regulaciones en las relaciones que se generan entre las entidades prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios, pero aun así, en éstas dos normas, de las que hablamos anteriormente, solo se mencionan las aguas lluvias, como parte de los desagües de cualquier edificación y adhiere responsabilidades de las redes internas de cualquier proyecto a la del urbanizador o constructor del mismo considerando datos del Informe Técnico sobre Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (2013) DNP.

Por otro lado, en el Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta la Ley 9 de 1979, y el Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, se confiere u otorga a las entidades y autoridades ambientales, el ejercicio del control y la regulación en materia de vertimientos y solo hace una mención, al aspecto técnico del agua lluvia como vertimiento directo y restringe la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas lluvias. lo anterior citando las principales leyes y decretos que tratan el tema de las aguas lluvias y su aprovechamiento, por otro lado dentro, normas como el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 en su literal D y la NTC 1500 INCONTEC (2004) código colombiano de fontanería, en las que se fijan a las aguas lluvias, únicamente como vertimiento o desagüe y se concentran únicamente en su captación y evacuación y dejando de lado la regulación y el control sobre el almacenamiento, retención o aprovechamiento de la misma, que es en últimas el principal insumo a tener en cuenta como mecanismo de producción, y conservación de acciones que lleven a la optimización del recurso hídrico.

Por todo lo anterior se puede mencionar que existe un marco regulatorio muy débil en materia de aprovechamiento de aguas lluvias para proyectos de orden local, específicamente en edificaciones, por lo cual se debe trabajar en ésta materia para potencializar el uso de técnicas que reduzcan la utilización y racionalización del agua, a través de uso de tanques colectores, sistemas de drenajes en hogares que pueden servir tranquilamente para usos como: riego de plantas, lavados internos en las casas, descargue de sanitarios y otros usos menores en donde la potabilidad del agua no es tan relevante (además que es de resaltar la alta condición físico química de esta clase de líquido). Separar las escorrentías de aguas lluvias de las del alcantarillado cobra gran importancia cuando estamos en una era de sobre población, industrialización y contaminación de los afluentes cercanos a los centros urbanos. Todo lo anterior cobra gran vigencia e importancia si analizamos todas las ventajas que conlleva si partimos de hechos como: en materia tarifaría por la reducción del consumo, disminución de los niveles de escorrentías, ideal para zonas de difícil acceso o de sistema de acueducto deficiente, es de fácil mantenimiento y amigable con el medio ambiente

## VII. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para el caso que nos atañe, realizaremos un cuadro comparativo de condiciones ambientales vs factores de riesgo de modo que se identifique claramente la afectación y se hagan los ajustes respectivos a los planes de manejo ambiental, apoyándonos en la siguiente referencia (Ver tabla No. 1 Matriz de evaluación cualitativa de impactos ambientales).

El área de la ciénaga de Tesca o de la virgen, es una zona caracterizada por ser la principal vertiente de la cuenca hidrográfica de la ciudad, a donde concurren las aguas de escorrentías de los sectores aledaños, como la del cerro de la popa (que por ser cercana y de alta pendiente vierte directamente), de los asentamientos urbanos rivereños en donde por ausencia de un sistema adecuado, de alcantarillado y de manejo de aguas, estas llegan directamente a la ciénaga, lo mismo que la zona rural en donde las actividades de agricultura y ganadera contribuyen del mismo modo con aguas no tratadas depositadas directamente.

Tabla No. 1 Matriz de evaluación cualitativa de impactos ambientales

ELEMENTO DEL MEDIO	POTENCIALIDAD IMPACTO	PARÁMETROS A CONTROLAR	PLAN DE ACCION O MEDIDAS CORRECTIVAS
Suelos	Pérdida real de suelo, alteración de características y cualidades edafológicas	Parámetros físicos (textura, porosidad, estructura, etc.), químicos (contenido materia orgánica, contaminantes, etc.), de alteración biológica y de meteorización física.	Disminuir alturas y suavizar pendientes de terraplenes y taludes, recubrir con vegetación e impermeabilizar taludes, evitar compactación, ...
Calidad del agua superficial y subterránea	Pérdida del control del agua de aguas de escorrentía por obras de construcción o desvíos no contemplados. (Maquinaria, vertederos, etc.) Filtraciones o contaminación de aguas.	Diseño adecuado de escorrentía y planos de los caños. Nivel del agua en los caños. Turbidez, pH, metales pesados, contaminantes orgánicos, inorgánicos. Pruebas de laboratorio antes, durante y después del proceso	Impedir vertimiento directo de fluidos. Diques de contención, lugares alejados para la limpieza de caños. Zonas de trabajo para mantenimiento de motores, planes de medida de emergencia ante vertidos accidentales
Otros factores adicionales	Efecto barrera, cambio de cauces naturales o accidentales de las aguas de escorrentías, cambio de procesos de erosión-sedimentación, riesgo de inundación Vertimientos accidentales Perforaciones de rocas o niveles geológicos. Nivel freático	Visual, cambios en la vegetación, Contaminación.  Control del Nivel freático	Medidas contra la erosión, mantener zonas de infiltración en áreas de recarga y acción tampón de la vegetación, Utilización de diques, canales perimetrales, Planeación de los mantenimientos y parqueo y manipulación de productos químicos. Evitar cultivos, zonas de pasto y especies vegetales sensibles en las cercanías de la carretera, plantar vegetación en zonas denudadas, proteger las zonas boscosas sensibles mediante señalizaciones.

Fuente: Los autores

A pesar de lo que se piensa y se prevé de todo este desorden urbanístico, el aumento del a capacidad de oxigenación de la ciénaga por los trabajos realizados en la bocana han aumentado y mejorado las condiciones y la capacidad de auto regenerarse a tal punto que hoy la vemos físicamente mejor y ambientalmente saliendo del atolladero en que se encontraban décadas atrás. Hoy la ciénaga de virgen puede mostrar una mejor cara y ser centro de otros proyectos atractivos para la ciudad y el sector, (como el de la ampliación de la vía perimetral) que pretenden apalancar el desarrollo urbanístico de la ciudad llevando de la mano la localidad No2. En ese orden de ideas establecimos un análisis a partir de la metodología del método de análisis semi- cuantitativo de relación de variables ambientales de modo que pudiéramos tener un criterio para dictaminar técnicamente el estado del sistema de drenajes de la ciudad de Cartagena y el impacto en las lagunas y caños, principalmente la Ciénaga de Tesca o de la virgen (ver tabla No. 2)



problemática ambiental anteriormente mencionada. Vale la pena tener en cuenta que la escorrentía superficial cada vez aumenta más por los canales como consecuencia de la pérdida de infiltración del suelo y por el aumento de área dura (pavimento rígido o asfáltico), en las zonas contiguas a los canales

Dentro de los impactos que pueden notarse con mayor énfasis, están los de la vegetación propia del manglar (como aspecto más preponderante) aunque el impacto a la comunidad no deja de preocupar; aunque en ninguno de estos casos no supone grandes cambios que pongan en peligro a ningunas de las dos partes, sin embargo hay que prestar atención sobre aquellas afectaciones secundarias o terciarias que se gestan como consecuencia de las relaciones de la comunidad con el medio circundante, que en ocasiones termina siendo origen de múltiples impactos que no siendo iniciados por obras o proyectos del estado, terminan siendo indexados a estos últimos sin ver que son causa más de la cultura ciudadana del entorno (como el problema de las basuras y los asentamientos ilegales). Como el manglar es la pérdida más significativa, hay que recalcar que se estaría impactando también toda la fauna que se sustenta en él: aves, pequeños crustáceos y otros reptiles que hacen parte de nuestro clima y hábitat caribeño

Los canales pluviales de la ciudad de Cartagena se encuentran en su gran mayoría sedimentados en su cauce por muchos factores, entre los que se destacan la deforestación de las cuencas aportantes a los mismos y la rápida pero desordenada urbanización de zonas que anteriormente funcionaban como amortiguadoras de los canales, sin respetar las franjas de protección de los mismos por lo tanto se hace necesario realizar un nuevo diseño que permita contemplar estas circunstancias pero que al tiempo corrija estos parámetros al incorporar en los cálculos: "las áreas de drenaje, los caudales de y el diseño de las vías de acceso/desagüe, cálculos de las escorrentías, capacidad hidráulica, intensidad de las lluvias", etc. IHSA. (1992 - 1997). Los represamientos observados en la red de drenajes de la ciudad son en su gran mayoría causados por la disposición inadecuada de basuras y ausencia de conciencia ciudadana para disponer los escombros y residuos de materiales de construcción en sitios adecuados para su disposición final, máxime si se tiene en cuenta que en Cartagena no existen escombreras autorizadas para tal fin, a excepción del Relleno Sanitario de los Cocos que cuenta con una celda especial, esto hace que esta problemática se acreciente combinada con los residuos sólidos. Esto nos infiere que la eventualidad de la temporada de lluvias se presentaras reboses de los caños y líneas de conducción de aguas, con la subsecuente posibilidad de contaminaciones y afectaciones a la comunidad, eso sin contar las filtraciones internas por la llegada de las aguas a zonas no preparadas para esto

Por la deficiencia del sistema de alcantarillado de la ciudad, la gran mayoría de los canales pluviales de la ciudad, especialmente los que vierten a la Ciénaga de la Virgen, presentan descargas directas de aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado. Actualmente la descarga se hace a cielo abierto sin ningún tratamiento, generando condiciones de insalubridad en los asentamientos humanos alrededor de los canales, especialmente en los sectores rivereños a la ciénaga y al cerro de la popa,

en los cuales los niveles de contaminación son tales que superan la capacidad de auto-regeneración de la Ciénaga de la Virgen y los Caños y Lagos de la ciudad.

Como consecuencia de los impactos antes descritos, existen otros problemas de afectación más significativa provocado sobre las diversas especies de manglar que tenemos en algunos caño y humedales del área de influencia de la cuenca hidrográfica de la ciénaga de la Virgen, provocando entre otros: cambios y migración de especies de fauna que depende y se nutre de la ciénaga; por lo que se debe conservar la vegetación del entorno que no se vea impactada y reponer aquella que sí. Por lo anteriormente dicho, se realizará repoblación de especies animales y /o vegetales (especialmente manglar) en zonas de alto y mediano impacto: manglar, externo, medio e interno. Como el manglar será la más afectada, se propone una reforestación equivalente al doble de la superficie impactada, es decir el equivalente a 40 a 45 ha lo que representa entre un 5 o 6% de la superficie de manglar que tiene la Ciénaga de la virgen, la superficie total se estima en 775 ha según datos del Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de La Virgen (2016). Esta repoblación debe hacerse a partir de propágulos de mangle que recolectaremos de las zonas de protección. Esta reposición vegetal se debe realizar atendiendo los requerimientos del área, las capacidades y condiciones de los tipos de individuos de manglar que poseemos en el área, así:

-*Rhizophora mangle*: Se situará en la primera franja del manglar, en los lugares con inundación permanente y valores de salinidad muy elevados (entre el 35% y el 40%). Para esta especie al estar en zonas inundadas se aconseja el uso de barreras protectoras hasta que se produzca el total enraizamiento.

-*Avicennia germinans*: Estará situado justo a continuación del mangle rojo, en zonas con una inundación no permanente y con unos índices de salinidad más moderados.

*Laguncularia racemosa*: Estará en la última franja en la que se produce inundación, ya que soporta periodos no muy prolongados de inundación y por lo tanto tolera unos índices poco elevados de salinidad.

-*Conocarpus erectus*.: Se situará en la periferia del manglar, en las zonas más elevadas y secas y con los valores de salinidad más bajos.

A partir de este estudio se pudo hacer una aproximación que estimo que un 35% del Sistema de drenajes se encuentra en estado crítico debido a su infraestructura, falta de mantenimiento y especialmente al diseño y obsolescencia; de ellos el 25% es inundable con el agravante que la población en su poca cultura ciudadana vierte sedimentos y elementos extraños que terminan afectada también la biodiversidad del entorno pues impactan, además de impedir una buena funcionalidad de los canales contaminan las fuentes hídricas tomadas como vertederos. Se espera que como resultado de estos estudios se tomen medidas pertinentes y necesarias para que corregir la anomalías detectada y que las acciones de mejoras contribuyan con un mejor vivir de la comunidad.

## IX REFERENCIAS

- Alcaldía mayor de Cartagena de Indias DT y C. Decreto No. 0977 de 2001, 20 de noviembre de 2001 "por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias". Recuperado el 14 de diciembre de 2016.
- Zamora Bornachera, A P; López Rodríguez, A, Trujillo Gedeón, V, Martínez Zuleta C, & G. y. Llinás, Edits. (2014). Alcaldía de Cartagena de Indias, MADS, INVEMAR, CDKN y Cámara de Comercio de Cartagena. (2014). Plan 4C: Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima. (Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 63.
- ICONTEC- Norma NTC 1500 (2004) Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - Norma técnica colombiana NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería.
- Rojas, X. G, M. Lacoste, & M. Ulloque R., Edits (2014). Invemar, MADS, Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias y CDKN. (2014). Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias. Informe técnico final (62), 222.
- Rojas, G. X., J. Blanco, & F. Navarrete, Edits. (2012) Invemar, mads, Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, CDKN. (2012). Lineamientos para la adaptación al cambio climático de Cartagena de Indias. Proyecto Integración de la Adaptación al Cambio Climático en la Planificación Territorial y Gestión Sectorial de Cartagena de Indias. (Documentos Generales del Invemar N° 55), 40.
- IHSA. (1992). Comportamiento Hidráulico Ambiental de los Caños y Lagos de Cartagena. Cartagena.
- IHSA, (1997). Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (1993). Creación del Banco de Datos para la Modelación Física de los Cuerpos de Agua de Cartagena. Cartagena.
- Informe Final Seguimiento De Las Condiciones Meteorológicas Y Oceanográficas en el Caribe Colombiano Años 2001 – 2007. (2016) Centro De Investigaciones Oceanográficas E Hidrográficas. Recuperado 14 de diciembre de 2016. [www.cioh.org.co](http://www.cioh.org.co)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2016) Sistema de Información Ambiental atlas de climatología colombiana. Recuperado 14 de diciembre de 2016 de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico>.
- Gobierno del Estado de Mexico (2005-2011) Plan de Desarrollo estado de México 2005-2011, Recuperado el 14 de diciembre de 2016 de [http://planeacion.uaemex.mx/InfBasCon/PD\\_GEM\\_2005-2011.pdf](http://planeacion.uaemex.mx/InfBasCon/PD_GEM_2005-2011.pdf).
- López Cualla, R. A. (2003). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (2 ed.). Bogota, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Metcalf & eddy, "Ingeniería de agua residuales ", 1995, McGraw-Hill, Capitulo 3: "Características de las aguas residuales".
- Ingeniería de aguas residuales: redes de alcantarillado y bombeo. Barcelona: McGraw-Hill. Monsalve Sánchez, G. (1999).

- Plan maestro de desarrollo: capítulo caracterización de la Ciénega de la virgen Recuperado 14 de diciembre de 2016 de
- [http://www.aerocivil.gov.co/Aerodromos/PMaestros/Documents/PM\\_Anexo%20VI\\_EIA%20y%20PM\\_v1.3.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/Aerodromos/PMaestros/Documents/PM_Anexo%20VI_EIA%20y%20PM_v1.3.pdf)
- SIAB. (2012). Propuesta para un plan integral como solución a los problemas de drenajes pluviales e intrusión de mareas en la ciudad de Cartagena agravados por el cambio climático. Sociedad de ingenieros y arquitectos de Bolívar. Cartagena: Informe de comisión de la SIAB.
- SNC. (2010). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá., República de Colombia: Ideam
- RAS 2000 (2016) Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Título D. Ministerio de Vivienda
- Informe Técnico sobre Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (2013) Departamento Nacional de planeación
- Régimen Básico de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (2014)

## AUTORES

- **Harol Cohen Padilla**, *Docente investigador programa de ingeniería industrial y producción industrial*. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena de Indias, Colombia, [hcohen@tecnocomfenalco.edu.co](mailto:hcohen@tecnocomfenalco.edu.co), [hcohen@h\\_ecp10@yahoo.es](mailto:hcohen@h_ecp10@yahoo.es)
- **Martha Sofía Carrillo Landazábal**, *Docente investigador programa de ingeniería industrial*. Coordinadora de investigaciones programa de ingeniería industrial, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena de Indias, Colombia, Correo: [marthacarrillo2007@gmail.com](mailto:marthacarrillo2007@gmail.com), [invest.industrial@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:invest.industrial@tecnologicocomfenalco.edu.co)
- **Elvira Gomez Verjel**, *Docente investigador programa de ingeniería industrial* Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena de Indias, Colombia, [egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)