

Análisis de procesos causales de los desastres asociados a fenómenos
hidrometeorológicos en la cuenca del río Yumbo, a la altura del municipio de
Yumbo

José Manuel Acosta Rodríguez

Trabajo monográfico

Presentado como requisito para Optar el Título

Ingeniero Ambiental

Ing. Liliana Rocío Beltrán Acevedo

Directora de Proyecto

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente

Programa De Ingeniería Ambiental

Palmira, septiembre De 2018

Dedicatoria

A mi DIOS todopoderoso,
Por su infinito Amor y Misericordia.

A mi Esposa e hijos,
Por su amor incondicional y el apoyo absoluto
Y constante en cada paso.

A mi Padre y mi Madre,
Por sus sabios consejos en el camino de la vida
y la guía en el camino de las ciencias y las letras.

Agradecimientos

Quiero dar agradecimiento muy especial a la ingeniera Liliana Rocio Beltrán, directora de proyecto, quien me ha brindado todo su apoyo en el proceso de investigación, y ha compartido sus valiosos conocimientos para el desarrollo de la presente monografía.

Agradezco también a mis jefes de sección, por permitirme la oportunidad y el tiempo para realizar mi carrera profesional, y a mis compañeros de trabajo que me apoyaron también en el proceso.

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen | 8 |
| Abstract..... | 9 |
| Introducción | 10 |
| 1. Descripción del problema | 13 |
| 1.1 Descripción | 13 |
| 1.2 Formulación | 14 |
| 1.3 Justificación | 14 |
| 2. Objetivos | 16 |
| 2.1 Objetivo general..... | 16 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 3. Marco teórico | 17 |
| 3.1 Fenómenos hidrometereológicos, variabilidad climática y riesgo | 17 |
| 3.1.1 Ciclos climáticos e hidrológicos globales..... | 17 |
| 3.1.2 El clima global y los fenómenos atmosféricos hidrometereológicos | 18 |
| 3.1.3 El factor de riesgo a partir de fenómenos hidrometereológicos..... | 20 |
| 3.1.4 Las avenidas torrenciales e inundación como fenómenos naturales | 21 |
| 3.1.6 Lluvia y variabilidad climática en Colombia | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.1.7 El riesgo de inundación frente a la variabilidad climática en la geografía Colombiana | 25 |
| 3.1.8 Cambio climático y la relación de las precipitaciones en la región pacífica y el Valle del Cauca..... | 28 |
| 3.1.9 Factores de riesgo hidrometeorológicos en el valle del cauca | 29 |
| 3.2 Marco legal | 31 |
| 4. Diseño metodológico | 34 |
| 4.1 Enfoque | 35 |
| 4.2 Tipo de diseño | 35 |
| 4.3 Técnicas e instrumentos..... | 35 |
| 5. Análisis de procesos causales de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos en la cuenca del río Yumbo, a la altura del municipio de Yumbo | 37 |
| 5.1 El municipio de Yumbo y su cuenca como área de estudio..... | 37 |
| 5.1.1 Hidrografía del municipio de Yumbo..... | 38 |
| 5.2 Situación actual de la ronda del río Yumbo | 41 |
| 5.3 Planificación y construcción social del riesgo en el municipio de Yumbo | 42 |
| 5.5 Río Yumbo y el riesgo de avenida torrencial e inundación | 43 |
| 5.6 Propuestas y acciones del municipio frente al riesgo | 45 |
| 6. Discusión | 46 |

| | |
|--------------------------|----|
| 7. Conclusiones | 48 |
| 8. Recomendaciones | 50 |
| 9. Referencias..... | 51 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Normatividad en colombia frente a los eventos de riesgo | 31 |
| Tabla 2. Áreas por grupos de cuencas en el municipio de yumbo | 39 |
| Tabla 3. Áreas por cuencas de cuarto orden tributarias del río yumbo | 41 |

Resumen

La cuenca del río Yumbo y su proximidad a la región pacífica hacen parte del escenario intertropical de abundantes precipitaciones que favorecen los procesos de desarrollo; sin embargo, la variabilidad climática está generando importantes efectos en el régimen pluviométrico, con los consecuentes riesgos en materia de inundaciones. Esta investigación consistió en el análisis de los procesos causales de los desastres asociados a los fenómenos hidrometeorológicos y las actividades antrópicas desarrolladas sobre esta cuenca hidrográfica. Se realizó para este estudio un análisis bibliográfico profundo de fuentes académicas de rigor y se consultó entre los registros históricos de la Administración Municipal de Yumbo la información referente a los desastres ocurridos a causa de avenidas torrenciales e inundaciones sobre la ronda del río Yumbo en un periodo de 20 años a partir del año 1995 a 2015. Se identificó que la orografía del municipio, contribuyen a que se presenten grandes volúmenes de agua, mayores velocidades y aumentos de caudal repentinos ante la presencia de lluvias, sumado a procesos de expansión urbana irregular sobre la ronda del río, modificación de los meandros y la presencia de fenómenos climatológicos como el ENSO sobre la región pacífica que han permitido que se presenten desastres puntuales sobre las comunas 2 y 4 del municipio de Yumbo.

Palabras clave: Cuenca, Hidrometeorológico, Lluvias, Inundaciones, Desbordamiento.

Abstract

The Yumbo river basin and its proximity to the Pacific region are part of the intertropical scenario of abundant rainfall that favors development processes; However, climate variability is generating important effects in the rainfall regime, with consequent flood risks. This investigation consisted in the analysis of the causal processes of the disasters associated to the hydrometeorological phenomena and the anthropic activities developed on this hydrographic basin. An in-depth bibliographical analysis of rigorous academic sources was conducted for this study and the historical records of the Municipal Administration of Yumbo were consulted regarding the disasters caused by torrential rains and floods over the Yumbo river in a period of 20 years from 1995 to 2015. It was identified that the orography of the municipality, contribute to the occurrence of large volumes of water, higher speeds and sudden increases in flow in the presence of rainfall, coupled with processes of irregular urban expansion over the banks of the river, modification of the meanders and the presence of climatological phenomena such as the ENSO on the Pacific region that have allowed occasional disasters to occur on communes 2 and 4 of the municipality of Yumbo.

Keywords: Basin, Hydrometeorological, Rains, Floods, Overflow.

Introducción

Según Hewitt (1983) el conjunto de relaciones económicas, políticas y sociales hacen pensar, que la historia “prefigura desastres”. Las interacciones antropogénicas del día a día entre el hombre y el medio ambiente han incrementado constantemente el deterioro ambiental generando importantes secuelas derivadas de los desastres naturales.

En este sentido, un desastre ataca las bases del desarrollo. Puede incidir negativamente en las diversas formas de capital: capital humano (escolaridad), capital productivo (plantas industriales, cultivos en pie, etc.), capital variable (fuerza de trabajo), capital natural (recursos naturales), capital cultural (acervos y patrimonios históricos), infraestructuras en general (transporte, suministro de energía), equipamientos colectivos (viviendas, escuelas). Es decir, un desastre no sólo erosiona, merma y lastima las condiciones del desarrollo, sino también produce la pérdida de vidas humanas. (Rodríguez, 2005)

Debido a los desastres naturales asociados a los fenómenos de tipo hidrometeorológicos se constituyen en una amenaza para las poblaciones que desconocen, hacen caso omiso o subestiman las consecuencias de su potencial devastador (Toscana, Campos, & Monroy, 2010) con repercusiones de tipo

social, económico y ambientales, condiciones que en conjunto incrementan la vulnerabilidad y dificultan el desarrollo dinámico de las comunidades.

La presente investigación tiene como finalidad analizar los procesos de las inundaciones en la zona urbana del municipio de Yumbo, su asociación a los fenómenos hidrometeorológicos y de crecimiento y desarrollo urbano.

La cuenca del río Yumbo pertenece a la gran cuenca del Valle del río Cauca (Alvarado, & Otero, 2017) su proximidad a la región Pacífica hacen de este enclave un escenario intertropical, con precipitaciones anuales de 133 días de lluvia en promedio distribuidas en dos periodos, las cuales se desarrollan de manera lenta a lo largo de varios días seguidos y otras en episodios de abundante precipitación en pocos minutos. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 2015).

En el municipio de Yumbo los desastres asociados a los eventos hidrometeorológicos han provocado según la información registrada por la Alcaldía del Municipio de Yumbo (2015) y la Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca CVC en un periodo de veinte años, pérdidas humanas, económicas y naturales, mostrando estos procesos mayor recurrencia ante la presencia de lluvias en periodos atípicos y con intensidades en múltiples ocasiones, por fuera de la media registrada como uno de los efectos del cambio climático (Magaña & Gay, 2002) y (Staines, 2007). Asociados a los impactos

ambientales de origen natural o antrópicos, el crecimiento poblacional en el municipio de Yumbo, y el uso inadecuado de la ronda del río para propósitos habitacionales o económicos, se ha constituido como un factor que contribuye al aumento de las zonas de alto riesgo, vulnerables a los eventos de inundaciones.

Dada la condición de crecimiento económico y demográfico del municipio de Yumbo se deben considerar según Peña, Cuesta & Betancur (2015) una serie de medidas que permitan disminuir los impactos ambientales, en este caso al ecosistema del río y la población asentada en sus alrededores, por lo cual se considera importante mostrar en esta investigación las bondades de alcanzar el equilibrio entre desarrollo humano, cultural, económico y de infraestructura, tomando en cuenta la capacidad de asimilación del ecosistema frente a las actividades realizadas en su espacio.

1. Descripción del problema

1.1 Descripción

Los desastres naturales asociados a los fenómenos de tipo hidrometeorológicos se constituyen en una amenaza para las poblaciones que desconocen, hacen caso omiso o subestiman las consecuencias de su potencial devastador (Toscano, Campos, & Monroy, 2010).

La cuenca del río Yumbo ha sufrido un proceso de deterioro y alto crecimiento urbano en la ronda del río, donde se aprovechan los recursos asociados a la cuenca, deforestación, pérdida de coberturas vegetales, sustitución de ecosistemas nativos por áreas productivas, y el aprovechamiento del cauce del río como receptor de múltiples efluentes de los conglomerados habitacionales, y zona para la disposición de residuos sólidos. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2009).

Esta transformación del espacio geográfico del río y su entorno natural, facilitan los procesos erodables de las pendientes adyacentes al río, (Hernández, & Vieyra, 2010). Ocasionan deslaves, crean represamientos con materiales mixtos de actividades antrópicas (Olmedo, & Villacreces, 2008). propiciando así los eventos de desbordamientos del cauce natural e inundaciones. (Sedano, Carvajal, & Ávila, 2013).

Alcaldía del Municipio de Yumbo (2015) señala como el municipio se ha enfrentado a diversos eventos de inundaciones por el desbordamiento del río

en periodos de fuertes lluvias, que transforma vías y áreas planas de la cota baja del río en depósito de lodos y material de arrastre, dejando como resultado pérdidas humanas y materiales, afectación de la infraestructura habitacional aledaña al río, equipamiento público, infraestructura vial y de comunicaciones; así como los sistemas de abastecimiento, acueducto, redes de fluido eléctrico y gas natural; en detrimento posterior de la economía regional en la interacción con el medio ambiente.(Vargas, Trujillo, & Torres, 2017)

1.2 Formulación

¿Cuáles son los factores que inciden en el desbordamiento y avenidas torrenciales del río Yumbo a la altura del casco urbano del municipio de Yumbo, Valle del Cauca?

1.3 Justificación

El mundo enfrenta hoy un desafío frente a la crisis del agua que se avecina y si desde ya no se preparan estrategias óptimas a nivel local y regional para la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas conexos, a futuro las comunidades padecerán problemas no solo de penuria de agua por

desabastecimiento del líquido (Pérez, 2015) sino según lo descrito por Juárez, Iñiguez & Sánchez (2006) se generarán desastres a partir de fenómenos naturales hidrológicos sobre territorios o áreas vulnerables.

El río Yumbo ha sufrido un proceso de deterioro y alto crecimiento urbano en la ronda del río, donde se aprovechan los recursos asociados a la cuenca, deforestación, pérdida de coberturas vegetales, sustitución de ecosistemas nativos por áreas productivas, y el aprovechamiento del cauce del río como receptor de múltiples efluentes de los conglomerados habitacionales, y zona para la disposición de residuos sólidos. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2009). Esta transformación del espacio geográfico del río y su entorno natural, facilitan los procesos erodables de las pendientes adyacentes al río, (Hernández, & Vieyra, 2010). Ocasionan deslaves, crean represamientos con materiales mixtos de actividades antrópicas (Olmedo, & Villacreces, 2008), propiciando así los eventos de desbordamientos del cauce natural e inundaciones. (Sedano, Carvajal, & Ávila, 2013)

Por tanto, el propósito general de esta investigación documental es contribuir con información de consulta que permita identificar las causas que han provocado las avenidas torrenciales, inundaciones y erosión de las riberas en la cuenca del río Yumbo a la altura del casco urbano del municipio de Yumbo en el periodo 1995 a 2015, y conocer las acciones propuestas por los diferentes autores citados en este estudio.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Analizar las causas de los procesos de inundación, avenida torrencial y erosión de las riberas de la cuenca del río Yumbo a la altura de la zona urbana del municipio de Yumbo en los periodos 1995-2015.

2.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información existente sobre las causas que generan los riesgos a partir de fenómenos hidrometeorológicos en la cuenca del río.
- Identificar los riesgos a los que se enfrenta el municipio de Yumbo, derivados de la escasa planificación en materia de manejo de la cuenca hidrográfica en la zona urbana.

3. Marco teórico

3.1 Fenómenos hidrometeorológicos, variabilidad climática y riesgo

3.1.1 Ciclos climáticos e hidrológicos globales

Según lo argumentado por Ramírez, Acosta, & Vélez, (2017 p.3.) la saturación de la masa de aire húmedo facilita el desarrollo de partículas de precipitación influenciadas a su vez por la incidencia de la radiación solar sobre la estratosfera. Precipitaciones que en condiciones normales son de vital importancia para los ciclos biológicos y los ecosistemas.

En el planeta tierra ocurren una serie de ciclos climáticos que determinan la mayoría de los casos de variabilidad climática y la ocurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos, según Hajar, Bonilla, Munayco, Gutierrez, & Ramos (2016) incluyen las variaciones de temperatura superficial del océano Pacífico y la presión atmosférica que se observan a lo largo de la línea ecuatorial central, desde Darwin (Australia) hasta el Pacífico tropical central-oriental (Tahití).

Uno de los ciclos climáticos más importantes que ocurren en el continente sudamericano se conoce como el Fenómeno del Niño o FEN, de tipo océano-atmosférico que según lo explica Hajar et al. (2016), este fenómeno se presenta como la expresión del aumento de temperatura superficial del mar en 0,5 °C o

superior, en un periodo mínimo de cinco meses continuos, dado el flujo abundante de aguas cálidas hacia el pacífico ecuatorial procedentes del pacífico occidental, en tanto son influenciadas por los cambios de presión atmosférica.

3.1.2 El clima global y los fenómenos atmosféricos hidrometeorológicos

Hay que indicar que la variabilidad climática está de igual manera correlacionada con los fenómenos en presencia de eventos cálidos y la fase fría conocidos como ENSO (El Niño, La Niña Southern Oscillation) tal como lo explican Los autores Campos, Holm-Nielsen, Díaz, Rubiano, Costa, Ramírez, y Dickson (2012).

El fenómeno de El niño y su contraparte La Niña, son generadores de importantes cambios climáticos globales y que pueden presentarse de manera recurrente y con efectos a largo plazo. (Ruíz & Pabón, 2013)

En la fase de FEN, las aguas oceánicas pueden propagar hacia la atmosfera su energía con el aumento de temperatura consecuente, esta afirmación permite analizar lo que Hajar et al. (2016) indica, pues las alteraciones climáticas producidas por el FEN y ENSO son de efecto visible en los fenómenos hidrometeorológicos extremos; un ejemplo de ello serían las lluvias torrenciales y tormentas en periodos irregulares, o lo que Campos et al. (2012) indica como

periodos de intensas sequias y escases de agua. Según explica Hajar et al. (2016) los incrementos de lluvias aumentan de manera repentina la tasa de descarga de agua en forma líquida hacia ríos, riachuelos, arroyos y otros ecosistemas loticos, superando en la mayoría de los casos su caudal máximo y provocando desbordamientos.

Gonzáles, Jurado, Gonzáles, Aguirre, Jiménez, & Navar (2003) Señalan que la variación de los patrones en el clima mundial se debe principalmente a un incremento paulatino pero constante de los valores medios de temperatura sobre la superficie terrestre, sin embargo, aunque en el pasado geológico de la tierra diversos factores naturales permitieron un aumento gradual de la temperatura mundial, Gonzáles et al. (2003) indica que a partir del principio del siglo veinte, son los factores de origen antrópico los principales desencadenantes de las variaciones de temperatura a una tasa de aumento mucho más acelerada, tanto en la superficie terrestre como en la de los océanos.

Existe entonces una correlación entre las variaciones en la temperatura de la superficie oceánica y la ocurrencia de desastres naturales según lo señala Hajar et al. (2016) en Sudamérica el incremento de la temperatura superficial del mar trajo consigo el aumento de lluvias de máxima intensidad con una formación y reactivación de ríos, quebradas y eventos de deslave en terrenos áridos, numerosas pérdidas humanas, naturales, y económicas, colapso de los

servicios de abastecimiento de agua potable y el aumento de condiciones ambientales poco favorables para las poblaciones expuestas al FEN y ENSO.

Es importante reconocer, que para expresar las variaciones en los patrones climáticos mencionados según Torres & Pabón (2017) se caracterizan ciclos interdecadal (decenios), interanual (años) y intraestacional (meses), de esta manera el ciclo ENSO se puede identificar en escala interanual y sus efectos marcados de las precipitaciones estacionales sobre las regiones, y en escala intraestacional para los episodios de precipitación extrema.

3.1.3 El factor de riesgo a partir de fenómenos hidrometeorológicos

Las relaciones del ser humano y sus actividades diarias sobre el medio ambiente según lo expresado por Vergara, Ellis, Cruz, Alarcón, & Galván del Moral (2011) determinan las diferentes opiniones sobre el conocimiento del territorio y los espacios aprovechables del mismo. En una mirada analítica a la concepción del autor, el ser humano en particular va percibiendo las condiciones de cambio y deterioro ambiental provocados en estas interacciones como desencadenantes de efectos conexos y serias consecuencias, sumadas a los graves resultados de los desastres naturales.

La estructura social e histórica del riesgo determina este proceso que se inicia en un territorio, donde la amenaza natural se ha convertido en una amenaza socialmente inducida, creando relaciones con otros tipos de amenazas (Merlinsky & Ayelén 2016). Eso se considera en vista del autor como la relación de la naturaleza, el hombre, y el riesgo, construida a partir de la transformación y uso de los recursos naturales en los asentamientos humanos; presentando según la perspectiva de Merlinsky & Ayelén (2016) un riesgo real y de magnitud, cuando confluyen las amenazas con los factores de vulnerabilidad a la cual se encuentra expuesta la población.

3.1.4 Las avenidas torrenciales e inundación como fenómenos naturales

Para Díaz & Rodríguez (2016), las inundaciones son fenómenos naturales comunes causadas principalmente por lluvias torrenciales prolongadas o exceso en la capacidad de transporte fluvial, y la disminución de las propiedades absorbentes de los suelos por excesiva saturación, comportamientos que en suma provocan avenidas torrenciales e inundaciones en las áreas circundantes a la ronda del río, y que dependen de los procesos climáticos locales y regionales. En referencia con esta definición, aunque el autor expresa que las inundaciones y avenidas torrenciales son eventos que se presentan de manera

natural, se asume entonces que se presentan como factores inminentes de riesgo cuando se aumentan la frecuencia de las precipitaciones y las poblaciones se asientan sobre las áreas históricamente inundables de la cuenca modificando lo que señala Espinosa, (2008) el entorno de los núcleos urbanos circundantes al río y sus franjas de protección natural.

3.1.5 Variación climática en las regiones tropicales de Suramérica

En las regiones de mayor influencia tropical en Suramérica, la temperatura registra variaciones en intervalos irregulares en comparación a otras zonas del continente, donde predominan a lo largo del año periodos más estables, así mismo Mendonça, (2017) explica como la condición climática es principalmente dispuesta según la altitud y la orografía del altiplano andino.

Estas variaciones de temperatura dan origen a transferencias de calor en la columna de aire, según Mendonça, (2017) crean escenarios de favorabilidad en la ocurrencia de lluvias por convección de intensa actividad, principalmente en las regiones tropicales suramericanas.

3.1.6 Lluvia y variabilidad climática en Colombia

En Colombia las precipitaciones en periodos interanuales presentan según lo explica Puertas & Carvajal (2008) un sistema bimodal en la región Andina con trimestres de lluvias que van de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. Por otro lado, la zona Oriental del país presenta un régimen de tipo mono modal, ambas condiciones se ven afectadas en los últimos años por las variaciones asociadas al cambio climático.

Colombia posee un ciclo hidrológico muy activo tal como lo describe Sedano, Carvajal & Ávila (2013), dada la orografía del macizo colombiano, las áreas inundables, y su emplazamiento sobre la región de confluencia intertropical (ZCIT). Condiciones que, asociadas a las variaciones climatológicas presentes, son influenciadas por los procesos que interactúan sobre la superficie terrestre y los océanos Atlántico, Pacífico y el mar Caribe. La localización de Colombia sobre la zona ecuatorial, su relieve y la proximidad de los océanos Pacífico y Atlántico, permite una diversidad en clima, suelos y recurso hídrico con un 70% de precipitaciones promedio anuales en todo el país, y niveles medio de 2000 mm/año. (Sedano et al. 2013)

Costa (2007) señala como el IDEAM a través de un proceso de seguimiento sistemático ha comprobado cómo se pierden en las capas de los glaciales colombianos entre 50 y 100 centímetros/año de espesor, de igual manera el límite de los mismos se recoge entre 10 y 20 metros anualmente. En la misma

medida se observa en nuestro país un incremento del nivel del mar de 3 a 5 milímetros anuales en un periodo de 50 años y un incremento de temperatura en el mismo periodo de 0.65 °C. Costa (2007) destaca como a partir de 1995 cada año posterior, se registran los de mayores temperaturas en la historia; y es importante en la misma medida señalar una situación importante planteada por el autor y es que a mayores alturas el IDEAM evidencia mayor incremento de temperatura con el consecuente aumento en el nivel de riesgo a mayor altitud.

Del mismo modo Puertas & Carvajal (2008) explican como en Colombia el ENSO (El Niño, La Niña Southern Oscillation) ha provocado considerables alteraciones en los patrones climáticos en el territorio nacional durante todo el año, con las consecuentes afectaciones de los ciclos naturales principalmente el hidrológico, presentando mayores o menores precipitaciones según se produzca el frente cálido o frío provenientes de los cambios generados sobre el océano pacífico.

Por otra parte, Costa (2007) expresa como la variabilidad climática en Colombia afectará así mismo el comportamiento de las lluvias, que podrán presentar patrones de redistribución sobre la geografía nacional. Es entonces importante indicar que, según lo expresado por el autor frente a la redistribución de las lluvias, las zonas secas y áridas en el país cada vez se harán aún más secas y más áridas. No obstante, el autor asevera que en las cifras registradas por el IDEAM sobre precipitaciones, la cantidad de lluvia en el país no presenta una

elevada variabilidad en ocurrencia, pero si presenta un patrón de mayor intensidad, que se ajustaría a las conclusiones del IPCC frente a un incremento de intensidad en lluvias a nivel planetario.

La redistribución de las lluvias comentadas por Costa (2007) y Puertas & Carvajal (2008) son principalmente proyectadas por modelos de escala global, con una fuerte tendencia hacia el pronóstico de incremento de lluvias en el Pacífico y un descenso en el Caribe, estos modelos son corroborados por el IDEAM, donde se han recabado datos importantes sobre el aumento de precipitaciones en la geografía colombiana occidental, un incremento que al parecer puede clasificarse como de ínfimo valor, pero que en términos estadísticos es significativo.

3.1.7 El riesgo de inundación frente a la variabilidad climática en la geografía Colombiana

El cambio climático en Colombia genera nuevos retos para el desarrollo de la economía nacional. Dado que las condiciones del clima son un factor clave en los procesos productivos y de crecimiento en la población, tal como lo expresa DNP-BID (2014) donde los cambios climáticos adversos impactan negativamente los diversos sectores de la economía y sus relaciones a muchos niveles de dependencia, como la infraestructura, la salud, las comunicaciones.

La definición del autor implica entonces que los impactos no son de distribución equilibrada a lo largo de la geografía nacional, pues las comunidades con menor grado de preparación para hacer frente a los efectos del cambio climático serán quienes en última instancia, reducirán en la misma proporción su caudal de desarrollo.

En Colombia, son evidentes los riesgos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, precipitaciones atípicas y cambio climático. Un contraste apreciable durante el fenómeno ENSO (El Niño, La Niña Southern Oscillation) en su fase cálida (El Niño) donde Campos et al. (2012) ilustra como en Colombia son menores las precipitaciones durante esta fase, con la presencia de sequias, incendios, aridez, y escases de agua potable; y muestra como todo lo contrario ocurre en la fase de episodios fríos (La Niña), en la cual se presenta un fuerte aumento de las precipitaciones tanto en frecuencia como intensidad, afectando el panorama de la población colombiana en su infraestructura, los servicios básicos, la seguridad alimentaria, la salud, las comunicaciones, entre otras. Campos et al. (2012)

En la geografía nacional, la variabilidad climática asociada al aumento de temperatura y variaciones en el patrón de las precipitaciones implica un elevado nivel de riesgo. Costa (2007) explica que un incremento en la intensidad de lluvias supone la formación de crecientes súbitas, inundación y procesos de remoción en masa. Campos et al. (2012) definen al proceso de riesgo de creciente súbita como avenida torrencial, donde se presenta el flujo de agua de

una cuenca de una manera violenta y repentina, arrastrando y arrancando con el paso del agua elementos del paisaje orgánicos e inorgánicos, tales como sedimentos, vegetación, material pétreo, entre otros. De igual manera Campos et al. (2012) señalan como proceso de remoción en masa a los deslizamientos del suelo en el sentido de la pendiente donde se encuentran alojados, producto de movimientos de la corteza, acción de las fuerzas gravitacionales, entre otros.

3.1.8 Cambio climático y la relación de las precipitaciones en la región pacífica y el Valle del Cauca

En términos sencillos, McPhaden (2003) explica el ENSO como la variación en escala interanual de los procesos climáticos, que se caracteriza por una perturbación que debilita de manera atípica los vientos alisios, y el aumento de temperatura de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial, afectando en conjunto los procesos hidrometeorológicos en la cuenca del Pacífico tropical.

Enriquez, Guzmán, & Narváez (2014) reconocen como durante el ENSO, en la etapa cálida (El Niño), se presenta un descenso en la precipitación en gran parte del territorio colombiano, con excepción de la región suroccidental y el Pacífico donde se encuentra el departamento del Valle del Cauca; región en la cual los niveles de precipitación no presentan mayores disminuciones. No obstante, durante el desarrollo de la etapa fría (La Niña), se aprecia al contrario un aumento en los niveles de precipitaciones a lo largo del territorio nacional y una disminución en el territorio del Valle del Cauca y el Pacífico colombiano.

Enriquez, Guzmán, & Narváez (2014)

Por lo cual se puede considerar al ENSO como la interacción que existe entre la atmósfera y el océano en la región pacífica ecuatorial, con las correspondientes variaciones en los patrones de comportamiento de los vientos alisios que influyen en los periodos de precipitación en el suroccidente colombiano, la región Pacífica y el Valle del Cauca, donde según lo explica

Sedano et al. (2013) los niveles de precipitación en la costa Pacífica anual llegan a superar los 12000 mm/año.

Rueda & Poveda (2006) señalan como los factores que afectan la distribución espaciotemporal de la precipitación de la cuenca del Pacífico en la región del Valle del Cauca, son el resultado del patrón general de la circulación atmosférica, el relieve de las cordilleras occidental y central, la convección profunda, la distancia al océano Pacífico y la vegetación. Tomando en consideración factores como la calma ecuatorial o la zona de convergencia intertropical.

3.1.9 Factores de riesgo hidrometeorológicos en el valle del cauca

En el territorio colombiano existen dos importantes factores dinamizadores del ciclo hidrológico, por una parte, las características de las pendientes de la cordillera de los Andes y sus tres principales ramificaciones, y por otro lado la considerable radiación solar dada la localización del país en la zona ecuatorial (Ávila, Carvajal, & Gutiérrez, 2013). Para el Valle del Cauca y la región Pacífica, Rueda & Poveda (2006) explican la existencia de una estrecha correlación entre la advección de humedad por el chorro del Chocó y las fases del ENSO, en la

cual la primera se debilita durante la fase de El Niño, y se aumenta de intensidad durante La Niña, causando anomalías en las fases hidrológicas.

Sin embargo, según lo indicado por Enciso, Carvajal & Sandoval (2016) se han registrado en los últimos 25 años procesos de desbordamientos mayores del río Cauca y sus afluentes, así como casos de inundaciones mucho más extensivas, según Posada y Posada (1966), en la década de los sesenta de las 395.000 hectáreas poco profundas del valle geográfico del río Cauca, las inundaciones afectaron cerca de 84.000 ha/año, es decir, el 23% de la superficie, cifra que continua en aumento en años posteriores con las consecuentes pérdidas económicas para la industria, la agricultura y la población.

3.2 Marco legal

Para efectos del presente estudio se contemplan las siguientes normas estructurales:

Tabla 1. Normatividad en Colombia frente a los eventos de riesgo

| | Normativa – Regulación Nacional | Año |
|-----------------------------|--|------------|
| Documento CONPES 3146 | Este documento se basa en una estrategia que permite consolidar la ejecución del Plan Nacional Para La Prevención Y Atención De Desastres (PNPAD) En el corto y mediano plazo en conjunto con las Medidas de desarrollo prioritarias en el período de tres años. | 2001 |
| Decreto 1729 | Decreto nacional que reglamenta las herramientas de planificación, dirección, gestión y ordenamiento para acuíferos y cuencas hidrográficas en el territorio colombiano. | 2002 |
| Artículo 5 | Este artículo en particular trata de la revisión del plan de ordenamiento territorial en programas de | 2004 |

| | | |
|---|---|------------|
| Decreto 4002 | reordenamiento a partir de amenazas, riesgos y vulnerabilidad, revisión realizada por iniciativa de los alcaldes junto con los Concejos Distritales en el inicio de su periodo constitucional de administración. | |
| Decreto 4147 | Decreto que permitió la creación de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres a partir de la necesidad del mejoramiento y actualización de una gestión integral del riesgo y manejo eficaz de los desastres naturales y los no intencionales de origen humano. | 2011 |
| Ley 1523 | Que permitió adoptar la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, estableciendo el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, que permite la optimización de estrategias para la toma de decisiones, ejecución de presupuestos, asistencia a los afectados, y participación de los sectores público, privado y comunitario. | 2012 |
| Normativa – Regulación Municipal | | Año |

| | | |
|--|--|------|
| Plan Municipal De Gestión Del Riesgo De Desastres, Yumbo | Documento creado como herramienta de orientación del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Yumbo en materia de manejo, conocimiento y mecanismos de reducción y mitigación del riesgo y los desastres, principalmente en los eventos de inundación, avenida torrencial y movimiento en masa. | 2015 |
| Acuerdo Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019 Alcaldía de Yumbo | Acuerdo mediante el cual se establece el plan de gobierno de cuatro años que a través de 4 ejes integradores permite la promoción del bienestar, los derechos y calidad de vida a los ciudadanos del municipio de Yumbo de manera incluyente y comunitaria, garantizando en todo momento la seguridad de los habitantes. | 2016 |

Tabla 1 Elaboración Propia.

4. Diseño metodológico

Esta investigación aborda los aspectos relevantes de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos en la cuenca del río Yumbo, a la altura del Municipio de Yumbo, Valle del Cauca. El desarrollo de esta revisión documental permite realizar un análisis a la información disponible del municipio de Yumbo en materia de planes, proyectos, acuerdos y convenios; así como de información teórica de los diversos autores en investigaciones pertinentes al tema del recurso agua, el manejo de cuencas hidrográficas y la gestión del riesgo por eventos hidrometeorológicos. Todo en un esfuerzo por identificar el riesgo al que se enfrenta el municipio de Yumbo, en relación con los procesos de avenida torrencial, inundación y erodabilidad de las riberas del río, a partir de fenómenos hidrometeorológicos en su cuenca. Se buscó así mismo fortalecer la base de conocimiento sobre riesgo, nivel de vulnerabilidad, y amenazas a las que la comunidad del municipio de Yumbo se encuentra expuesta en relación con los procesos del cambio climático y los efectos hidrometeorológicos que afectan la región, sumado al ejercicio de las actividades antrópicas sobre la cuenca del río.

4.1 Enfoque

Los resultados son parte de un análisis de tipo cualitativo con una primera etapa donde se hace un análisis bibliográfico de los riesgos y desastres naturales en el casco urbano del municipio de Yumbo, y la relación con los procesos hidrometereológicos y actividades antrópicas en las zonas habitacionales de la cuenca del río Yumbo.

4.2 Tipo de diseño

Esta investigación es de tipo cualitativo exploratoria.

4.3 Técnicas e instrumentos

Se emplea la metodología de investigación bibliográfica de la teoría base y registros históricos sobre desastres asociados a los fenómenos hidrometereológicos y antrópicos en general, con el objetivo de ampliar la información que permitió identificar el riesgo por factores hidrometereológicos y actividades antrópicas sobre la cuenca del río en el municipio de Yumbo. Así

mismo se identificaron los eventos de inundación ocurridos en el municipio en un periodo de 20 años (1995 a 2015), a través de la recolección de datos publicados por la Administración Central de Yumbo, Oficina de Prevención y Atención de Desastres, Empresa de Servicios Públicos de Yumbo, Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Empresa de Servicios Públicos de Yumbo y Contraloría Municipal de Yumbo.

5. Análisis de procesos causales de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos en la cuenca del río Yumbo, a la altura del municipio de Yumbo

5.1 El municipio de Yumbo y su cuenca como área de estudio

Para efectos prácticos, este estudio se realizó tomando en cuenta los datos de la oficina para la gestión del Riesgo del Municipio de Yumbo, la Contraloría Municipal, la Empresa de Servicios Públicos de Yumbo, y el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, que brindan en sendos documentos publicados en sus sitios web institucionales, información existente de la cuenca del río Yumbo y su área de influencia en la zona urbana. Esta investigación se realizó haciendo énfasis principal en las comunas dos y cuatro, que cuentan con un total de 17 barrios localizados en la zona central y norte del casco urbano.

Yumbo con sus 229,834 Km² de área total, forma parte del departamento del Valle del Cauca, y esta subdividido a su vez para efectos administrativos municipales en tres grandes zonas económicas: a) Zona urbana, b) Zona rural, y c) Zona Industrial. (Alcaldía del Municipio de Yumbo, 2018)

Yumbo se considera un municipio de fuerte economía industrial, basada en consolidados empresariales de manufactura industrial, explotación y

transformación minera; cuyas áreas de actuación se encuentran mayormente emplazadas entre los límites de las vías primarias de orden nacional que comunican Yumbo con la capital del departamento, y los límites del área urbana habitacional. Su mayor conglomerado se localiza entre los límites de la ciudad de Cali con el municipio de Yumbo, y hacia el área sur de la comuna uno, la franja sobre la vía panorama y el oriente de la comuna dos (Alcaldía del municipio de Yumbo, 2015).

Yumbo cuenta con una marcada producción agrícola, distribuida en su mayor extensión hacia el occidente y norte de la geografía municipal, área conocida como la zona rural. Aquí la orografía del municipio hace un abrupto cambio desde la zona plana del casco urbano y el valle geográfico del río Cauca en ascenso sobre uno de los flancos de la cordillera occidental. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 2009)

5.1.1 Hidrografía del municipio de Yumbo

La cuenca del río Yumbo se integra en la zona central de la cuenca del río Cauca, sobre la región Andina en la cordillera occidental; los límites establecidos para la cuenca del río Yumbo comprenden la vertiente oriental de

la cordillera occidental en inmediaciones con la cuenca del río Dagua, al oriente con la margen izquierda del río Cauca, al norte limita con la cuenca de Mulaló y hacia el sur limita con la cuenca de Arroyohondo (Fundación PROAGUA, 2009).

El municipio de Yumbo posee una red de alto potencial en recurso hídrico en función de sus condiciones climáticas y orográficas, según lo explica la Contraloría Municipal de Yumbo en su informe sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente (2014), en dicho informe se identifican seis grupos, para efectos de áreas divisorias del recurso agua en todo el municipio de Yumbo, relacionados en la tabla 2.

Tabla 2. Áreas por grupos de cuencas en el municipio de Yumbo

| Cuenca | Área total / (ha) |
|---------------------|--------------------------|
| Río Arroyohondo | 6887,84 |
| Río Yumbo | 6673,43 |
| Quebrada Mulaló | 4754,00 |
| Quebrada San Marcos | 3981,64 |
| Quebrada Guabinas | 2309,96 |
| Quebrada Bermejál | 1456,58 |

Fuente: Contraloría Municipal de Yumbo (2014).

La cuenca hidrográfica del río Yumbo posee una ubicación privilegiada, localizada en la región andina suroccidental y central del valle geográfico del río Cauca. De forma oval redonda, se integrada a su vez por varias subcuencas de cauce corto que tienen su origen en la zona alta del municipio y que vierten sus aguas al río Yumbo principalmente a través de quebradas (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2009).

La zona urbana según lo descrito por La Alcaldía del Municipio de Yumbo (2015) se encuentra localizada en el cono aluvial de la cuenca del río Yumbo, formado por avenidas torrenciales e inundaciones de origen natural a través de largos periodos de tiempo.

La red hídrica tributaria del río Yumbo es clasificada según la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2006) en cuencas de cuarto orden (C04) relacionadas en la tabla 3.

Tabla 3. Áreas por cuencas de cuarto orden tributarias del río Yumbo

| Cuenca | Área total / (ha) |
|----------------------|--------------------------|
| Zona media río Yumbo | 1631,87 |
| Río Yumbillo | 1453,35 |
| Quebrada Santa Inés | 1340,89 |
| Zona baja río Yumbo | 1321,31 |
| Quebrada Guabinas | 926,02 |

Fuente: POMCH Yumbo (CVC, 2009).

5.2 Situación actual de la ronda del río Yumbo

La normativa ambiental determina una franja de protección forestal para los sistemas hídricos. Según el Decreto 1449 de 1977, se establecen zonas boscosas de protección en una franja no inferior a 30 metros a partir del cauce del río y a ambos lados de este.

5.3 Planificación y construcción social del riesgo en el municipio de Yumbo

Niño (2012) define como las dinámicas especulativas y conflictos de suelos en acciones de sub urbanización, en ausencia de la correcta planificación local, donde priman los beneficios económicos de unos pocos propietarios de terrenos de mayor extensión que ofrecen todo tipo de posibilidad de construcción de asentamientos, aun en condiciones precarias, y sobre zonas que no han sido sometidas a estudios rigurosos para su definición de uso de suelo habitacional o que en la mayoría de los casos, carecen de la infraestructura necesaria para la adecuada expansión y conectividad con el área urbana Niño (2012)

Para el caso del municipio de Yumbo, su crecimiento se origina desde pequeños núcleos que se van expandiendo a lo largo de los ejes de transporte entre las fuentes generadoras de empleo.

Como municipio de oferta industrial y agrícola, los asentamientos emergentes han ganado la mayor parte del territorio próximo a ambas zonas económicas, la del núcleo industrial y minero al sur del municipio y la margen norte del río Yumbo próxima a la zona agrícola, esta dirección de la expansión urbana en Yumbo ha obedecido a lo que Contreras & Fantín (2015) definen, como la dirección de expansión sobre las barreras naturales.

En este caso, es el río Yumbo la barrera y eje de crecimiento, donde se dio inicio a los primeros asentamientos humanos del municipio por parte de un grupo de origen precolombino denominado Los Yumbos, procedentes de las tribus Caribes originarias de Centro América, pueblo indígena que a su vez fue descubierto cuando ya se encontraban instalados en esta región en el año de 1536 por el capitán Miguel López Muñoz, dando inicio así a un contacto con colonos de otras regiones del país quienes encontraron en la naturaleza de Yumbo, su cuenca hidrográfica, y la riqueza del valle geográfico del río Cauca, un escenario propicio para el desarrollo de la agricultura extensiva (Alcaldía del Municipio de Yumbo, 2009)

5.5 Río Yumbo y el riesgo de avenida torrencial e inundación

La Alcaldía del Municipio de Yumbo (2015) en su Plan Municipal De Gestión Del Riesgo De Desastres, señala como se ha modificado a través de los años y las intervenciones antrópicas el comportamiento de los meandros naturales, lo cual ha tornado más recta la forma del río Yumbo en diversos sectores. Esto incrementa la amenaza de inundación dado el comportamiento fluviotorrencial y el incremento de velocidades en un río de cauce recto, mayor erosión y socavación laterales.

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC (2015), señala como el municipio de Yumbo se ha enfrentado a diversos eventos de avenida torrencial e inundaciones del casco urbano en un periodo de 20 años (1995 a 2015); provocados por el desbordamiento del río en periodos de fuertes lluvias, ocasionando considerables pérdidas humanas y materiales, afectación de la infraestructura aledaña al río, viviendas, equipamiento público, infraestructura vial y de comunicaciones; así como los sistemas de abastecimiento: acueducto, redes de fluido eléctrico y gas natural.

De igual manera el comportamiento de las aguas en el evento de inundación ha superado la carga máxima de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano, transformando vías y áreas planas de la cota baja del río, en depósito de lodos y material de arrastre, con los consecuentes problemas de salud que ello ha representado. (Consorcio Saneamiento Básico y ESPY, 2015).

5.6 Propuestas y acciones del municipio frente al riesgo

La Administración Municipal de Yumbo, ha contratado estudios de manejo integrado y caracterización de la cuenca del río, en el marco del Plan de Ordenación y Manejo (POMCH) de la cuenca del río Yumbo, documento maestro realizado en cooperación con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, la Fundación PROAGUA, la Administración Municipal de Yumbo y los actores de los diversos grupos comunitarios JAL del municipio.

En el desarrollo de esta investigación se realizó la revisión y análisis del documento POMCH, el cual es presentado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC (2009), como un plan desde la perspectiva integradora ecosistémica con la suficiente reflexión del patrimonio y servicios ambientales, la mecánica de participación, y la interrelación entre el medio ambiente y la comunidad que aprovecha sus recursos, bajo el marco normativo ambiental colombiano. Entonces el POMCH río Yumbo se muestra como un elemento de fortalecimiento de los procesos de planificación y como elemento guía para la conservación, manejo y preservación de la cuenca del río Yumbo y el territorio circundante.

6. Discusión

El agua, es vital para el desarrollo humano, y debe una ser prioridad, por ello el municipio de Yumbo deberá asumir responsabilidades frente a la conservación, protección, restauración, uso adecuado y mantenimiento de las cuencas hidrográficas y sus ecosistemas.

La problemática ambiental en la dimensión local genera siempre huella de impacto regional, y en la mayoría de los casos de tipo global, en procesos que se relacionan en los diferentes niveles en los ecosistemas (Ministerio del Medio Ambiente del Perú, 2010). Y tal como lo referencia el autor se puede indicar entonces que un manejo poco eficiente de la cuenca del río Yumbo no solo afecta el abastecimiento del recurso hídrico del municipio, sino que la probabilidad de riesgo en la ocurrencia de los desastres naturales asociados a fenómenos hidrometeorológicos compromete la calidad de vida de las personas y el desarrollo socioeconómico de la región.

El municipio de Yumbo ha concertado espacios con la comunidad para la creación de estudios y planes de manejo integral de la cuenca como se describe en el documento POMCH Yumbo; estudios construidos con el previo conocimiento de los objetivos a alcanzar en los planes de manejo de la cuenca hidrográfica.

De igual manera el artículo 197 del PBOT de Yumbo enmarca como prioridad para controlar, prevenir y mitigar los riesgos de avenida torrencial y desbordamientos del río, completar las obras de infraestructura hidráulicas que hayan sido iniciadas; así como desarrollar actividades de recuperación de las riberas del río en la franja de 30 m de protección.

7. Conclusiones

- Para el Valle geográfico del río Cauca con un régimen bimodal anual de precipitaciones; los fenómenos meteorológicos de escala global a consecuencia del cambio climático permiten que se hayan presentado entre el año 1995 a 2015, un incremento en la intensidad y frecuencia de lluvias repentinas y abundantes en pocos minutos, propiciando mayores escenarios de riesgo sobre la zona urbana de Yumbo a lo largo de su río principal que se constituye el eje articulador del municipio.
- El municipio de Yumbo ha presentado eventos de avenida torrencial e inundación en los periodos de fuertes lluvias y olas invernales ocurridas en gran parte del territorio nacional en especial por su proximidad a la región Pacífica, que junto con las alteraciones climáticas producidas por el FEN y ENSO propician un escenario en la zona intertropical de efecto visible en los fenómenos hidrometeorológicos.
- Aunque la inundación pueda presentarse como parte de un proceso de autorregulación de los ciclos hidrológicos; en Yumbo se incrementaron los eventos de avenida torrencial e inundación a partir del crecimiento demográfico y la expansión urbana irregular sobre la ronda del río, sin tomar en cuenta la

franja de protección forestal, que actualmente se emplea para usos habitacionales mixtos, depósitos de residuos o escombreras.

8. Recomendaciones

- Aunque existe un plan de manejo del territorio en el municipio de Yumbo, es necesario tomar acciones de vigilancia y control acorde a las políticas públicas en materia de expansión y ocupación de zonas que garanticen adecuados procesos urbanísticos y la accesibilidad a los servicios públicos regulados, minimizando la ocupación espontánea que da lugar a los conglomerados susceptibles a riesgos y amenazas ante la presencia de eventos naturales.
- Es importante realizar proyecciones en los planes de manejo de la cuenca apoyándose en el documento POMCH Yumbo, dando especial relevancia a las actividades de protección en las zonas puntuales de la cuenca del río Yumbo, identificadas por el municipio como vulnerables a los procesos de inundación.
- Se requiere un adecuado proceso de articulación entre la comunidad del municipio de Yumbo y la Administración Municipal, con el objetivo de fortalecer la base del conocimiento sobre el riesgo al que se expone la población al ocupar las franjas de protección del río Yumbo.

9. Referencias

Alcaldía del Municipio de Yumbo. (2009). Breve Historia del Municipio. 1-2.

Yumbo, Colombia. Obtenido de

<http://www.yumbo.gov.co/Transparencia/Documents/Informaci%C3%B3nInteres.pdf>

Alcaldía del Municipio de Yumbo. (2015). Plan Municipal De Gestión Del Riesgo

De Desastres, Yumbo – Valle Del Cauca. Colombia. Obtenido de

<http://www.yumbo.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/PMGRD-YUMBO.pdf>

Alcaldía del Municipio de Yumbo. (2018). Plan de desarrollo. Territorio de

oportunidades para la gente. Yumbo, Valle del Cauca, Colombia. Obtenido de

<http://www.yumbo.gov.co/portalcamy/index.php/>

Alvarado, D., & Otero, J. (2017). Áreas naturales de bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia: una oportunidad para la restauración. *Biota Colombiana*, 18 (1), 9-34. . Obtenido de

Colombiana, 18 (1), 9-34. . Obtenido de

<http://www.redalyc.org/pdf/491/49151841006.pdf>

Ávila, A. Carvajal, Y. & Gutiérrez, S. (2013). Análisis de la influencia de El Niño y

La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali. *Tecnura*, 18(41),

120 - 133. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v18n41/v18n41a10.pdf>

Campos, A., Holm-Nielsen, N., Díaz, C., Rubian, D., Costa, C., Ramirez, F., & Dickson, E. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas* (Primera ed.). (B. Mundial, Ed.) Bogotá, Colombia: Banco Mundial - Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. doi:333.3109861/A56

Cardona, F., Ávila, A., Carvajal, Y., & Jimenez, H. (2014). Tendencias en las series de precipitación en dos cuencas torrenciales andinas del Valle del Cauca (Colombia). *Tecnológicas*, 17(32), 85-95. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v17n32/v17n32a09.pdf>

Consortio Saneamiento Básico ESPY. (2015). *Plan De Saneamiento Y Manejo De Vertimientos – Psmv Cabecera Municipal De Yumbo*. Contrato De Consultoría N° 200-13-04-018, Yumbo. Obtenido de <http://espyumbo.gov.co/component/phocadownload/category/33-politicas-planesy-manuales?download=559:psmv-cabecera-municipal-de-yumbo>

Contraloria Municipal de Yumbo (2014) Estado de los recursos naturales y del medio ambiente municipio de yumbo. Obtenido de http://contraloriadeyumbo.micolombiadigital.gov.co/sites/contraloriadeyumbo/content/files/000042/2076_informe-recursos-naturales-y-del-medio-ambiente-vigencia-2014.pdf

Contreras, F., & Fantín, M. (2015). El Riesgo De La Población A Inundaciones Por Lluvias Como Consecuencia De La Dinámica De Expansión Urbana Sobre Paisajes Anegadizos. El Caso De La Ciudad De Corrientes (Argentina). *Resistencia, Chaco*(23), 97-112. Obtenido de <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/fhn/article/download/36/27>

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2006). *Codificación de Corrientes en las Cuencas Que Drenan al río Cauca y al Océano Pacífico en el Valle Del Cauca: Cuenca Hidrográfica río Yumbo*. (Grupo de Recursos Hídricos - Dirección Técnica Ambiental) Recuperado el junio de 2018, de https://www.cvc.gov.co/cvc/RecursoHidrico/aplicativos/Codificacion/Cuencas_Tercer_Orden.php?cod=43

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2009). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Yumbo*. Convenio CVC - Fundación Proagua No 245 de 2009, Yumbo.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2015). *Aspectos Ambientales Del Anteproyecto Del Plan De Desarrollo Del Municipio De Yumbo 2016 – 2019 “Yumbo Territorio De Oportunidades Para La Gente”*. Concepto Técnico, Valle del cauca, Yumbo. Obtenido de <http://www.yumbo.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Concepto%20de%20CVC.pdf>

Costa, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de ingeniería Universidad de los Andes*(26), 74-80. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a10.pdf>

Díaz, L., & Rodríguez, A. (2016). Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, municipio Maracaibo, Venezuela. *Minería y Geología*, 32(3), 1-15. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2235/223547677001.pdf>

DNP, BID, CEPAL. (2014). *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis*. (S. Calderón, A. Romero, A. Ordóñez, C. Álvarez, L. Ludeña, C. Sánchez, . . . Pereira, Edits.) Santa Fe de Bogotá: Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 221 y Naciones Unidas, LC/L.3851, Washington D.C. Obtenido de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37879/1/S1500268_es.pdf

Empresa Oficial de Servicios Públicos de Yumbo - ESPY. (2016). *Yumbo se enfrenta a bajos niveles en el caudal de su río*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <http://espyumbo.gov.co/noticias/24-yumbo-se-enfrenta-a-bajos-niveles-en-el-caudal-de-su-río>

Enciso, A., Carvajal, Y., & Sandoval, M. (2016). Hydrological analysis of historical floods in the upper valley of Cauca river: Análisis hidrológico de las crecientes históricas del río Cauca en su valle alto. *Ingeniería y competitividad*, 18(1), 47-58. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332016000100005&lng=en&tlng=.

Enriquez, O., Guzmán, A., & Narvárez, G. (2014). Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña - Cuadernos de Geografía. *Revista Colombiana de Geografía*, 23(1), 165-178.

Espinosa, O. (2008). Los desastres naturales y la sociedad. (Centro Municipal De Salud Varadero, Ed.) *Revista Médica Electrónica*, 30(4). Obtenido de <http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202008/vol4%202008/tema10.htm>

Fundación PROAGUA. (2009). *Divulgación Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Yumbo, Valle del Cauca*. Convenio CVC No. 245/09- Fundación PROAGUA, Santiago de Cali. Recuperado de <http://antiguo.yumbo.gov.co/portalcamy/index.php/bannerdescarga/descargas/file/147-plan-de-ordenacion-y-manejo-de-la-cuenca-hidrografica-del-rio-yumbo>

González, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, O., Jiménez, P., & Navar, J. (2003). Cambio Climático Mundial: Origen Y Consecuencias. (Universidad Autónoma de Nuevo León, Ed.) *Ciencia UANL*, 6(3), 377-385. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/402/40260313.pdf>

Hernández, J., & Vieyra, A. (2010). Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿El desastre nace o se hace? *Revista de Geografía Norte Grande*(47), 45-62. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30015379003>

Hewitt, K. (1983). *Interpretations of calamity from the viewpoint of human ecology*. London: Allen & Unwim Inc. Obtenido de <http://www.ilankelman.org/miscellany/hewitt1983ic.pdf>

Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C., Gutierrez, E., & Ramos, W. (2016). Fenómeno el niño y desastres naturales: intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(2), 300-310. doi:2016.332.2205. Recuperado de <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/2205/2163>

Juárez, M., Iñiguez, L., & Sánchez, M. (2006). Niveles de riesgo social frente a desastres naturales en la Riviera Mexicana. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 75-88. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n61/n61a6.pdf>

Magaña, V., & Gay, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta ecológica*(65), 7-23. Obtenido de https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/Vulnerabilidad_y_adaptacion_regionalante_el_C.C_y_sus_impactos_ambientales__sociales_y_economicos.pdf

McPhaden, M. (2003). Tropical Pacific Ocean Heat Content Variations and ENSO Persistence Barriers. *Geophysical Research Letters* , 30(9), 1480. doi:10.1029/2003GL016872. Recuperado de https://www.pmel.noaa.gov/tao/www/pdf/WWV_Barriers.pdf

Mendonça, M. (2017). Monzón Sudamericano: La Integración De La Circulación Amazónica Y Altiplánica Y Las Variabilidades Climáticas Del Altiplano Andino Chileno. (Universidad de Tarapacá, Ed.) *Diálogo Andino - Revista de Historia*,

Geografía y Cultura Andina(54), 21-30. Obtenido de
<http://www.redalyc.org/pdf/3713/371353686003.pdf>

Merlinsky, M., & Ayelén, T. (2016). Inundaciones y construcción social del riesgo en Buenos Aires. Acciones colectivas, controversias y escenarios de futuro. (Universidad Central de Venezuela, Ed.) *Cuadernos del CENDES*, 33(91), 45-63. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/403/40347542004.pdf>

Ministerio de Agricultura Colombia. (1977). *Decreto 1449 de 1977. República de Colombia*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/35-dec_1449_1977.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Decreto Numero 4728 de 2010. Republica de Colombia*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/>

Ministerio del Medio Ambiente Perú. (2010). Descripción Del Marco Teórico Conceptual Para La Evaluación del Riesgo Ambiental. En Dirección General de Calidad Ambiental (Ed.), *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales* (págs. 13-18). Lima, Perú. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf

Niño, K. (2012). Análisis para la gestión del riesgo de inundaciones en Bogotá: Un enfoque desde la construcción social del riesgo. Trabajo de grado para

obtener el título de: Magister en Planeación Urbana y Regional . Pontificia Universidad Javeriana . Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/15414/Ni%C3%B1oFierroKarenNatalia2012.pdf?sequence=1>

Olmedo, J., & Villacreces, M. (2008). Episodio de Lluvias Torrenciales del 21 de septiembre de 2007. Las Inundaciones de Almuñécar. *Cuadernos Geográficos Universidad de Granada España*(42), 123-148. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17112052006>

Peña, G., Cuesta, F., & Betancur, J. (2015). Remoción de carga contaminante en aguas residuales industriales a escala de laboratorio. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Ed.) *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 157-168. Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1413/1738>

Pérez, D. (2015). La Planificación para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Ed.) República Dominicana. Obtenido de <https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/domrepublic2007/IWRM.pdf>

t

Posada, A., & Posada, J. (1966). *La CVC Un Reto al Subdesarrollo y al Tradicionalismo*. Bogotá, Colombia: Ediciones Tercer Mundo. Obtenido de

<https://ecopedia.cvc.gov.co/historicos/periodo-anos-1954-1977/la-cvc-un-reto-al-subdesarrollo-y-al-tradicionalismo>

Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. (Universidad Nacional de Colombia, Ed.) *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 28(107), 201-222. Obtenido de https://www.uninorte.edu.co/documents/266486/0/Poveda_2004.pdf

Puertas, O., & Carvajal, Y. (2008). Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer. (Universidad del Norte, Ed.) *Ingeniería y Desarrollo*(23), 104-118. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/852/85202309.pdf>

Ramírez , E., Acosta, M., & Vélez, J. (2017). Analysis of the climatic conditions for short-term precipitation in urban areas: a case study Barranquilla, Colombia. *Revista Idesia*, 35(2), 87-94. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000023>

Rodríguez, H. (2005). Desarrollo humano y desastre en Veracruz. En *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz* (págs. 173-189). Estado de Veracruz. Obtenido de https://www.uv.mx/eventos/inundaciones2005/PDF/11_DESARROLLO.pdf

Rueda, O., & Poveda, G. (2006). Variabilidad espacial y temporal del chorro del “CHOCO” y su efecto en la hidroclimatología de la región del Pacífico colombiano. *Revista de Meteorología Colombiana*(10), 132-145. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/German_Poveda/publication/301612753_Rueda_Poveda_Met_Col_2006/links/571ced6d08ae408367be5221/Rueda-Poveda-Met-Col-2006.pdf

Ruíz, A., & Pabón, J. (2013). Efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la precipitación y su impacto en la producción agrícola del departamento del Atlántico (Colombia). *Cuadernos de Geografía Revista Colombiana de Geografía*, 22(2), 35-54. Obtenido de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/37015>

Sedano, K., Carvajal, Y., & Ávila, A. (2013). Análisis De Aspectos Que Incrementan El Riesgo De Inundaciones En Colombia. *Revista Luna Azul*(37), 219-238. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321729206014>

Staines, F. (2007). Cambio climático: interpretando el pasado para entender el presente. (Universidad Autónoma del Estado de México, Ed.) *Ciencia Ergo Sum*, 14(3), 345-351. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414313>

Torres, C., & Pabón, J. (2007). Variabilidad intraestacional de la precipitación en Colombia y su relación con la oscilación de Madden-Julian. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(158), 79-93. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.380>

Toscana, A., Campos, M., & Monroy, J. (2010). Inundaciones, protección civil y habitantes de San Mateo Atenco, Estado de México. (Instituto de Geografía de

México, Ed.) *Investigaciones Geográficas (Mx)*(72), 68-81. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56919174006>

Vargas, O., Trujillo, J., & Torres, M. (2017). La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Ed.) *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2). Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2044/2254>

Vergara, M., Ellis, E., Cruz, J., Alarcón, L., & Galván del Moral, U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental. (Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimil, Ed.) *Política y Cultura*(36), 45-69. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/267/26721226003.pdf>