



**AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE MAESTRIA
INGENIERIA AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS MANCHAS
DE INUNDACIÓN SOBRE LOS TRAMOS Y ÁREAS DE
RIESGO POTENCIAL Y SIGNIFICATIVOS EN LA
CUENCA DEL RIO PAO, ESTADO CARABOBO.**

AUTOR: ING. JARRY VELASQUEZ

VALENCIA, Mayo 2019



**Evaluación de la Influencia de las
manchas de Inundación Sobre los
Tramos y Áreas de Riesgo
Potencial y Significativos en la
Cuenca del Río Pao, Estado
Carabobo.**



Autor: Ing. JARRY VELASQUEZ

Trabajo presentado ante el Área de Estudios

De Postgrado de la Universidad de Carabobo

Para optar al Título de Magister en Ingeniería Ambiental.

Valencia, Mayo de 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos infinitos a Dios Todo poderoso que me ha dado sabiduría espiritual y muchas bendiciones en lo profesional.

De igual manera agradecer a mi familia, a mi papa y en especial a mi novia Rosa María e hija María Alejandra quienes han sido de gran inspiración y apoyo incondicional y sincero.

A la tutora de esta investigación Adriana Márquez a quien admiro por su profesionalismo y dedicación ardua, quien a pesar de todos los obstáculos me ha demostrado ser ejemplo de constancia, abnegación y profesionalismo que hace todo por Amor a su profesión GRACIAS CON MAYUSCULAS PROFESORA.

Al Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Carabobo por el apoyo prestado, a la Profesora Auxilia Malia, a la Profesora Betty Farías quienes han sido grandes amigas que Dios ha puesto en mi camino MUCHAS GRACIAS por sus consejos y su cariño.

Agradecer a la universidad de Carabobo por haberme dado el apoyo en la utilización de las instalaciones del Laboratorio de Hidrología para la realización de este trabajo.

Att. Ing. Jarry Velásquez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especial de grado a mi familia y a mis profesoras quienes me han llevado y ayudado a obtener tan loable meta, gracias por haberme estimulado en estos tiempos duros, sin ustedes difícilmente lo hubiese logrado gracias.

De igual manera dedico este esfuerzo a todo mi país y en especial a las comunidades que en su momento vi padecer del flagelo generado por las anegaciones e inundaciones, esperando con mucha esperanza que este estudio sirva como un complemento fuerte y efectivo para la elaboración de un adecuado Alerta Temprana que sirva como premisa para la Mitigación efectiva en nuestro País.

Para culminar dedico este estudio a mi profesora Adriana, que me quedaría corto ya que las palabras no me sirven para mostrar todo el apoyo absoluto que usted me brindado, no solo a mi si no todos mis compañeros maestrantes Muchas Gracias Profesora es usted Valiosa para el País, para el estado, para nosotros Gracias...

Att. Ing. Jarry Velásquez

INDICE GENERAL

	INTRODUCCION	1
	CAPITULO I. EL PROBLEMA	2
1.1	Planteamiento del Problema	2
1.2	Formulación del Problema	5
1.3	Objetivos de la Investigación	6
1.3.1	Objetivo General	6
1.3.2	Objetivos Específicos	6
1.4	Justificación	7
1.5	Alcance y Limitaciones	8
	CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA	
2.1	Antecedentes	9
2.2	Bases Teóricas	11
2.2.2	Modelos	11
	Modelo del Hidrograma Unitario del Sistema de Conservación del	11
2.2.3	Suelo	11
2.2.4	SELECCION DEL PERIODO DE RETORNO O NIVEL DE DISEÑO	14
	CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1	Tipo de Investigación	17
3.2	Diseño de la Investigación	18
3.3	Técnicas de Recolección de Información	18
3.4	Etapas de la Investigación	19
3.4.1	Etapas de Diagnóstico	19
3.4.2	Recolección de Información	20
3.4.2.2	Imágenes Satelitales	20
3.4.2.3	Información Pluviométrica	20
3.4.3	Procesamiento de Datos	21
3.4.3.1	Método del Soil Conservation Service, (SCS)	21
3.4.3.2	Estimación del Número de Curva (CN)	22
3.4.3.4	Análisis de los Resultados.	24
	CAPITULO IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
3.5.1	Describir las variables Hidrometeorológicas asociadas al riesgo de inundación en la cuencas del río Pao (estado Carabobo) Venezuela.	25
3.5.2	Aplicar modelos matemáticos del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).	27
	Analizar el riesgo de inundación en asentamientos no controlados, de la planicie de inundación en las cuencas del río Pao Carabobo - Venezuela. (MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN).	29
3.5.3		

3.5.4	Validar los modelos estudiados del proceso lluvia-escorrentía adaptada a la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).	31
-------	--	----

CAPITULO V.

4.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
4.2	RECOMENDACIONES	45
4.3	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46
	INDICE DE FIGURAS	
Figura 1.	Ubicación geográfica de la cuenca del río Pao en la región Centro-Norte de la República de Venezuela.	20
Figura 2.	Flujograma del Proceso Realizado para la Obtención de los mapas de riesgos de inundación en la Cuenca del Pao.	24
Figura 3.	Mapa de Precipitación Anual para 2015 de la Cuenca del rio Pao, Venezuela.	26
Figura 18.	Mapa de Precipitación Anual para el 2016 de la Cuenca del rio Pao, Venezuela	26
Figura 19.	Mapa de Precipitación Anual para el 2017 de la Cuenca del rio Pao, Venezuela.	27
Figura 20.	Mapa de lluvia efectiva para la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2015 de la Cuenca del rio Pao, Venezuela.	28
Figura 21.	Mapa de lluvia efectiva para la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2016 de la Cuenca del rio Pao, Venezuela.	28
Figura 22.	Mapa de lluvia efectiva para la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2017 de la Cuenca del rio Pao, Venezuela.	29
Figura 23.	Mapa de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2015 para la Cuenca del rio Pao, Venezuela, considerando el diseño de obras hidráulicas para una vida útil de 50 años.	30
Figura 24.	Mapa de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2016 para la Cuenca del rio Pao, Venezuela, considerando el diseño de obras hidráulicas para una vida útil de 50 años.	30
Figura 25.	Mapa de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2017 para la Cuenca del rio Pao, Venezuela, considerando el diseño de obras hidráulicas para una vida útil de 50 años.	31

Figura 26.	Mapa de riesgo Hidrogeomorfológico oficial del Instituto Autónomo de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Carabobo como objetivo fundamental de presentar el Proyecto de Alerta Temprana en el año 2014.	40
Figura 27.	Mapa de riesgo Hidrogeomorfológico oficial del Instituto Autónomo de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Carabobo como objetivo fundamental de presentar el Proyecto de Alerta Temprana en el año 2014.	42

INDICE DE FORMULAS

Formula Nº 01	Modelo SCS	12
Formula Nº 02	El procedimiento calcula la esorrentía	12
Formula Nº 03	Medida de Infiltración Potencial	13
Formula Nº 04	Valores de Curvas de Nivel	13
Formula Nº 05	Formula de la Probabilidad	14
Formula Nº 06	Formula de la Probabilidad de que Ocurra un Evento	15

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de Curva CN de esorrentía para usos agrícola, urbano y suburbano.	22
Tabla 2.	Historial de Incidencias con Inundaciones y Anegaciones en los Municipios del Estado Carabobo con periodo desde el 2007 hasta el 2016.	32



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL



AVAL DEL TUTOR

Dando cumplimiento a lo establecido en el reglamento de estudios de Post-Grado de la Universidad de Carabobo en su artículo 133, quien suscribe PROF. ADRIANA MARQUEZ, titular de la C.I: V-12.604.007, en mi carácter de tutor de trabajo de Maestría titulado: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS MANCHAS DE INUNDACIÓN SOBRE LOS TRAMOS Y ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL Y SIGNIFICATIVOS EN LA CUENCA DEL RIO PAO, ESTADO CARABOBO. Presentado por: ING. JARRY JUNIOR VELASQUEZ PEREZ, titular de C.I: V-15.102.414, para optar al título de MAGISTER EN INGENIERIA AMBIENTAL, hago constar que el presente ante proyecto reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a revisión por parte de la comisión del programa de maestría de Ingeniería Ambiental.

En Bárbula a los 10 días del mes de Julio del año Dos Mil Diecisiete (2017).

—
Prof. De Seminario I
MSc. Adriana Márquez
C.I: V-12.604.007

—
Tutor Académico
MSc. Adriana Márquez
C.I: V-12.604.007



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL



ACTA DE ENTREGA

Ante todo reciban un cordial saludos y mis más sinceros respetos a las autoridades de la comisión del programa de maestría de Ingeniería Ambiental, por medio de la presente hago constancia de entrega del Ante Proyecto denominado: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS MANCHAS DE INUNDACIÓN SOBRE LOS TRAMOS Y ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL Y SIGNIFICATIVOS EN LA CUENCA DEL RIO PAO, ESTADO CARABOBO. Presentado por: ING. JARRY JUNIOR VELASQUEZ PEREZ, titular de C.I: V-15.102.414, con la finalidad de ser sometido a revisión y aprobación del mismo.

Sin más que hacer referencia y agradeciendo toda la atención prestada se despide de ustedes...

—
Ing. Jarry Velásquez
C.I: V-15.102.414



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL



Evaluación de la Influencia de las manchas de Inundación Sobre los Tramos y Áreas de Riesgo Potencial y Significativos en la Cuenca del Río Pao, Estado Carabobo.

Autor: Ing. Jarry Velásquez.

Tutor: Dra: Adriana Márquez.

RESUMEN

El objeto de este estudio, es determinar las Manchas de Inundación en la Cuenca del Río Pao, estado Carabobo mediante la aplicación de proceso lluvia-escorrentía, Cuenta con una cuenca de 133.818 ha, la cual es surcada por los ríos El Pao, Chirgua, Tocuyito, El Paíto, Cabriales, Pirapira, Paya y Cabriales. La cuenca del río Pao con un área de 2.918 km², abarca dos (2) estados: Cojedes y Carabobo.

El procesamiento de los datos obtenidos se realizó con los sistemas de modelaje software ERDAS IMAGE 2014, módulo ATCOR 3 Derive Terrain File para las correcciones topográficas, y el módulo ATCOR 3 Workstation para las correcciones atmosféricas y radiométricas, de igual manera, ENVI CLASSIC para la clasificación de las imágenes y por ultimo ARGIS- ARCMAP, herramienta que se utilizó con el fin de calcular los mapas de Precipitaciones anuales, Lluvia efectiva y Riesgo de Inundación determinando de esta manera las zonas inundables en la Cuenca del Río Pao.

Es un tipo de estudio es descriptiva con un diseño no experimental. Esta investigación tiene como técnicas de recolección de datos la observación científica indirecta, como instrumentos o medios para obtener la información se dispuso de imágenes satelitales a través del Satélite Landsat 8 OLI, durante la temporada de lluvia de los años 2015, 2016 y 2017, además de la obtención de bibliografía, e información hidrometereologicas suministrada por INAMEH con los datos correspondientes a lluvia desde los años 2015 al 2017.

Palabras claves: Cuenca, Lluvia Efectiva, escorrentía, Riesgo Hidrológico.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL



Evaluación de la Influencia de las manchas de Inundación Sobre los
Tramos y Áreas de Riesgo Potencial y Significativos en la Cuenca del Río
Pao, Estado Carabobo.

Autor: Ing. Jarry Velásquez.

Tutor: Dra: Adriana Márquez.

ABSTRACT

The object of this study is to determine the Flood Spots in the Pao River Basin, Carabobo state through the application of rain-runoff process, It has a basin of 133,818 ha, which is furrowed by the rivers El Pao, Chirgua, Tocuyito, El Paíto, Cabriales, Pirapira, Paya and Cabriales. The Pao river basin with an area of 2,918 km², covers two (2) states: Cojedes and Carabobo.

The processing of the obtained data was carried out with the software modeling systems ERDAS IMAGINE 2014, ATCOR 3 module Derive Terrain File for topographic corrections, and the ATCOR 3 Workstation module for atmospheric and radiometric corrections, likewise, ENVI CLASSIC for the classification of the images and finally ARGIS-ARCMAP, tool that was used in order to calculate the maps of annual rainfall, effective rainfall and flood risk thus determining the flood areas in the Pao River Basin.

It is a type of study is descriptive with a non-experimental design. This investigation has as data collection techniques the indirect scientific observation, as instruments or means to obtain the information satellite images were available through the Landsat 8 OLI Satellite, during the rainy season of the years 2015, 2016 and 2017, besides of the obtaining of bibliography, and hydrometeorological information provided by INAMEH with the data corresponding to rain from the years 2015 to 2017.

Keywords: Basin, Effective Rain, runoff, Hydrological Risk.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
SECCIÓN DE GRADO



ACTA DE DISCUSIÓN DE TRABAJO DE GRADO

En atención a lo dispuesto en los Artículos 137, 138 y 139 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como Jurado designado por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 135 del citado Reglamento, para estudiar el Trabajo de Grado titulado:

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS MANCHAS DE INUNDACIÓN SOBRE LOS TRAMOS Y ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL Y SIGNIFICATIVOS EN LA CUENCA DEL RÍO PAO, ESTADO CARABOBO”

Presentado para optar al grado de MAGÍSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL por el (la) aspirante:

JARRY VELÁSQUEZ
V.- 15.102.414

Habiendo examinado el Trabajo presentado, decidimos que el mismo está APROBADO.

En Valencia, a los cinco (05) día del mes de Junio del año dos mil diecinueve.


Prof. Adriana Márquez
C.I.: 12604007
Fecha: 05/06/2019


Prof. Bettys Evarias
C.I.: 8359094
Fecha: 05/06/2019
FE: 04/06/2019 /D6.-


Prof. Estefania Freytez
C.I.: 15667469
Fecha: 05/06/2019

INTRODUCCION

Entre las aplicaciones frecuentes en el manejo de los recursos hídricos está la elaboración de los mapas de inundación a partir de registros puntuales de precipitación.

En el mismo sentido; Como parte de este trabajo se presenta la metodología para realizar la validación de modelos matemáticos que se puedan adaptar al comportamiento de la relación lluvia-escurrimiento, así como la generación de mapas de inundación y determinación de zonas de amenazas de inundaciones en la cuenca del Río Pao ubicada con un área de 2.918 km², abarca dos (2) estados: Cojedes y Carabobo. Como características importantes de la cuenca Cabrita (2008), señala que:

- Las precipitaciones mínimas ocurren en los primeros meses del año.
- Los escurrimientos medios mensuales mínimos ocurren en los primeros cuatro meses de año y en promedio no pasan de 5,0 m³/s.
- La temperatura promedio de la cuenca es 25,6°C.

En tal sentido; Esta cuenca es la principal fuente de abastecimiento de agua potable de varias localidades del estado Carabobo y Cojedes: Valencia, Tinaquillo, Naguanagua, entre otras., utilizando las herramientas de modelación hidrológica HEC.

Ahora bien; Esta investigación consta de cinco capítulos, en el primero se hace el planteamiento del problema que motivo esta investigación, sus objetivos, justificación y las limitaciones de la investigación. Continuando con el capítulo dos donde se presentan los antecedentes utilizados que hicieron algún aporte al desarrollo de este trabajo, así como las bases teóricas que sustentan esta investigación, seguidamente el capítulo tres expone la metodología aplicada basada principalmente en el uso de los software ERDAS IMAGINE 2014, módulo ATCOR 3 Derive Terrain File para las correcciones topográficas, y el módulo ATCOR 3 Workstation para las correcciones atmosféricas y radiométricas, de igual manera, ENVI CLASSIC para la clasificación de las imágenes y por último ARGIS- ARCMAP, herramienta que se utilizó con el fin de calcular los mapas de Precipitaciones anuales, Lluvia efectiva y Riesgo de Inundación determinando de esta manera las zonas inundables en la Cuenca del Río Pao, en el capítulo cuatro se presentan el análisis de los resultados obtenidos con la metodología aplicada, y el quinto y último capítulo V, contiene las conclusiones obtenidas de la investigación y las recomendaciones.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

Planteamiento del Problema:

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD Diciembre 2012), desde los tiempos más primitivos de la evolución de la vida en el planeta Tierra, éste ha sido objeto de innumerables desastres naturales, todos ellos con características especiales pero con un mismo resultado: pérdida de vidas y daños materiales. Aunque existen avances sustantivos en el estudio de los fenómenos sísmicos e hidrometeorológicos en América Latina, la información disponible sobre amenazas naturales y vulnerabilidad sigue siendo deficiente y escasamente concuerda con las necesidades de los evaluadores del riesgo y tomadores de decisiones. No obstante, se conoce que la mayor incidencia de los desastres principales en América Latina proviene de las inundaciones, ciclones, deslizamientos, terremotos y sequías.

Sin embargo y a pesar del esfuerzo que realizan algunos países del mundo en el aspecto científico por minimizar el efecto destructivo de estos fenómenos naturales desde la década de los 90, todavía en el presente siglo existen muchas zonas que no han sido estudiadas desde el punto de vista de su riesgo o susceptibilidad ante fenómenos naturales. Ejemplo de ello son la mayoría de las cuencas hidrográficas del área tropical de América Latina, las cuales carecen de un adecuado manejo de los recursos naturales por la intervención de la acción humana.

En el mismo orden de ideas, la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (Roma, octubre de 2009), afirma en su estudio sobre el análisis de sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres de la División de Medio Ambiente, Cambio Climático y

Bioenergía que a pesar de la considerable documentación disponible sobre Gestión de Riesgo de Desastres en el mundo, existen pocas herramientas prácticas para guiar el análisis de instituciones y sistemas nacionales, locales y de distritos en cuanto a los riesgos, y para conceptualizar y proporcionar de ahí en adelante, la creación de capacidades coherentes a la demanda. El mundo ha sido testigo de un alarmante aumento en la frecuencia y severidad de los desastres: 240 millones de personas, en promedio, se han visto afectadas por desastres naturales alrededor del mundo cada año entre el 2000 y 2005. Durante cada uno de estos seis años, estos desastres cobraron alrededor de 80.000 vidas y provocaron daños estimados en 80 mil millones de dólares en EE.UU.

Entre tanto; La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR Enero 2013) en su publicación, América del Sur: Una visión regional de la situación de riesgo de desastres. La cuenca del Caribe está expuesta de manera anual (julio a noviembre) a la “temporada de huracanes”. Los “países caribeños” de América del Sur (Colombia y Venezuela) están expuestos y se han visto afectados por este tipo de fenómenos que incide en el incremento de las lluvias y vientos durante estos meses, situación que en ocasiones también se asocia al incremento de vendavales. Las inundaciones son el tipo de desastre más común en estas regiones y se aprecia una considerable diferencia en el número de inundaciones que se reportaron durante 1990-2011 (261 inundaciones) en comparación con el reporte de otros desastres. Solo en el periodo de 1970–2010, se registraron en América del Sur 828 desastres, para un total estimado de 73.665.81 millones de dólares, un total de 134.87 millones de personas afectadas y 166.527 muertes.

En Venezuela ha sido notable la intervención de cuencas y su uso inadecuado, esto ha alterado significativamente el equilibrio natural de las

mismas debido a la construcción inadecuada de infraestructuras, la destrucción del medio ambiente, la contaminación, la sobrepoblación de zonas peligrosas o restringidas, el crecimiento urbano desordenado y la sobreexplotación y uso irracional de los recursos naturales, también debido al flagelo de la deficiente planificación urbanística en el país, en la búsqueda de vías que a través de la historia la gran mayoría de las ciudades o regiones han seguido para tratar de satisfacer necesidades y elevar sus niveles de desarrollo, son factores que han contribuido a incrementar la vulnerabilidad forma considerable. Todo lo anterior describe un círculo vicioso, en el cual los diferentes actores sociales en la actualidad generan condiciones de asentamientos inestables que ante las amenazas hidrometereologicas se revierten posteriormente en impactos negativos sobre el desarrollo mismo de una comunidad.

Por lo tanto para una mejor visión de las afectaciones por inundación en el estado Carabobo de acuerdo a las estadísticas del Sistema Integrado de Emergencias, Desastres y Apoyo a la Gestión de Riesgo (I.A.S.I.E.D.A.G.R.E.C, 2017), desde el 2007 hasta el 2016, se han registrado más de 445 eventos de inundaciones que han afectado considerablemente a los municipios de Naguanagua y Valencia debido a las acciones hidrometereologicas por el desbordamiento del cauce Rio Cabriales, ha generado pérdidas en bienes materiales y afectación en 3.559 viviendas, 9.275 familias, lo que equivale a un total de 18.795 carabobeños con efectos post - traumáticos solo en estos dos municipios. También es importante mencionar que en cuanto a la vulnerabilidad ante las afectaciones hidrometereologicas estos municipios de Naguanagua y Valencia representan el 46% de incidencias por anegaciones e inundaciones en el estado Carabobo.

En tal sentido, se deriva entonces la interrogante sobre cómo sería afectado el municipio de Naguanagua y de Valencia por la ocurrencia de eventos generadores de desastres por la activación de amenazas

hidrometereologicas; qué altura y espacio ocuparía el flujo resultante y cuál sería el área de inundación para períodos de retorno mayores a los ocurridos en estos últimos años. Es por ello que en este estudio se intentan conocer las características de posibles inundaciones, su distribución espacial y las velocidades del flujo y plantear los mapas de amenaza por inundación para desarrollar y planificar acciones tanto preventivas como correctivas para el sistema de drenajes y así satisfacer la función básica establecida.

Todo esto dentro del marco de la gestión integral del riesgo en cuencas urbanas y la legislación correspondiente que rige la conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas superficiales y subterráneas, así como también del control y prevención de los efectos negativos de las aguas sobre la poblaciones y sus bienes materiales.

En vista de esto, se combina y refuerza mutuamente las actividades normativas y operacionales basadas en el campo de las amenazas hidrometereologicas para ayudar a los esfuerzos en cambiar de operaciones reactivas de alivio de emergencias hacia estrategias de preparación y prevención del riesgo de desastres mejor planeadas y de largo plazo que incluyan soluciones ante amenazas hidrometereologicas, por lo que el presente estudio compete al área de interés de la Cuenca Hidrográfica del Rio Pao; para la cual se plantea una metodología experimental que permita llevar a cabo la evaluación y análisis de riesgo de inundación del cauce del Rio Pao donde el continuo crecimiento de la población, desarrollo de infraestructuras urbanas y el intenso uso o aprovechamiento de los recursos naturales han servido como catalizadores para generar año tras año daños en bienes materiales y humanos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Qué elementos se requieren para analizar el riesgo de inundación en asentamientos no controlados de la planicie de inundación de la Cuenca de Rio Pao?

¿En qué grado podrá ser validado un modelo matemático existente del pronóstico lluvia-escorrentía para evaluar el comportamiento de la cuenca del Rio Pao?

¿Cuáles variables hidrometereologicas están asociadas al riesgo de inundación en la cuenca del Rio Pao?

¿Es posible validar los modelos estudiados del proceso lluvia-escorrentía que se adapten a la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes)?.

OBJETIVOS:

Basándose en el planteamiento del problema del presente estudio se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la influencia de las manchas de inundación sobre los tramos y áreas de riesgo potenciales significativos de inundación en la cuenca del Pao en el Estado Carabobo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir las variables Hidrometeorológicas asociadas al riesgo de inundación en la cuencas del río Pao (estado Carabobo) Venezuela.
- Aplicar modelos matemáticos del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).
- Analizar el riesgo de inundación en asentamientos no controlados, de la planicie de inundación en las cuencas del río Pao (Carabobo) Venezuela.
- Validar los modelos estudiados del proceso lluvia-escorrentía adaptada a la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista social, la mejor barrera de protección que debe tener cualquier comunidad expuesta a los desastres, es precisamente la prevención, y se refiere a todas las acciones e iniciativas orientadas a evitar que los efectos causados por fenómenos naturales o inducidos por el hombre, se conviertan en desastres, o en otras situaciones de emergencia, es decir, se traduzcan en registros de personas heridas o muertas; o en elevados índices de pérdidas materiales, como ha si ha sido desde el periodo de 2007-2016, de acuerdo a las estadísticas del Sistema Integrado de Emergencias los habitantes del estado Carabobeño han sufrido de 445 eventos de anegaciones e inundaciones que han generado efectos post-traumáticos muy acentuados por falta de una adecuada planificación urbanística en el tiempo y el desconocimiento total e imprudencia. Siendo la clave una efectiva prevención que debe contemplar cuatro aspectos importantes e imprescindibles: Organización, Riesgos-Recursos, Comunicación y Estrategias de Acción.

Ahora bien, desde el punto de vista institucional dentro del reto de concebir un documento que ubique el planteamiento de acciones que coadyuven a potenciar la respuesta temprana hacia un evento adverso natural generador de afectaciones como consecuencia de las precipitaciones o amenazas hidrometereologicas, es preciso esbozar de forma sinóptica, los criterios adoptados para la evaluación de riesgo de inundación en la cuenca del Rio Pao, basándose en la integración y trabajo mancomunado de la Universidad de Carabobo (Facultad de Ingeniería) e Instituto Autónomo del Sistema Integrado de Emergencias, Desastres y Apoyo a la Gestión de Riesgos del Estado Carabobo, será un aporte importante para las comunidades en general y de esta manera poder contar con información suficiente y actualizada que permita crear un adecuado sistema de alerta temprana ante inundaciones potenciales, y

tomar precauciones a tiempo, debido a las amenazas hidrometeorológicas que generan eventos emergentes y desastres en la cuenca del río Pao.

De acuerdo a la perspectiva antes señalada uno de los criterios adoptados es la comunicación multidireccional, debido que ningún plan se genera a expensa de la organización sino con la organización, dicho de otro modo planear con la gente y no a través de la gente; como segundo criterio esta la sistematización; que consiste en el aprovechamiento de los recursos y equipos tecnológicos con que cuentan ambas Instituciones, para generar evidencias fácticas del proceso a ejecutar (ejemplo de ello la información estadística que se pueda obtener en el momento a través de los equipos y programas comunicacionales para fortalecer la toma de decisión).

Desde el punto de vista institucional, las inundaciones en el estado Carabobeño no solo afectan a los medios de sustento de los hogares, sino también a la economía local en la que se desarrollan los medios de sustento de cada hogar, la recuperación de los medios de sustento y de la sostenibilidad de los hogares está profundamente condicionada por la economía local. No obstante, por falta de un sistema de alerta los organismos y entes competentes pasan por alto el impacto de las inundaciones sobre la economía local y el mercado. Pero si hay una buena planificación, los procesos de identificación y de seguimiento deberían proporcionar un mejor entendimiento de la afectación economía local para determinar las diferentes formas en cómo evitar pérdidas en mayores escalas que repercuten en el proceso de rehabilitación la cual ha sido muy lenta.

A su vez mantener el criterio de triangulación, como agente que vincule al Instituto, la comunidad, organizaciones voluntarias mediante la Dirección de Protección Civil y la atención directa de situaciones emergentes por parte del Cuerpo de Bomberos del estado Carabobo, con

el fin último de visibilizar y empoderar a las comunidades a través de la transferencia de saberes de acuerdo al criterio de pertinencia y pertenencia social, y de esta forma afrontar y manejar una contingencia con las características antes descrita con la premisa de resiliencia social.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Esta investigación se implementará en los municipios estadísticamente más afectados de acuerdo a los registros oficiales del Sistema Integrado de Emergencias del Estado Carabobo como lo son el municipio Naguanagua y Valencia, además se aplicarán modelos matemáticos basados en procesos físicos para simular la escorrentía superficial que resulta de una lluvia, mediante una representación de una cuenca como un sistema de componentes interconectados.

La presente investigación se enfoca en el procesamiento de parámetros para la modelación lluvia-escorrentía y la obtención de una curva de gasto de la cuenca del Río Cabriales y será útil para futuras generaciones que se quieran incursionar en los modelos de calibración o en el tema. Las limitaciones que se presentan o que infieren directamente sobre la investigación a realizar están sujetas a las siguientes condiciones. La cantidad de información disponible de precipitación y niveles en el plazo que se dispone para la realización del presente estudio ya las condiciones climáticas del periodo de estudio, ya que si en este periodo no se presenta una variación notable o una densidad de información significativa no se puede obtener un modelo ideal.

En el mismo orden de ideas; Es importante mencionar que el presente estudio se basa fundamentalmente en demostrar las áreas inundables o propensas a anegaciones e inundaciones en el área de la cuenca del Río El Pao, específicamente en los municipios del estado Carabobo más afectados en los años 2015-2017, con el fin de establecer

prevención basada en un modelo útil para la aplicación de un Alerta Temprana y a su vez mitigar las pérdidas de bienes y materiales y posibles vidas en el futuro, entendiendo que para esto es necesario acuerdos interinstitucionales con entes competentes como lo son Protección Civil, Vice Ministerio de Gestión de Riesgo y Bomberos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

En el presente capítulo se presenta un resumen de algunos trabajos e investigaciones realizadas en el ámbito internacional y ámbito nacional, que guardan una relación intrínseca con el presente estudio en la cual se utilizaron modelación matemática del proceso de lluvia –escorrentía, esto como una de las herramientas necesaria para estimar las crecidas, determinar las manchas de inundación y a su vez en función de una cultura preventiva la implementación de Sistemas de alerta temprana, y que por su contenido o por su metodología se convirtieron en bases de referencia esenciales para el desarrollo de esta investigación.

AMBITO INTERNACIONAL:

Rodríguez (2012), quien trabajo en su investigación sobre inundaciones en zonas urbanas, medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales. El autor desarrollo su estudio sobre las ciudades del Distrito Federal, ciudad de Monterrey, Guadalajara, Tijuana y Ciudad Juárez, este trabajo surge de la necesidad de integrar un conjunto de acciones que ayuden a los tomadores de decisiones en el manejo y control de las inundaciones. En la investigación presentan definiciones sobre cómo se ve afectada la hidrología en el medio urbano y la consecuencia que acarrea en forma de inundación.

En tal sentido, se incluyen igualmente, nuevas tecnologías que ayudan en el control de inundaciones, además de un conjunto de acciones que pueden ser implementadas por los tomadores de decisiones, como la implementación de un sistema de alerta temprana ante amenazas hidrometereologicas basado en cálculos de relación lluvia – escurrimiento tomando en cuenta 13 radales provistos con sistema Doppler proporcionando una cobertura del 70% del territorio nacional de

Mexico, presentando así las áreas inundables y su periodo de retorno implementando sistemas estructurales y no estructurales ante eventos de inundación como aplicación de un sistema de alerta temprana.

Cruz y Karime (2012), en su estudio Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en La Victoria, Valle del Cauca, Colombia. Los autores abordan el problema de los desastres socio-naturales por inundaciones a partir un marco conceptual denotando que el impacto de las inundaciones en todo el país deja pérdidas superiores a US \$4.870 millones en el 2011, evidenciando la necesidad de mejorar la gestión integrada del riesgo de inundaciones y de la revisión del estado del conocimiento; el aporte que consiste en documentar los problemas presentados a raíz de las inundaciones e identificar las causas del desastre ocurrido en el periodo 2010 – 2011. La propuesta aplicada al caso de estudio es: incorporar información sobre el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (El ENOS) para evaluar los caudales de inundación, analizar otras amenazas que pueden afectar en la gestión de inundaciones, valorar ecosistemas estratégicos, incluir un escenario de inundación por fallo de estructuras de protección, evaluar la amenaza para periodos de retorno de 25, 100 y 200 años.

AMBITO NACIONAL:

Márquez (2011), zonificó manchas de inundación en un área de la cuenca del rio Unare, mediante el uso de la herramienta HEC-RAS. Se utilizaron datos hidro-meteorológicos de la cuenca para determinar la zonificación de las manchas de inundación. El trabajo concluyó que se pueden obtener pronósticos satisfactorios de las lluvias mensuales debido a que con 12 meses de datos promedios de lluvia se puede generar un patrón que describe la lluvia en esta cuenca.

Márquez (2012), quien trabajó en un estudio de intensidad, duración y frecuencia de lluvias (IDF) en la cuenca del rio Unare y el embalse Pao-Cachinche. La autora estableció modelos para las curvas IDF y

parametrizó las ecuaciones de las curvas para cada estación. Concluyendo que el ajuste del modelo IDF con los valores era satisfactorio para el estudio del embalse.

Quienes y Vega (2015), quienes en su estudio ejecutaron la validación de los modelos del proceso de lluvia–escorrentía, fundamentándose en el estudio de los parámetros característicos de la cuenca para fijar un rango específicos de los mismo y mediante estos estimar crecidas periódicas con el fin de prevenir afectaciones por inundación en la comunidad. En este trabajo se desarrolló la metodología adecuada para validar modelos de lluvia-escorrentía de la cuenca del Rio Cabriales, con el objeto de obtener caudales simulados y compararlos con los datos observados.

En el mismo sentido, los modelos matemáticos utilizados indicaron que la curva de gastos obtenida para la Cuenca del Rio Cabriales es una primera aproximación a la curva real y está caracterizada por una línea de tendencia de grado 2 con un coeficiente de determinación igual a 1. Para la fase de calibración los hidrogramas unitarios de Clark y Snyder presentaron mejor adaptación a los hidrogramas de salida de la cuenca de estudio. En el caso de la validación el error fue menor arrojando un 90% en el hidrograma unitario SCS y el que mejor se adapta a la cuenca.

Farías (2015), Esta investigación tiene como técnicas de recolección de datos la observación científica indirecta, como instrumentos o medios para obtener la información se dispuso de cartografía tanto en físico como digitalizada, además de bibliografía, e información hidrometereológica suministrada por INAMEH, con los datos correspondientes a lluvias desde los años 2010- 2013. Esta información fue procesada con las aplicaciones del Arcgis 10.1 y las extensiones HEC-GeoHMS, HEC-RAS, para realizar la simulación del proceso lluvia-escorrentía en donde se determinaron zonas de planicies de inundación para tormentas de diseño para periodos

de retorno de 2 años y 50 años, arrojando como resultado una validación del modelo muy adaptado al comportamiento del proceso a simular en la cuenca y con un riesgo de 42% para un periodo de 50 años.

BASES TEORICAS

Modelo del Hidrograma Unitario del Sistema de Conservación del Suelo (SCS Unit Hydrograph Model).

Este método fue desarrollado por hidrólogos del US Soil Conservation Service (1972), sobre la base de numerosos datos experimentales en cuencas con áreas de hasta 2600 km² para estimar la escorrentía directa en función de la precipitación, de las condiciones hidrológicas de la cuenca y de las características del suelo.

El método distingue tres condiciones de humedad antecedente:

Condición I = seca, Condición II = media y Condición III = húmeda.

Cuatro grupos de suelo de acuerdo con su permeabilidad, es decir, su potencial de escorrentía: Condición A = Bajo potencial de escorrentía, alta tasa de infiltración; Condición B = moderadamente bajo potencial de escorrentía; Condición C = Moderadamente alto potencial de escorrentía; y Condición D = Alto potencial de escorrentía, es decir, tasa de infiltración muy lenta.

Ahora bien, el modelo SCS está incluido en el programa HEC-HSM y se basa en la media del hidrograma unitario derivado de las precipitaciones y la escorrentía para un gran número de pequeñas cuencas agrícolas. Este software puede ser estimado mediante una calibración. Para este modelo se requieren dos parámetros los cuales son, el tiempo de retardo (lag time) y el tiempo de concentración (time of

concentration) los cuales están relacionados mediante la siguiente ecuación:

Formula N° 02. Modelo SCS:

$$t_{lag} = 0.6 t_c$$

Dónde:

- **t_{lag}**: Tiempo de retardo.
- **t_c**: tiempo de concentración.

Formula N° 03. El procedimiento calcula la escorrentía mediante la siguiente relación:

$$Pe = [P - 0.2 S]^2 / [P + 0.8 S]$$

Donde **Pe** es la precipitación efectiva o escorrentía directa en mm; **P** es la precipitación total en mm y **S** es una medida de la infiltración potencial en mm.

Limitantes del Modelo (SCS)

La principal limitación del modelo del SCS lo constituye la estimación del parámetro S, el cual depende de factores edáficos, condiciones de la superficie y el grado de humedad antecedente. El SCS, desarrolló la siguiente expresión para estimar S en base al denominado número de curva CN:

Formula N° 04. Medida de Infiltración Potencial:

$$S = 25.4 [(1000/CN) - 10]$$

Donde S se expresa en mm y CN se encuentra tabulado para cada tipo de condición hidrológica en función del uso y para cada grupo de suelo.

En el mismo orden de ideas; Los valores de CN para las otras condiciones también pueden estimarse en función de los valores CN de la condición II de acuerdo con las siguientes relaciones:

Formula N° 05. Valores de Curvas de Nivel:

$$CN I = [4.2 CN II]/[10 - 0.058 CN II]$$

$$CN III = [23 CN II]/[10 + 0.13 CN II]$$

Donde CN I es la condición de humedad antecedente seca; CN II es la condición de humedad antecedente normal y CN III es la condición de humedad antecedente húmeda. Las condiciones de humedad antecedente se pueden establecer sobre la base de la precipitación acumulada durante los cinco días previos al evento que se analiza, de acuerdo con las siguientes magnitudes:

- **Para la condición I : 0 - 35 mm**
- **Para la condición II: 35 - 50 mm**
- **Para la condición III: más de 50 mm.**

SELECCION DEL PERIODO DE RETORNO O NIVEL DE DISEÑO

El estudio hidrológico puede tener dos usos fundamentales: (1) CONTROL DEL AGUA: drenaje, control de inundaciones, control de la polución, sedimentos, salinidad, etc.; (2) USO DEL AGUA Y MANEJO: abastecimientos, riego, hidroelectricidad, recreación, navegación, etc. En cada caso, el objetivo es el mismo: determinar el caudal de diseño de entrada, transitarlo a través del sistema y determinar si la salida es satisfactoria. El diseño para el control del agua normalmente se basa en eventos extremos de corta duración; mientras que el diseño para el uso del agua considera el hidrograma total sobre un período de años.

En la mayoría de los casos, el límite inferior es cero. El valor máximo es desconocido, pero finito. Para propósitos prácticos, se establece un valor límite estimado (VLE), definido como la —magnitud máxima posible de un evento hidrológico en un sitio determinado, basado en la mejor información hidrológica disponible. El concepto de VLE se encuentra implícito en el concepto comúnmente usado en hidrología de la precipitación máxima probable (PMP) y la correspondiente crecida máxima probable (CMP). La Organización Meteorológica Mundial define a la PMP como la magnitud de precipitación cercana al límite físico máximo que ocurre para una determinada duración sobre una cuenca dada. Sobre la base de los registros mundiales, la PMP puede corresponder a un período de retorno de 500.000 años es decir un factor de frecuencia de $K = 15$.

El período de retorno varía geográficamente, es usual asignar a la PMP un intervalo de recurrencia de 10.000 años, sin embargo, sin bases físicas. Debido a que se desconoce la probabilidad del VLE, su uso es determinístico. Por ello, especialmente para los rangos inferiores se suele usar el procedimiento probabilístico, es decir, se estiman las probabilidades de ocurrencia usando la información disponible. Este método es menos subjetivo y permite determinar los niveles de diseño óptimos. No siempre es económico usar en el diseño el VLE.

El valor de diseño final podría ser modificado de acuerdo con algún criterio técnico de ingeniería. En la práctica se usan tres procedimientos para establecer el nivel de diseño: método empírico, análisis de riesgo y análisis económico. En el método empírico, se selecciona como magnitud de diseño el evento extremo del registro histórico de N años. La probabilidad de que dicho evento sea igualado o excedido una vez durante los n años siguientes es:

Formula N° 06. Formula de la Probabilidad:

$$P(N,n) = \frac{n}{N+n}$$

Así, por ejemplo, la probabilidad de que el caudal máximo observado en N años sea igualado o excedido en los N próximos años es 0,5. Si una sequía de m años constituye el evento crítico observado en un período de N años, ¿cuál será la probabilidad $P(N, m, n)$ de que ocurra una sequía más crítica en los n próximos años? El número de secuencias de longitud

m en N años de registro es $N - m + 1$ y en n años es $n - m + 1$. Luego, la probabilidad de que el peor evento sobre el período pasado y futuro esté contenido en los n próximos años es:

Formula Nº 07. Probabilidad de que el peor evento ocurra:

$$P(N, m, n) = \frac{(n - m + 1)}{(N - m + 1) + (n - m + 1)}$$

$$= \frac{n - m + 1}{N + n - 2m + 2} \quad (n \geq m)$$

El análisis de riesgo parte del hecho de que la estructura puede fallar si la magnitud para el periodo de retorno de diseño T es excedida durante la vida útil de dicha estructura. El riesgo hidrológico de falla se calcula como sigue

Formula Nº 08. Formula del Riesgo Hidrológico:

$$\bar{R} = 1 - [1 - p(X \geq x_T)]^n$$

$P(X \geq x_T) = 1/T$; n es la vida esperada de la estructura; R es la probabilidad de que un evento $x \geq x_T$, ocurra por lo menos una vez en n años.

Supongamos, por ejemplo, que a una obra hidráulica de drenaje urbano se le ha asignado una vida útil de 10 año; se acepta un riesgo de 10% de que por lo menos una vez en dicho período ocurra un evento que excede la capacidad de la estructura ¿Cuál debería ser el período de retorno que debe utilizarse en el diseño? ¿Cuál sería la probabilidad de que una estructura diseñada para este período de retorno no sea excedida en su capacidad en 50 años?

Aplicando la Ecuación:

$$0,10 = 1 - (1 - \frac{1}{T})^{10} \quad T = 95 \text{ años}$$

$$\bar{R} = 1 - (1 - \frac{1}{95})^{50} \quad \bar{R} = 0,41$$

Luego, la probabilidad de que la capacidad no sea excedida durante un periodo de 50 años es: $1 - 0,41 = \Leftrightarrow 59\%$

El tercer método para estimar el nivel de diseño es el análisis económico. Aquí se requiere del conocimiento de la naturaleza probabilística del evento hidrológico y el daño que resultaría en el caso de ocurrir el evento, sobre el rango factible del mismo. A medida que se incrementa el periodo de retorno, aumenta el costo de la estructura, pero disminuye el monto de los daños esperados. Por lo tanto, se puede llegar a un período de retorno de diseño óptimo minimizando los costos totales sobre una base anual. A continuación, vamos a analizar el concepto de riesgo desde el punto de vista económico, ilustrándolo con dos ejemplos, el primero se refiere al estudio de diques para la protección de riberas; y el segundo se relaciona con la selección del caudal de diseño de alcantarillas:

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

El presente estudio se enmarca dentro del concepto de análisis cuantitativo para la obtención de los caudales de diseño, a fin de poder evaluar la amenaza hidrometeorológica (Díez A, 2002). Por otro lado, toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, el cual define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el estudio que se desarrolla. Al respecto Balestrini (2006) define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos las diversas reglas, registros, técnicas y protocolo con los cuales una teoría y sus métodos calculan las magnitudes de lo real”.

Según Finol y Carmacho (2008), el marco metodológico está referido al “como se realiza la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de datos”.

TIPO DE INVESTIGACION

La ejecución de este proyecto de investigación está enmarcada en el tipo de investigación descriptiva. Al respecto Hernández-Sampieri et al., (2014) define a este tipo de investigación como:

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se

refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas.” (p. 92).

Este estudio pretende determinar las manchas de inundación en la cuenca del río Pao, ubicada en el estado Carabobo y Cojedes; mediante la utilización de modelos matemáticos que contemplen el estudio, así como también el uso de estos datos para la implementación del Sistema de alerta temprana como mecanismo de prevención ante los eventos hidrometeorológicos.

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Según lo señalado por Sabino (2007) el diseño de la investigación consiste en “proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determinan las operaciones necesarias para hacerlo”.

De acuerdo a la estrategia de la investigación se puede clasificar como una investigación no experimental, se observaran los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. (Hernández y otros, 1996). En este orden de ideas los fenómenos observados en esta investigación fueron: Precipitación Anual, Precipitación Efectiva y Riesgo de Inundación.

TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACION

Para la recolección de la información es indispensable contar con una técnica de recolección de datos, que representan las distintas formas o maneras de obtener información, mientras que los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Toda medición o instrumento de recolección de datos debe tener dos requisitos esenciales: confiabilidad y validez.

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo objeto, produce iguales resultados, la validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. (Hernández y otros, 1996).

En esta investigación se plantea como objetivo general la validación de modelos lluvia- escorrentía adaptada a la cuenca del Río El Pao, para ello es necesario la obtención y procesamiento de imágenes satelitales a través del Satélite Landsat 8 OLI, durante la temporada de lluvia de los años 2015, 2016 y 2017, además de la obtención de bibliografía, e información hidrometeorológica suministrada por INAMEH con los datos correspondientes a lluvia desde los años 2015 al 2017.

ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se desarrolló en cuatro etapas:

- 1.- Diagnóstico.
- 2.- Recolección de información
- 3.- Procesamiento de datos.
- 4.- Análisis de resultados.

1era. Etapa Diagnóstico:

En esta etapa se seleccionó el área donde se efectuó la investigación: La cuenca del Río Pao esta situada en la zona centro-occidental de la cordillera de la Cota y en la parte norte-central del estado Carabobo, ubicada geográficamente en el flanco sur de la misma cordillera. La cuenca hidrográfica del río Pao (Cuenca Alta y Media) es una de las seis cuencas del estado Carabobo y se caracteriza por tener condiciones

socio-ambientales propias, pues es una cuenca compartida en cuanto a la ocupación, la utilización de los recursos naturales por la concentración poblacional, desarrollo industrial y comercial, actividades agropecuarias intensivas, tanto en el sector avícola y porcino como ganadería extensiva hacia la parte alta de la cuenca.

Existe una intervención tipo rural propia de la población campesina de los estados Carabobo y Cojedes, la cual las hace vulnerables a la contaminación por el aporte de aguas residuales, y al uso inapropiado de sus recursos naturales, como parte de la intervención rural la cual genera sedimentos para los cursos de agua, y desequilibrio en los recursos forestales y fauna. Dentro de la cuenca del río Pao se ubican las sub-cuencas de los ríos Pirapira y Paya; el primero, se ubica al sur del estado Carabobo, posee una longitud aproximada de 14,786 Km entre las coordenadas 600.522.59msnm y 606.453.13msnm. Sus nacientes se encuentran a 830msnm descendiendo progresivamente hasta llegar al embalse Pao Cachinche a 400msnm.

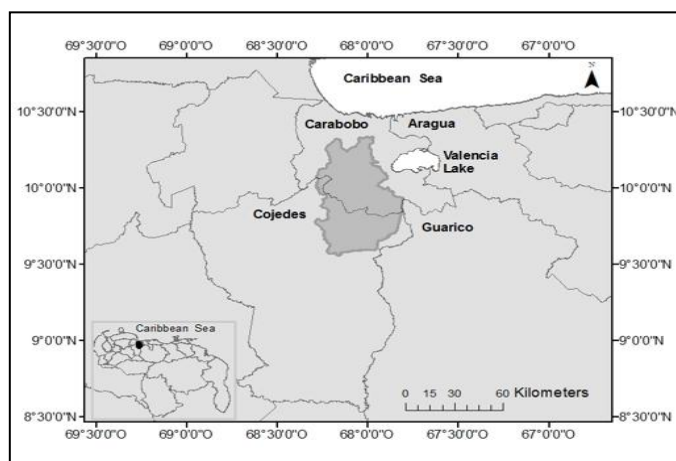


Figura 3. Ubicación geográfica de la cuenca del río Pao en la región Centro-Norte de la República de Venezuela.

2da. Etapa Recolección de la Información:

Objetivo 1: • Describir las variables Hidrometeorológicas asociadas al riesgo de inundación en la cuenca del río Pao (estado Carabobo) Venezuela. Se lleva a cabo mediante la recolección de imágenes satelitales e información meteorológica de INAMEH.

Imágenes Satelitales:

Las imágenes satelitales se obtienen a través de la obtención y procesamiento de imágenes satelitales a través del Satélite Landsat 8 OLI, durante la temporada seca de los años 2015, 2016 y 2017, cuenca del Río El Pao para establecer límites de esta, ubicación y visualización de áreas inundables.

Información Pluviométrica

A través del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) se obtuvieron los datos de lluvias diarias cada 5 minutos correspondientes a los periodos 2015-2017 en las estaciones pluviométricas ubicadas en esta zona del país, con esta información se determinaron las lluvias máximas utilizadas para las simulaciones con la aplicación HEC-HMS.

3era. Etapa Procesamiento de Datos:

Objetivo 2: Aplicar modelos matemáticos del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).

Método del Soil Conservation Service (SCS).

Este método fue desarrollado por hidrólogos del US Soil Conservation Service (1972), sobre la base de numerosos datos experimentales en

cuencas con áreas de hasta 2600 km² para estimar la escorrentía directa en función de la precipitación, de las condiciones hidrológicas de la cuenca y de las características del suelo.

El método distingue tres condiciones de humedad antecedente:

Condición I = seca, Condición II = media y Condición III = húmeda.

Cuatro grupos de suelo de acuerdo con su permeabilidad, es decir, su potencial de escorrentía: Condición A = Bajo potencial de escorrentía, alta tasa de infiltración; Condición B = moderadamente bajo potencial de escorrentía; Condición C = Moderadamente alto potencial de escorrentía; y Condición D = Alto potencial de escorrentía, es decir, tasa de infiltración muy lenta.

El procedimiento calcula la escorrentía mediante la siguiente relación:

$Pe = [P - 0.2 S]^2 / [P + 0.8 S]$ donde Pe es la precipitación efectiva o escorrentía directa en mm; P es la precipitación total en mm y S es una medida de la infiltración potencial en mm.

La principal limitación del modelo del SCS lo constituye la estimación del parámetro S, el cual depende de factores edáficos, condiciones de la superficie y el grado de humedad antecedente. El SCS, desarrolló la siguiente expresión para estimar S en base al denominado número de curva CN: **$S = 25.4 [(1000/CN) - 10]$** donde S se expresa en mm y CN se encuentra tabulado para cada tipo de condición hidrológica en función del uso y para cada grupo de suelo. La condición de humedad más usual es la II, por lo que en la Tabla 2 se presentan los valores de CN para dicha condición, en función del uso de los terrenos y para cada grupo de suelo como se detalla en la siguiente tabla de Determinación de la CN de escorrentia:.

Condición II de humedad antecedente		Grupo de Suelo			
Uso de la tierra		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento Conservacional	72	81	88	91
	Con tratamiento Conservacional	62	71	78	81
Pradera o pastizal	Condición mala	68	79	86	89
	Condición buena	39	61	74	80
Sabanas	Condición buena	30	58	71	78
Bosques	Ralo, Cobertura, pobre	45	66	77	83
	Cobertura buena	25	55	70	77
Espacios abiertos, jardines, parques, campos de golf, Cementerios ,etc.					
Condición buena	Cobertura de grama de 75% o más al área	39	61	74	80
Condición regular	Cobertura de grama de 50% a 75% del área	49	69	79	84
Áreas comerciales y de negocios (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeables)		81	82	91	93
Residencial					
Parcela promedio	% de Impermeabilidad				
500 m2 o menos	65	77	85	90	92
1000 m2	38	61	75	83	87
1500 m	30	57	72	81	86
2000 m	25	54	70	80	85
4000 m	20	51	68	79	84
Estacionamientos, parcelas, techos, autopistas, etc.		98	98	98	98
Calles y caminos	Pavimentados con cunetas y Alcantarillas	98	98	98	98
	Granzón	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente: Guevara y Cartaya (2004) p. 157.

Tabla 2. Número de Curva CN de escorrentía para usos agrícola, urbano y suburbano.

Estimación del Número de Curva (CN)

El número de curva CN está en función de la permeabilidad de la superficie y se utiliza para estimar la escorrentía directa generada por una lluvia de interés particular. La selección del valor de CN depende fundamentalmente de las características de la cuenca de drenaje, como son: la condición antecedente de humedad del suelo (CHA), uso de la tierra y condiciones del suelo (grupo hidrológico).

Una vez delimitado el parteaguas o frontera de las subcuencas se identificaron los tipos y usos de suelo que existían dentro de éstas para calcular un número de curva hidrológico parcial. Posteriormente, los números de curvas parciales existentes en las subcuencas se ponderan en relación al área ocupada; esto permitió determinar los correspondientes CN promedios asociados a cada subcuenca; RPTU representa las áreas de los ríos pequeños tributarios del río Pao.

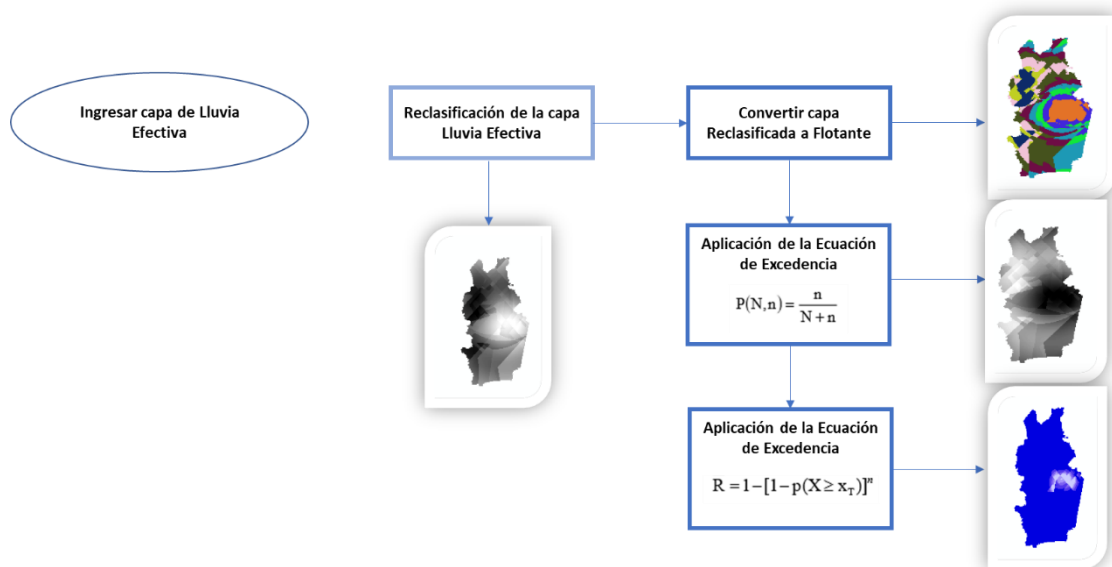
El método para determinar el número de curva (NC) que se utilizó fue el SCS este parámetro se obtiene a partir de la relación del tipo de

suelo y el uso del suelo de la cuenca y está presentado en tablas publicadas por el SCS. La base de datos usada para el procesamiento del tipo de suelo se tomó del documento “Sistemas Ambientales Venezolanos. Proyecto Ven/79/001” que contiene la metodología para definición de regiones, subregiones y áreas naturales y fue suministrado por el MARNR, los datos para el uso del suelo se crearon a partir de fotografías aéreas desde Google Earth y aportes de datos por parte de la división de Sistemas de Información Geográfica de los Estados Guárico y Anzoátegui, con la ayuda del software ArcGis y con la técnica de superposición de mapas se relacionaron obteniéndose el mapa de NC, se crearon tablas de búsqueda de CN para las diferentes condiciones de humedad del suelo seca (CNI), normal (CNII), y húmeda (CNIII) en un archivo de Microsoft Excel, para la asignación de los valores de CN a cada tipo de suelo A,B,C,D se usaron tablas desarrolladas por el Servicio de Conservación de suelos (SCS).

Objetivo 3: • Analizar el riesgo de inundación en asentamientos no controlados, de la planicie de inundación en las cuencas del río Pao Carabobo -Venezuela.

Aplicación de los Software ERDAS IMAGINE 2014, módulo ATCOR 3 Derive Terrain File para las correcciones topográficas, y el módulo ATCOR 3 Workstation para las correcciones atmosféricas y radiométricas, de igual manera, ENVI CLASSIC para la clasificación de las imágenes y por último ARGIS- ARCMAP, herramienta que se utilizó con el fin de calcular los mapas de Precipitaciones anuales, Lluvia efectiva y Riesgo de Inundación determinando de esta manera las zonas inundables en la Cuenca del Río Pao.

Figura 4. Flujograma del Proceso realizado para la obtención de los mapas de Riesgos de Inundación en la Cuenca del Pao.



4ta. Análisis de Resultados:

Validación del modelo matemático aplicado:

Para validar el modelo lluvia escorrentía se utilizó como referencia los análisis estadísticos del Instituto Autónomo de Protección Civil Carabobo basado en la frecuencia de sucesos de Anegaciones e Inundaciones que han ocurrido en todo el territorio Carabobeño desde el 2007 hasta el 2017, utilizando toda esta valiosa información para hacer la validación del presente estudio.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capitulo corresponde hacer respuesta a todos los objetivos planteados por el presente estudio así como también la interpretación de los resultados obtenidos, comenzando como primera instancia:

- **Describir las variables Hidrometeorológicas asociadas al riesgo de inundación en la cuencas del río Pao (estado Carabobo) Venezuela.**

RESULTADOS: A continuación se muestra el registro de precipitación anual comprendido desde el 2015 hasta el 2017 fundamental para el desarrollo del estudio y a su vez poder realizar la interpolación para determinar la lluvia efectiva:

En la **figura 05**, se muestra la precipitación de los meses del periodo lluvioso del año 2015. En el mes de mayo muestra una precipitación media acumulada considerable en la región Noreste de la cuenca en estudio con un registro de (56.51 – 70.3)mm, con un aumento aproximado del 50% progresivo hacia la zona Suroeste de la cuenca entre los meses de Junio y Julio con rangos de entre 117.21 hasta 188.16 mm como precipitación acumulada, culminando el análisis en el mes de Agosto en donde se muestra el mayor registro de precipitación acumulada en la región Centro Norte de la Cuenca con un Rango de (280.95 – 349,13)mm indicando que para este año el mes con más precipitaciones fue el mes de Agosto.

De igual manera se muestra en el año 2016 los meses con más registros de precipitación los meses de Junio y Agosto más acentuada en las regiones Centro Norte de la cuenca con registros que van desde (204.91 hasta 285.79)mm para este año en cuestión.

Para culminar se observa que en el año 2017 un comportamiento decreciente en cuanto al índice de registro de precipitación en (mm), pero se hace énfasis en el considerable registro del mes de agosto del año 2017 en conclusión es muy interesante detallar la ubicación del registro de las precipitaciones que han sido más acentuadas en la Región Centro Norte de la Cuenca así como en los años anteriores analizados.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cuanto a los registros de precipitación anual comprendiendo los años: 2015, 2016 y 2017:

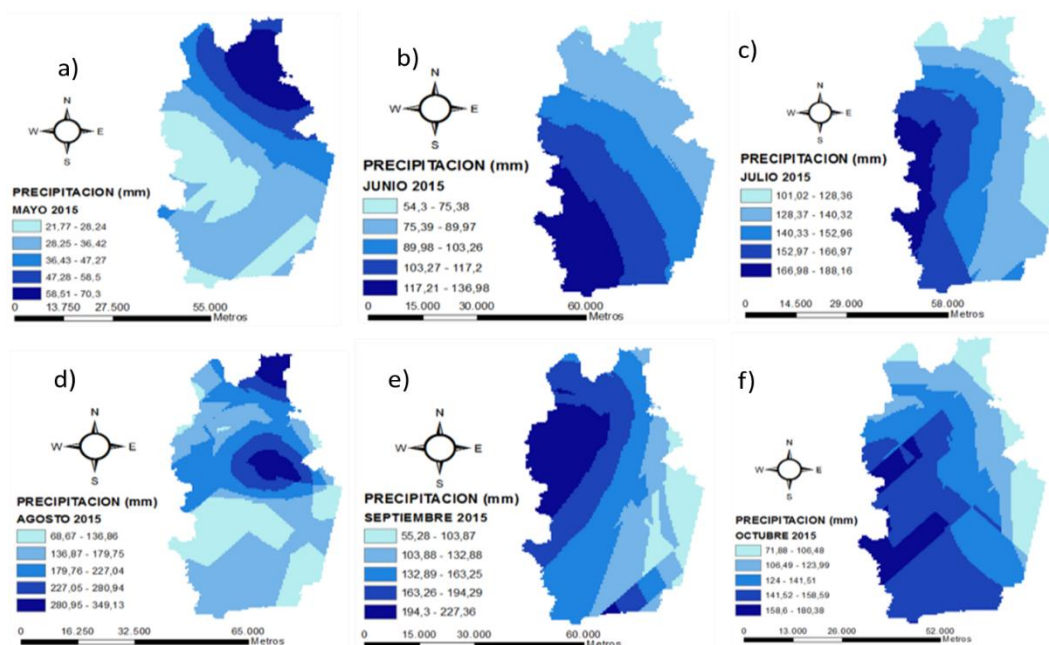


Figura 05. Mapa de Precipitación Anual para 2015 de la Cuenca del río Pao, Venezuela.

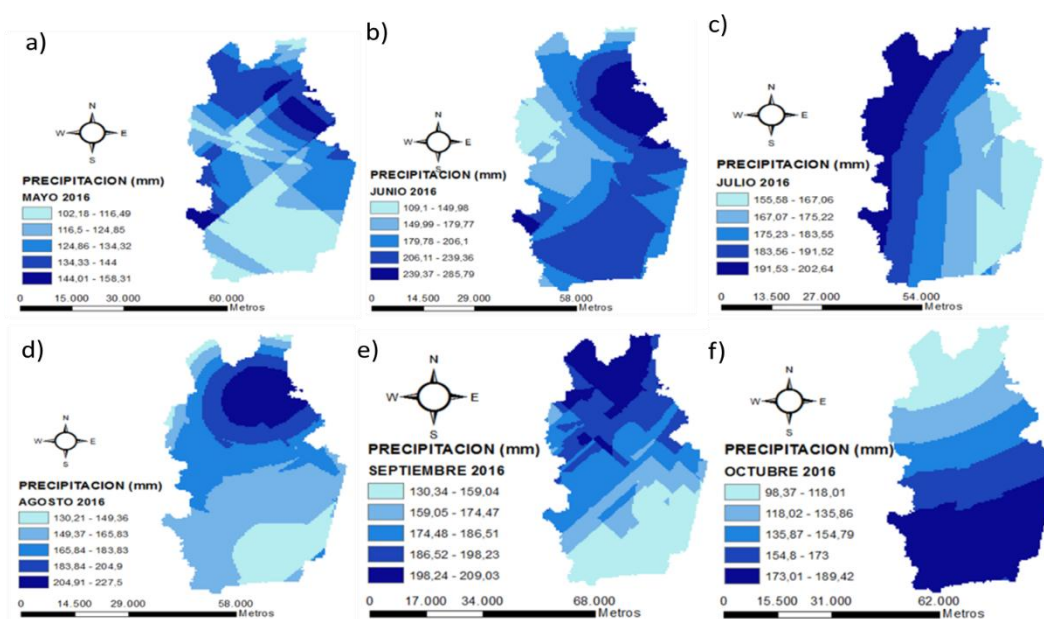


Figura 06. Mapa de Precipitación Anual para el 2016 de la Cuenca del río Pao, Venezuela.

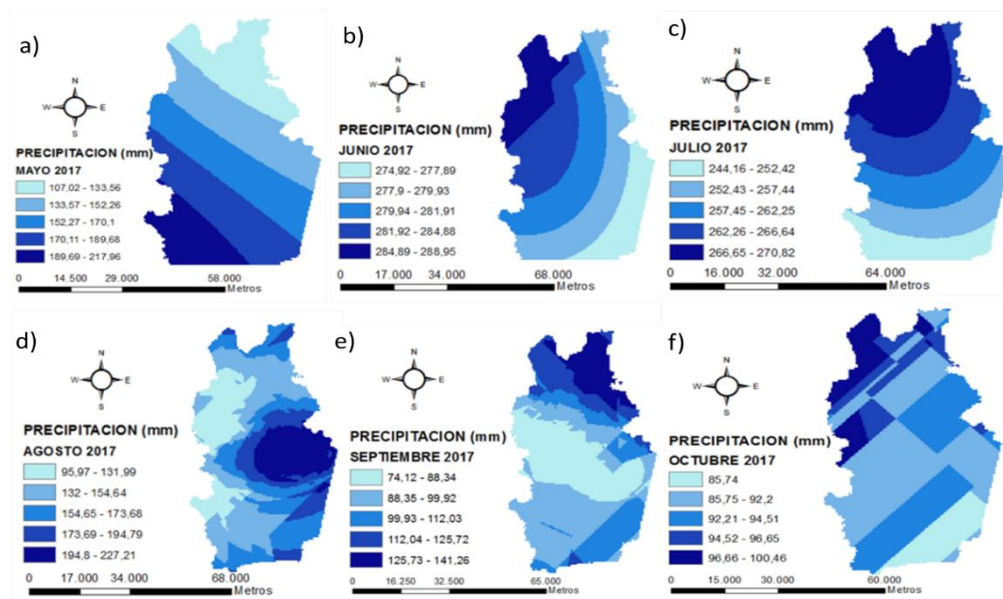


Figura 07. Mapa de Precipitación Anual para el 2017 de la Cuenca del río Pao, Venezuela.

- **Aplicar modelos matemáticos del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).**

Los resultados de la estimación de la lluvia efectiva distribuida en la Cuenca del río Pao durante los meses lluviosos de los años 2015 a 2017 son mostrados en las **Figuras 08 a la 10**, donde se observa que el patrón de escorrentía más alto ocurre con mayor frecuencia en la región centro-norte y norte-este de la Cuenca del río Pao, así como en los tres cuerpos de agua ubicados en la Cuenca. Durante 2015, la lluvia efectiva más alta ocurre en el mes de agosto 2015 variando entre 280.93 y 349.12 mm.

Ahora bien; Durante 2016, los meses con más predominio de lluvia fueron Junio con 239,36 mm y 285,78 mm y Agosto de 2016 entre 204.89 y 227.49 mm. Con predominio a una gran acumulación de agua precipitada en la región centro norte de la cuenca con una ligera variación en el mes de septiembre de 2016 con una concentración de 172,79 mm y 189.42 mm.

En tal sentido; El mapa de precipitación efectiva del año 2017 (Figura 10) muestra que la lluvia efectiva es la más alta en los cuerpos de agua ocurre en el mes de Junio con (284,88mm y 285,95 mm) así como en la zona urbana ubicada en las regiones centro-norte (266.64 mm y 270,82 mm) aun predomina la concentración de agua precipitada en áreas urbanas específicamente en la región centro norte y noreste de la cuenca. Los valores bajos a medios de precipitación efectiva se observan en las zonas con vegetación (74.11mm a 88.83 mm) y agrícolas debido a procesos hidrológicos de retención de agua por la cobertura vegetal o

infiltración en los suelos con alta capacidad de absorción desde la superficie. A continuación se muestra detalladamente los resultados obtenidos:

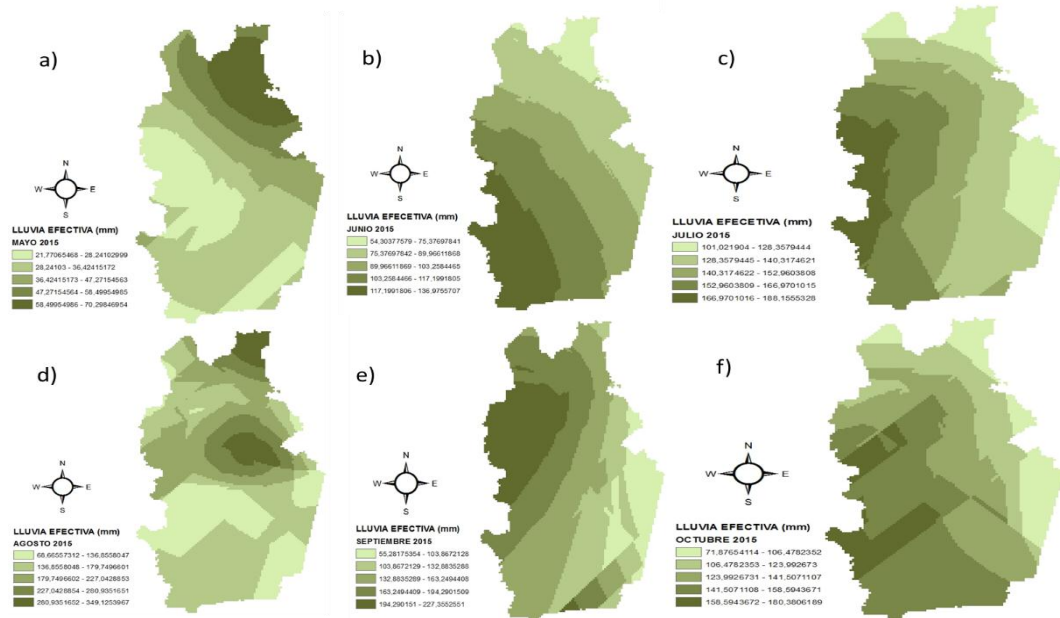


Figura 08. Mapa de lluvia efectiva para la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2015 de la Cuenca del río Pao, Venezuela.

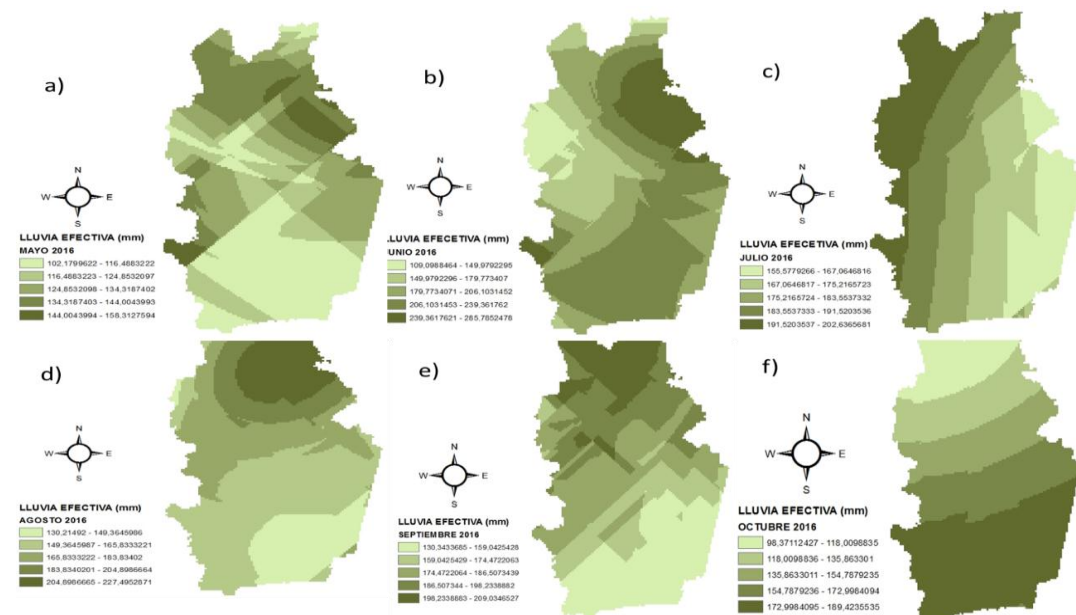


Figura 09. Mapa de lluvia efectiva para la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2016 de la Cuenca del río Pao, Venezuela.

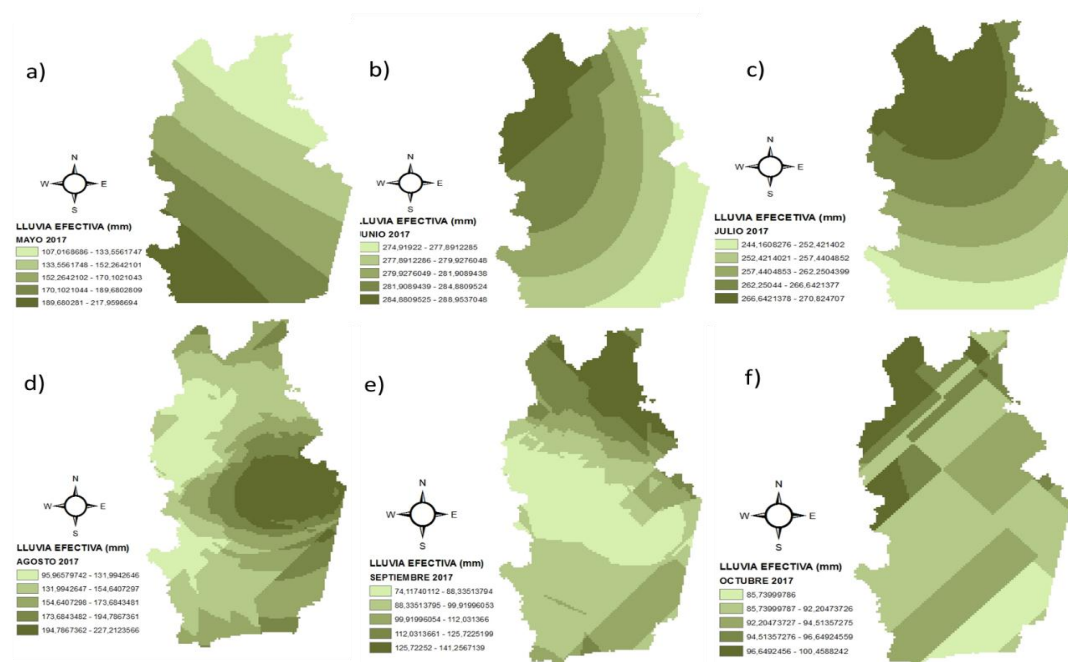


Figura 10. Mapa de lluvia efectiva para la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2017 de la Cuenca del río Pao, Venezuela.

- **Analizar el riesgo de inundación en asentamientos no controlados, de la planicie de inundación en las cuencas del río Pao Carabobo -Venezuela. (MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN).**

Las Figuras 11, 12 y 13 muestran los mapas de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante el periodo 2015 a 2017, para una vida útil de una estructura hidráulica de 25 años, la probabilidad de riesgo de que al menos una vez la obra hidráulica sea excedida más alta es obtenida en la mayor proporción de área de la cuenca abarcando zonas de usos agrícolas y cobertura vegetal variando entre 0.9529 y 1. En estas zonas de alto riesgo de inundación ocurren precipitaciones efectivas de bajas a medias. El riesgo para exceder una obra hidráulica proyectada disminuye variando entre 0 y 0.1764 en las zonas urbanas donde la lluvia efectiva ocurre con los valores más altos durante el periodo lluvioso.

Para culminar; Es importante mencionar que de acuerdo a la investigación de INGEOMINAS; Movimientos en masa del cauce Río Cabiliaes, el estado Carabobo es un valle en formación joven con un orden geológico sedimentario denominado Esquistos Las Mercedes, con cauces dinámicos como lo son: Río Cabiliaes, Río Cabiliaes, Quebrada La Bocaina en el Municipio Valencia por nombrar algunos, poseen

condiciones de sinuosidades mayores a 1,2 con un alto índice de probabilidad de desbordamientos en toda la morfología de los cauces de esta cuenca en estudio, por lo que es bastante lógico los resultados obtenidos a continuación.

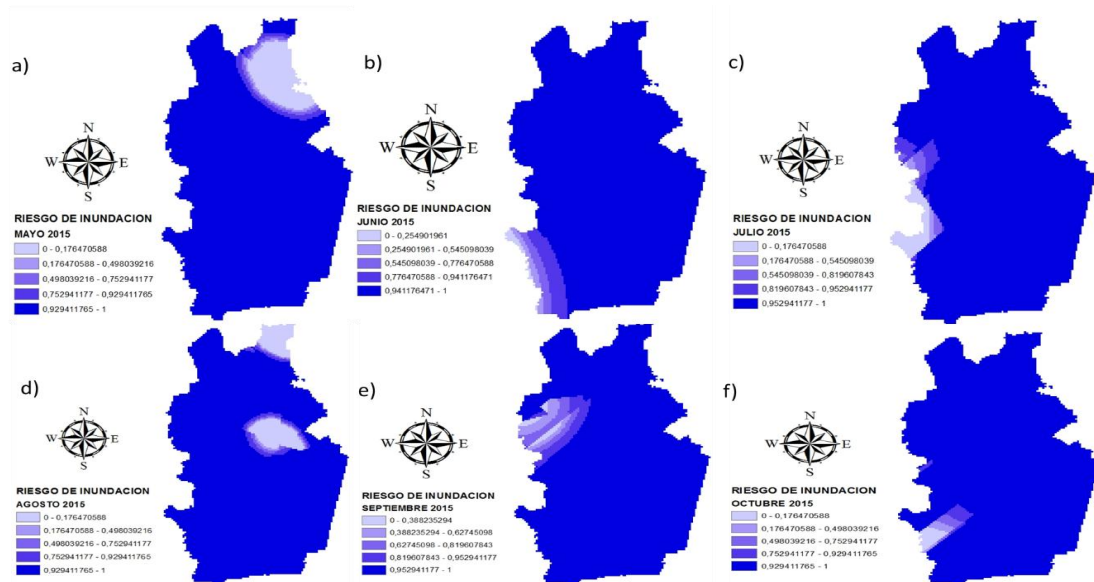


Figura 11. Mapa de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2015 para la Cuenca del río Pao, Venezuela, considerando el diseño de obras hidráulicas para una vida útil de 25 años.

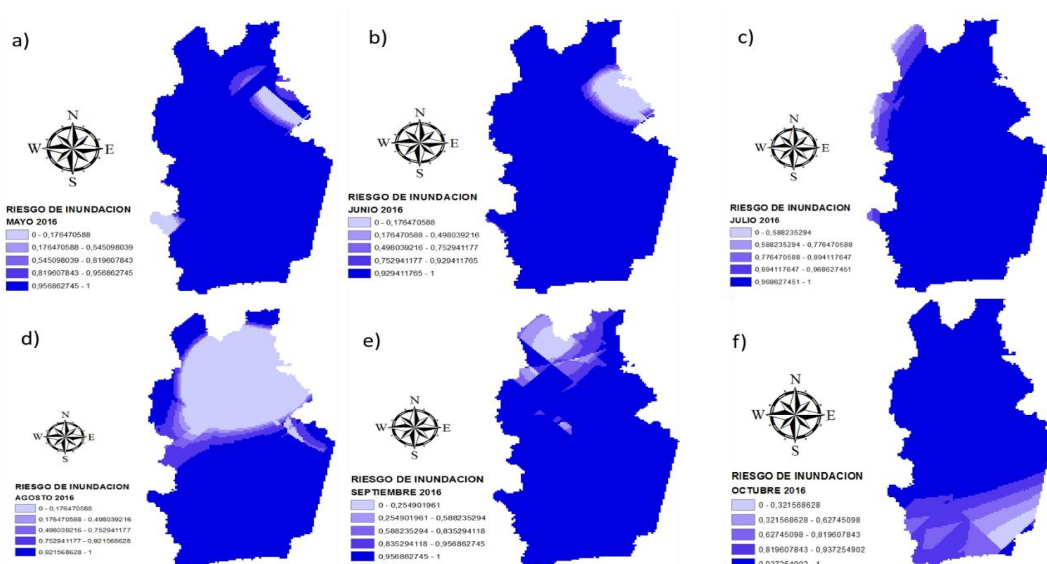


Figura 12. Mapa de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2016 para la Cuenca del río Pao, Venezuela, considerando el diseño de obras hidráulicas para una vida útil de 25 años.

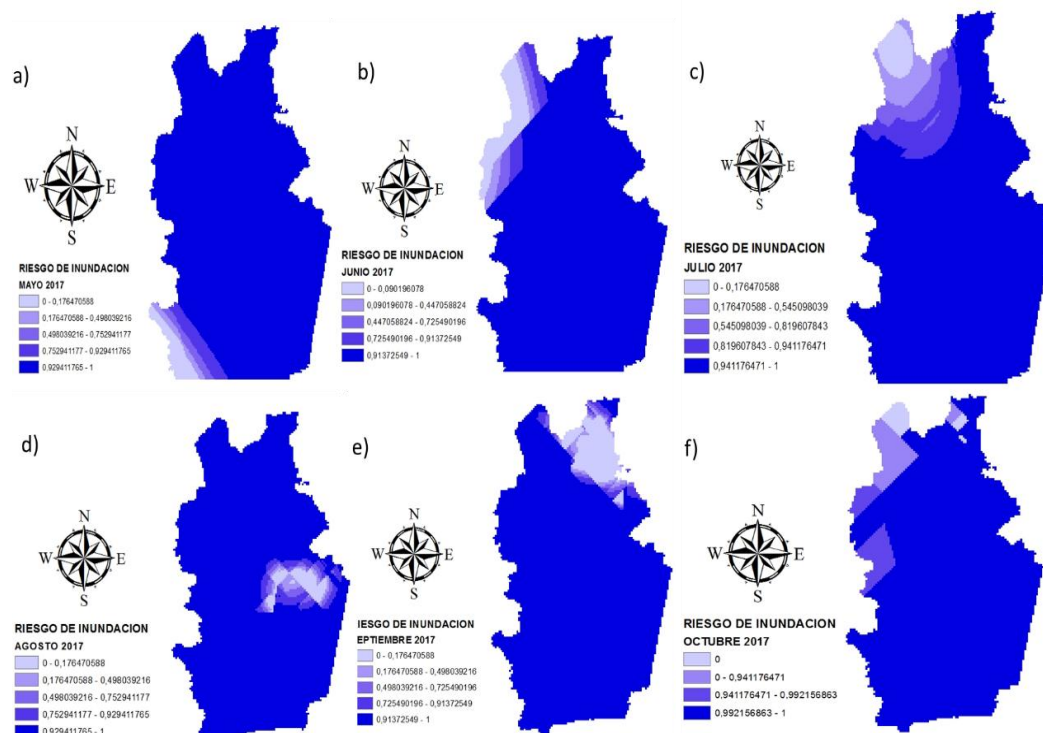


Figura 13. Mapa de riesgo de inundación usando la serie de tiempo de meses lluviosos durante 2017 para la Cuenca del río Pao, Venezuela, considerando el diseño de obras hidráulicas para una vida útil de 25 años.

- **Validar los modelos estudiados del proceso lluvia-escorrentía adaptada a la cuenca del río Pao (Carabobo-Cojedes).**

De acuerdo al documento oficial entregado a la Gobernación del estado Carabobo y presentado en el mes de Abril del 2014 y denominado: **“PROYECTO ALERTA TEMPRANA EN LAS COMUNIDADES ABRIL, 2014”** de código de registro **DGRMD-JRN-14-133**; Presenta que el estado Carabobo cuenta con una organización territorial de catorce (14) municipios y treinta y ocho (38) parroquias, dentro de los municipios que concentran la mayor cantidad de territorio que han sufrido de acuerdo a los registros de incidencias desde el año 2007 hasta el 2016 han presentado Inundaciones y Anegaciones, así como también se muestra el número de viviendas afectadas.

Tabla N° 03. Historial de Incidencias con Inundaciones y Anegaciones en los Municipios del Estado Carabobo con periodo desde el 2007 hasta el 2016.

ZONAS VULNERABLES DEL ESTADO CARABOBO Y REGISTRO DE INCIDENCIAS PERIODO 2007 HASTA 2016									
Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Río, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	N° de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
S A N D I E G O	SAN DIEGO	EL POLVERO, RÍO SAN DIEGO CERCA AL PUENTE	616029 - 1136525	234		X		X	AREA CERCANA A LA UNIVERSIDAD ARTURO MICHELENA. OBSTRUCCIÓN EN EL CAUCE
	SAN DIEGO	LA JOSEFINA II QUEBRADA LA LUZ	616521 - 1136954	105		X			AREA PARALELA A LA VARIANTE BARBULA YAGUA
	SAN DIEGO	LOS TAMARINDOS CANAL DE ESTE A OESTE	614819 - 1135386	50				X	CANAL QUE CAE AL RIO CUPIRA
	SAN DIEGO	PUENTE CERCA E/S MOBIL RIO CUPIRA	613643 - 1132909	64		X		X	OBSTRUCCIÓN EN EL AREA DEL PUENTE
	SAN DIEGO	CAMPO SOLO CANAL ADYACENTE COMPLEJO LOS JARALES HASTA LOS CEDROS	614073 - 1129194	132		X		X	CANAL CON DIMENSIONES SUBESTIMADO
	SAN DIEGO	CANAL SECTOR METRO PLAZA COMPLEJO LOS JARALES	614355 - 1128494	37		X		X	CANAL CON DIMENSIONES SUBESTIMADO
	SAN DIEGO	PARTE ALTA LOS MAGALLANES	612226 - 1128726	34			X		TERRENOS CON FUERTES PENDIENTES Y ALTO GRADO DE INTERVENSIÓN . VIVIENDAS DE CONSTRUCCIÓN INESTABLES
	SAN DIEGO	PARTE ALTA LA ESMERALDA	616541 - 1131688	10			X		AREAS DESPROVISTA DE VEGETACIÓN Y FUERTE EXPOSISIÓN DE SUELO
	SAN DIEGO	LA CUMACA FALDA DEL CERRO AL LADO DEL RIO	616541 - 1137409	241			X	X	ZONA AFECTADA POR INVASIONES CONSTRUCCIONES SIN NINGUN TIPO DE PREVISION, UBICADAS SOBRE SITIOS DONDE PASABAN QUEBRADAS.

L I B E R T A D O R	TOCUYITO	FUNDACION CAP	601287 - 1119324	230	X				POR OBSTRUCCION DEL RIO LEÓN
	TOCUYITO	SAN LUIS DE LA COLUTA	602454 - 1119619	157	X				POR OBSTRUCCION DEL RIO LEÓN
	TOCUYITO	RIO EL TORITO	598506 - 1119802	301		X			POR GRANDES VOLUMENES DE AGUA
	TOCUYITO	URBANIZACION LA ESPERANZA	596675 - 1114945	223				X	POR CRECIDA DEL RIO
	TOCUYITO	URBANIZACION LA YAGUARA	596209 - 1113420	181				X	POR CRECIDA DEL RIO
	TOCUYITO	BARRIO BUENO	601766 - 1118480	107				X	POR CRECIDA DEL RIO
	TOCUYITO	CANAPOSARE	593430 - 1117097	236			X		ZONAS CON FUERTE PENDIENTE Y MATERIAL INESTABLE EN HUMEDO
	INDEPENDENCIA	QUEBRADA BARRERA	594646 - 1109264	154		X			POR CRECIDA
	INDEPENDENCIA	QUEBRADA LA YAGUARA	597305 - 1112407	107		X			POR OBSTRUCCION
	INDEPENDENCIA	QUEBRADA LA INDIA	592883 - 1114677	103		X			POR OBSTRUCCION
	INDEPENDENCIA	EL NAIPE	590633 - 1105459	85			X		SUELOS EXPUESTOS, AFECTANDO LA ESTABILIDAD DE LA CARRETERA NACIONAL
	INDEPENDENCIA	EL NAIPE	590633 - 1105459	85			X		SUELOS EXPUESTOS, AFECTANDO LA ESTABILIDAD DE LA CARRETERA NACIONAL
C A R L O S A R V E L O	GUIGUE	EL PIÑAL (CASERIO)	632057 - 1110663	300	X				AMERITA CANALIZACIÓN DEL RIO NOGUERA
	GUIGUE	CASCO DE GUIGUE, RIO NOGUERA	632873 - 1114822	331	X			X	ACTUALMENTE CON PROBLEMAS DE SEDIMENTACIÓN Y ABUNDANTE VEGETACIÓN BAJA SOBRE EL CAUCE
	GUIGUE	LA BOLIVARIANA	634524 - 1114116	224	X				AMERITA AMPLIACIÓN Y CANALIZACIÓN DEL CAUCE
	GUIGUE	5 DE JULIO	634814 - 1114450	231				X	AMERITA LIMPIEZA LA CANAL DE DESAGUE
	GUIGUE	PUNTE PEREZ DE GUICA	627496 - 1115172	371		X			REMOSIÓN DE MATERIAL ORGANICO Y LIMPIEZA DE LA CANAL
	GUIGUE	COPETÓN	627496 - 1115172	107			X		INDICIOS DE DESLIZAMIENTO ANTERIORMENTE
	TACARIGUA	LAS TIAMITAS	625876 - 1115793	95				X	AMERITA LIMPIEZA DE LA CANAL DE DESAGUE
	TACARIGUA	LAS TINAJAS	617681 - 1116000	84		X			POR CRECIDA DEL RIO CHARAL
	TACARIGUA	CARAQUITA NUEVA	619418 - 1115245	113				X	POR DESBORDAMIENTO DEL RIO CHARAL
	TACARIGUA	B/ EL CARMEN	618496 - 1114908	101	X				POR DESBORDAMIENTO QUEBRADA EL CARMEN
	TACARIGUA	EL JABON (BOQUERON)	617652 - 1113152	200		X			POR DESBORDAMIENTO DEL CAÑO JABÓN
	BELEN	LA MANGA (BELEN)	643813 - 1104154	54	X				POR DESBORDAMIENTO DEL CAÑO EL OSO
M O N T A L B A N	MONTALBAN	POTRERITO	576009 - 1125486	23	X				POR CRECIDA DEL RIO
	MONTALBAN	SABANA AGUIRRE	577552 - 1123640	34	X	X			POR FUERTES PRECIPITACIONES
	MONTALBAN	TOCORON	574373 - 1128679	84	X				LOS CUERPOS DE AGUAS CERCANOS AMERITAN MANTENIMIENTO POR SU SEDIMENTACIÓN, ABUNDANTE MALEZA Y ESCOMBROS
	MONTALBAN	AGUIRRE	579827 - 1131454	100	X				CAUCES CERCANOS CON EXESO DE SEDIMENTACIÓN Y ABUNDANTE MALEZA

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Río, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundación	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegación	Observación
B E J U M A Y M I R A N D A	BEJUMA	AV LOS FUNDADORES	580108 - 1124523 / 582285 - 1124523	1236				X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	BEJUMA	LA TRILA	582646 - 1122202	2307		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	BEJUMA	CARRETERA VIA CANOABO	578757 - 1125906	1187			X		FALLAS DE BORDE, SIN SEÑALIZACIÓN
	CANOABO	CANOABITO	580391 - 1140889	1123	X				OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	CANOABO	LA SABANA	576102 - 1142792	1222				X	LAS AGUAS DE LLUVIAS DRENAN DESDE LAS CONSTRUCCIONES CERCANAS
	SIMON BOLIVAR	CONSORCIO AGROPECUARIO LA GUADALUPE	590550 - 1137899	150	X				LA CRECIDA DEL RIO AFECTA LAS VIVIENDAS UBICADAS SOBRE EL MARGEN
	Miranda	LOMAS DE LOS NARNJOS	566252 - 1123182	2141	X				ALTA SEDIMENTACIÓN SOBRE EL PUENTE
	Miranda	LOS NARANJOS	566321 - 1122969	1200			X		INDICIOS DE DESLIZAMIENTOS ANTERIORES
Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Río, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundación	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegación	Observación
D I E G O I B A R R A	Mariara	FACUNDO TOVAR	639937 - 1137423	300				X	POR CRECIDA DEL RIO GUAMACHO
	Mariara	RIO GUAMACHO	639962 - 1137882	321		X			EN DESNIVEL CON EL SECTOR FACUNDO TOVAR
	Mariara	RIO MARIARA	640645 - 1138250	181		X			POR OBSTRUCCIÓN EN EL CANAL
	Mariara	LOS CHAGUARAMOS	642424 - 1136928	264				X	LIMPIEZA EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	Mariara	LOS TAMARINDOS	642302 - 1137275	300				X	LIMPIEZA EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	Mariara	DELEITE RURAL I	643240 - 1136830	200				X	LIMPIEZA EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	Mariara	LA FAJINA	640964 - 1138216	36			X		AREA CON FUERTES PENDIENTES AFECTADAS POR LOS INCENDIOS DE VEGETACIÓN
	Mariara	HOSPITAL DE MARIARA	642358 - 1137369	80				X	UBICADO POR DEBAJO DEL NIVEL DE LA CARRETERA
	Aguas Calientes	FÉLIX EDUARDO NAVARRO	643468 - 1136692	200				X	UBICADO CERCA DE LA QUEBRADA "LA BABA"
	Aguas Calientes	SAN JOSÉ	641547 - 1137545	364	X			X	LIMPIEZA EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	Aguas Calientes	VISTA HERMOSA	645480 - 1136954	400	X			X	LIMPIEZA EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	Aguas Calientes	BARRIO NUEVO LA CABRERA	645956 - 1136344	401			X		AREA CON FUERTES PENDIENTES AFECTADAS POR LOS INCENDIOS DE VEGETACIÓN
	Aguas Calientes	ALEZURCA	645554 - 1134957	200	X			X	LIMPIEZA EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	Aguas Calientes	PUNTA PALMITA	643466 - 1134036	303	X		X		AREAS RELATIVAMENTE PLANAS MUY PROXIMAS AL LAGO DE VALENCIA
	Aguas Calientes	EL CAMPITO	644575 - 1133767	192			X		AREA CON FUERTES PENDIENTES AFECTADAS POR LOS INCENDIOS DE VEGETACIÓN
	Aguas Calientes	COGOLLAR	644897 - 1133380	24	X		X		AREAS RELATIVAMENTE PLANAS MUY PROXIMAS AL LAGO DE VALENCIA
	Aguas Calientes	TEQUENDAMA	643615 - 1139513	224				X	INVASION SIN NINGUN TIPO DE SERVICIOS PUBLICOS

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Río, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
S A N J O A Q U I N	SAN JOAQUIN	RÍO EL EREIGÜE	630378 - 1137326	67		X			PROBLEMAS DE SEDIMENTACIÓN QUE SE ACELERAN POR LAS ACTIVIDADES DE MINERÍA EN LA ZONA. SECTOR PANAMERICAO.
	SAN JOAQUIN	QUEBRADA AMARGOSAL	632114 - 1138662	25				X	DESNIVEL CON RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS
	SAN JOAQUIN	RÍO CURA	635573 - 1136409	106		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	SAN JOAQUIN	LAGO DE VALENCIA	636547 - 1132382	200	X				EL AUMENTO EN LA COTA GENERA PERDIDAS AGRICOLAS CONSIDERABLES
J U A N J O S E M O R A	MORON	RIO MORON	587936 - 1159406	1010		X			PROBLEMAS DE SEDIMENTACIÓN Y FALTA DE MANTENIMIENTO
	MORON	B/LA CHARNECA, C /LA PANCHÁ	587213 - 1159829	563	X				TERRENOS PLANOS CON PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN Y DESNIVEL CON RESPECTO AL RIO MORÓN
	MORON	B/ PALMA SOLA SEC 05	588898 - 1159844	200	X				TERRENOS PLANOS CON PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN
	MORON	B/ EL DIQUE	587420 - 1157771	321			X		PRESENCIA DE SUELOS DESCUBIERTOS , CON PROBLEMAS DE PENDIENTES
	URAMA	RIO ALPARGATON	581600 - 1157197	201		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	URAMA	RIO URAMA,RIO LA JOVERA	573634 - 1155367	110		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	URAMA	URAMA SEC. EL CHARAL	573986 - 1154691	118	X		X		DEFICIENTE ESCORRENTIA
	URAMA	URAMA DETRÁS DEL HOTEL	574896 - 1156280	117			X		DEFICIENTE ESCORRENTIA

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Rio, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
P U E R T O C A B E L L O	DEMOCRACIA	RIO AGUAS CALIENTES, SECTOR EL CASTAÑO	599075 - 1145110	1141		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	DEMOCRACIA	RIO AGUAS CALIENTES, SECTOR LA PASTORA	596956 - 1153585	233	X		X		POR LA CRECIDA DEL RIO
	DEMOCRACIA	RIO AGUAS CALIENTES, SECTOR TABORDA NVA	597408 - 1156695	368	X				NO CUENTA CON ALCANTARILLADO
	DEMOCRACIA	RIO AGUAS CALIENTES, SECTOR TABORDA VIEJA	597482 - 1157111	400	X			X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	DEMOCRACIA	RIO AGUAS CALIENTES, SECTOR ELVOLANTE	597461 - 1157464	323		X	X		DESBORDAMIENTO DEL RIO Y POR LLUVIAS
	GOAIGOAZA	BARRIO JESUS DE NAZARETH	605375 - 1156329	115			X		ZONAS CON PENDIENTES
	GOAIGOAZA	RIO GOAIGOAZA MIQUIJA	601944 - 1152152	124		X	X		DESLIZAMIENTO POR LLUVIAS
	GOAIGOAZA	RIO GOAIGOAZA, B/ CARIAPRIMA	604249 - 1152381	116		X		X	DESBORDAMIENTO DEL RIO
	GOAIGOAZA	QUEBRADA LAS CORINAS I Y II	606164 - 1156719	118		X	X		INTERVENCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y SUELOS EXPUESTOS
	GOAIGOAZA	QUEBRADA LAS CORINAS I Y II, SECTOR LA PLANTA	605986 - 1156246	200		X	X		ZONAS CON PENDIENTES FUERTES
	GOAIGOAZA	LAS LLAVES	606225 - 1157080	236				X	FALTA DE ALCANTARILLADO
	GOAIGOAZA	LOS COCOS	604942 - 1156476	224				X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	GOAIGOAZA	BARRIO COLINAS DE STA CRUZ	605178 - 1156035	228		X		X	TERENOS PLANOS DONDE DRENAN LAS AGUAS DE LA PARTE ALTA
	JUAN JOSE FLORES	MONACA	603405 - 1157532	338				X	FALTA DE ALCANTARILLADO
	JUAN JOSE FLORES	BARRIO 23 DE ENERO	603675 - 1157285	630				X	FALTA DE ALCANTARILLADO
	JUAN JOSE FLORES	LA FLECHA	603788 - 1157928	412				X	FALTA DE ALCANTARILLADO
	JUAN JOSE FLORES	RIO GOAIGOAZA, BARRIO BARTOLOME SALON	605881 - 1157451	237				X	PROBLEMAS DE DESNIVEL CON RESPECTO A LA VIA PRINCIPAL
	JUAN JOSE FLORES	BARRIO EL MILAGRO	604321 - 1157495	234			X	X	LA ANEGACION POR FALTA DE ALCANTARILLADO
	JUAN JOSE FLORES	BARRIO LIBERTAD	601824 - 1157578	651			X		VIVIENDA UBICADAS EN TERRENOS CON PENDIENTES
	JUAN JOSE FLORES	DIST EL PALITO	597548 - 1158458	168	X		X		POR FALTA DE ALCANTARILLADO
	JUAN JOSE FLORES	RIO MORILLO, URB LOS LANCCEROS, BARRIO MORILLO	599674 - 1158269	144		X	X		CRECIDA DE LA QUEBRADA
	JUAN JOSE FLORES	BARRIO UNIVERSITARIO	603297 - 1157283	251			X		ZONAS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS
	JUAN JOSE FLORES	URB LA SORPRESA	602781 - 1157697	367				X	FALTA DE MANTENIMIENTO DE LOS DRENAJES
	BARTOLOME SALON	RIO DE SAN ESTEBAN PUEBLO, SAN ESTEBAN PUEBLO	608446 - 1152642	221		X	X		REQUIERE DE AMPLIACIÓN DE CAUCE PERIODICO
	BARTOLOME SALON	BARRIO LOS JABILLOS	607027 - 1156974	104			X		ZONAS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS
	BARTOLOME SALON	BARRIO TEJERIAS	608228 - 1156354	98			X	X	FALTA DE MANTENIMIENTO DE LOS DRENAJES
	BARTOLOME SALON	URB RANCHO GRANDE	608654 - 1156189	287				X	FALTA DE MANTENIMIENTO DE LOS DRENAJES
	BARTOLOME SALON	BARRIO EZEQUIEL ZAMORA	608475 - 1155499	201			X		ZONAS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS
	BARTOLOME SALON	CANAL DE VALLE SECO, B/ NEGRO PRIMERO	609098 - 1155743	108		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	BARTOLOME SALON	BARRIO RANCHO CHICO	609051 - 1156059	235			X		ZONAS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS
	BARTOLOME SALON	BARRIO VALLE SECO	608979 - 1155390	200			X		ZONAS CON PENDIENTES PRONUNCIADAS
	BARTOLOME SALON	QUEBRADA DE VALLE SECO, B/ PUEBLO NUEVO	607989 - 1156902	102	X			X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	FRATERNIDAD	EL INCA	608630 - 1157330	235				X	FALTA DE ALCANTARILLADO
	FRATERNIDAD	ZONA COLONIAL	608401 - 1158630	400				X	FALTA DE MANTENIMIENTO DE LOS DRENAJES
	FRATERNIDAD	PLAZA BOLIVAR	608376 - 1158424	154				X	FALTA DE MANTENIMIENTO DE LOS DRENAJES
	FRATERNIDAD	CALLE MARIÑO	608339 - 1157581	241				X	FALTA DE MANTENIMIENTO DE LOS DRENAJES
	BORBURATA	LA ROSA	613154 - 1157543	132		X			DESBORDAMIENTO
	BORBURATA	RIO DE BORBURATA, SECTOR LA IGLESIA	613472 - 1154678	84		X			DESBORDAMIENTO DEL RIO
	PATANEMO	LOS CANEYES, POR EL RIO PATANEMO	617648 - 1153830	95	X				INUNDACION POR DESBORDAMIENTO DEL RIO

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Rio, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	N° de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
GUACARA	GUACARA	RIO VIGIRIMA, SECTOR VIGIRIMA	622367 - 1142656	1622		X		X	AREAS PLANAS CERCA DE LA PLAZA BOLIVAR
	GUACARA	BARRIO BOLIVARIANO I Y II, CARRETERA VIGIRIMA GUACARA	623388 - 1140013	387			X	X	AFECTACION EN AREA CERCANA A LA CARRETERA VIA VIGIRIMA
	GUACARA	RIO GUACARA, PUENTE TRONCONERO	621176 - 1138027	505		X			OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	GUACARA	EL TOCO, SECTOR EL PERROTE	621814 - 1134112	241				X	AFECTACION EN EL AREA CERCANA AL CENTRO COMERCIAL LA ENCRUSIJADA
	GUACARA	PUENTE EL TOCO, SECTOR EL PERROTE	621879 - 1133920	152		X			POR CRECIDA DEL RIO GUACARA
	GUACARA	RIO GUACARA, CALE PIAR	622055 - 1131205	2400		X			POR CRECIDA DEL RIO GUACARA EN LA URB. MALAVE VILLALVA
	GUACARA	RIO GUACARA, CALE SUCRE	622339 - 1130755	361		X			OBSTRUCCION POR MATERIAL ORGANICO
	GUACARA	RIO GUACARA, CALE BOLIVAR	622483 - 1130641	486		X			OBSTRUCCION POR MATERIAL ORGANICO
	GUACARA	RIO GUACARA, AV PAEZ	622630 - 1130503	235	X	X			OBSTRUCCION POR MATERIAL ORGANICO EN LA ENTRADA DE GUACARA A LA ALTURA DE LA CARRETERA NACIONAL
	GUACARA	RIO GUACARA, SECTOR LA COROMOTO	622944 - 1130060	578	X	X			ORIILLAS DEL CAUCE CON ABUNDANTE MALEZA Y ARBOLES DE GRAN TAMAÑO SOBRE EL MISMO
	GUACARA	ZONA CENTRICA	622903 - 1130724	300				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA
	GUACARA	URB. EL SAMÁN	624260 - 1129395	564				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA EN LOS SECTORES 3 Y 7
	GUACARA	URB. TESORO DEL INDIO	621654 - 1128074	698	X			X	VIVIENDAS CERCANAS AL CAÑO EL NEPE
	GUACARA	ARAGUITA, BARRIO 19 DE JULIO	622231 - 1128650	547		X		X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	GUACARA	ARAGUITA, BARRIO RAFAEL CALDERA	622537 - 1128213	235		X		X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	GUACARA	ARAGUITA, BARRIO TRICENTENARIO	622524 - 1127908	351				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA
	GUACARA	BARRIO PRIMERO DE MAYO	623391 - 1130184	541				X	FALTA DE MANTENIMIENTO EN LA ZONA CENTRO DE GUACARA
	GUACARA	BARRIO MOCUNDO	623435 - 1127898	368		X		X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	GUACARA	BARRIO LA LIBERTAD	624123 - 1130510	684				X	FALTA DE MANTENIMIENTO EN LA ZONA CENTRO DE GUACARA
	GUACARA	URB. TORUMO	624473 - 1129601	300				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA
	GUACARA	URB. VILLA GUACARA	624653 - 1129278	400				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA
	GUACARA	Invasion Teresa de Calcuta(Sector La Coromoto)	622769 - 1130308	847		X		X	OCASIONALMENTE EN TEMPORADAS DE LLUVIAS
	YAGUA	CARDONAL	621717 - 1134731	110				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA
	YAGUA	BARRIO EL SISAL	622047 - 1135930	118				X	FALTA DE MANTENIMIENTO EN LA ZONA CENTRO DE GUACARA
	YAGUA	QUEBRADA HODA	617756 - 1136649	369				X	DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA
	CIUDAD ALIANZA	CIUDAD ALIANZA 3RA ETAPA	620117 - 1127959	1101		X		X	FALTA DE MANTENIMIENTO EN EL CAÑO DIVIDIVE
	CIUDAD ALIANZA	CIUDAD ALIANZA 1RA ETAPA	620978 - 1128869	1168	X			X	CALLE NUEVA VALENCIA AFECTADA POR EL CAÑO EL NEPE
	CIUDAD ALIANZA	CAÑO EL NEPE	620983 - 1129399	374		X			DESBORDE EN LA ZONA DE LOS NARANJILLO Y CIUDAD ALIANZA
	CIUDAD ALIANZA	URB. LAS VEGAS	619587 - 1127947	1187		X		X	AFECTADO POR EL CAÑO DIVIDIVE

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Rio, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
LOS GUAYOS	LOS GUAYOS	BARRIO LOS OLIVOS.	618305 - 1124542	287				X	TERRENOS PLANOS COM PROBLEMAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA EN LAS CALLES
	LOS GUAYOS	EL ROBLE CASCABEL SAMAN MOCHO	621237 - 1118475	965				X	FALTA DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	LOS GUAYOS	SECTOR LAS CASITAS	613247 - 1120788	1185		X			FALTA DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	LOS GUAYOS	SECTOR PARAPARAL	617982 - 1124542	113		X			FALTA DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES
	LOS GUAYOS	CANAL DETRÁS DE MOMENTANA	619993 - 1125376	337		X			ABUNDANTE VEGETACIÓN BAJA DENTRO DEL CAUCE
	LOS GUAYOS	BARRIO SIMÓN BOLÍVAR	617398 - 1125302	557		X			PRESENCIA DE VEGETACIÓN BAJA DENTRO DEL CAUCE, ASÍ COMO DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
	LOS GUAYOS	SECTOR VUELVAN CARAS	618005 - 1124821	94	X	X			TERRENOS PLANOS COM PROBLEMAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA EN LAS CALLES
	LOS GUAYOS	BARRIO SIMÓN MOSCÚ	619670 - 1124910	29	X	X			FALTA DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE DRENAJES

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Rio, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
NAGUANAGUA	NAGUANAGUA	URB. SANTANA	607817 - 1133159	300		X		X	TERRENOS PLANOS COM PROBLEMAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA EN LAS CALLES
	NAGUANAGUA	URB. CAPRENCO	607293 - 1133912	489		X			DRENAJES NATURALES DENTRO DE LA COMUNIDAD
	NAGUANAGUA	URB. TARAPIO	607696 - 1134092	412				X	SE ACUMULAN LAS AGUAS QUE VIENEN DE LA PARTE ALTA DEL CERRO EL CAFÉ
	NAGUANAGUA	POZO HONDO	606176 - 1134466	627		X			SE ACUMULAN LAS AGUAS QUE VIENEN DE LA PARTE ALTA DEL CERRO EL CAFÉ
	NAGUANAGUA	LA CIDRA	606785 - 1134812	852		X			SE ACUMULAN LAS AGUAS QUE VIENEN DE LA PARTE ALTA DEL CERRO EL CAFÉ
	NAGUANAGUA	GÜERE	606379 - 1133032	113		X			SE ACUMULAN LAS AGUAS QUE VIENEN DE LA PARTE ALTA DEL CERRO EL CAFÉ
	NAGUANAGUA	TAZAJAL	609647 - 1134161	297				X	PROBLEMAS CON LAS AGUAS SUPERFICIALES QUE DRENAN DESDE EL CERRO TAZAJAL
	NAGUANAGUA	MAÑONGO	610311 - 1131591	1047		X		X	SE ACUMULAN LAS AGUAS QUE VIENEN DE LA PARTE ALTA DE LA FILA OREGANO NORTE
	NAGUANAGUA	TRINCHERAS	599617 - 1139677	3027	X			X	OROGRAFIA CON DEFORMACIONES Y VIVIENDAS UBICADAS EN ZONAS INESTABLES
	NAGUANAGUA	CARRETERA VIEJA VALENCIA - PUERTO CABELLO	599284 - 1141024	4017				X	FUERTE INTERVENCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y FUERTES PENDIENTES

Municipio	Parroquia	Zona, Sector, Río, Quebrada	Coordenadas UTM (m)	Nº de Viviendas Afectadas	Inundacion	Desbordamiento	Deslizamiento	Anegacion	Observacion
V A L E N C I A	SANTA ROSA	RÍO CABRIALES, PUENTE BRANGER	610111 - 1124544	1168		X			OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	SANTA ROSA	PUENTE AV. LARA	609636 - 1125366	1134				X	PRESENCIA DE ESCOMBROS Y DESECHOS ORGANICOS
	SANTA ROSA	RÍO CABRIALES, SEDE SEBIN	610266 - 1120921	968		X			OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	SANTA ROSA	PUENTE BRANGER	610111 - 1124544	1147		X			OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	SANTA ROSA	CANAL DE LA MONUMENTAL	609463 - 1121104	2235				X	PRESENCIA DE ESCOMBROS Y DESECHOS ORGANICOS
	CATEDRAL	PUENTE AV. NAVAS ESPINOLA	609674 - 1126496	1117				X	PRESENCIA DE ESCOMBROS Y DESECHOS ORGANICOS
	CABDELARIA	PUENTE CALLE COMERCIO	609733 - 1125620	1136		X			OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	MIGUEL PEÑA	CANAL AV. SESQUICENTENARIA	608216 - 1121173	2247				X	ABUNDANTE SEDIMENTACIÓN Y PRESENCIA DE MALEZA SOBRE LOS MARGENES DEL CAUSE
	MIGUEL PEÑA	CANAL ENTRE BICENTENARIO II Y RICARDO URRIERA	607181 - 1121092	3368				X	OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	MIGUEL PEÑA	CANAL ENTRE LA CASTRERA Y JOSÉ GREGORIO HERNÁNDEZ	607296 - 1122541	3071				X	OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	MIGUEL PEÑA	QUEBRADA EN EL SECTOR LA BOCAINA	608581 - 1121974	3217				X	ABUNDANTE SEDIMENTACIÓN Y PRESENCIA DE MALEZA SOBRE LOS MARGENES DEL CAUSE
	MIGUEL PEÑA	CANAL LOMAS DE FUNVAL	607433 - 1118915	1045				X	OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	RAFAEL URDANETA	CANAL SANTA INES SECTOR 3 Y 5	612476 - 1121004	1172				X	OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO
	RAFAEL URDANETA	CANAL PRINCIPAL DE BELLO MONTE	611640 - 1123941	1165				X	ABUNDANTE SEDIMENTACIÓN Y PRESENCIA DE MALEZA SOBRE LOS MARGENES DEL CAUSE
	RAFAEL URDANETA	CANAL SANTA INES SECTOR 9	613401 - 1123544	119		X			OCACIONALMENTE POR FALTA DE MANTENIMIENTO

Fuente: Instituto Autónomo de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Carabobo.

A continuación el mapa de riesgo Hidrogeomorfológica, del estado Carabobo, donde se puede apreciar los niveles de riesgos de Inundación

y Anegación por municipio, destacando que todos los municipios tienen como Riesgo natural, los ríos, quebradas y los diferentes canales hechos por el hombre para la canalización de las aguas provenientes de las lluvias, basándose en las estadísticas de la ocurrencia y vulnerabilidad desde el año 2007 hasta 2016, anteriormente presentadas en este estudio en las tablas N° .



Fuente: Instituto Autónomo de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Carabobo.

Figura 14. Mapa de riesgo Hidrogeomorfológico oficial del Instituto Autónomo de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Carabobo como objetivo fundamental de presentar el Proyecto de Alerta Temprana en el año 2016.

Ahora bien; Como parte del problema en los pueblos y ciudades, la población ha invadido zonas a lo largo de las orillas de los ríos, canales y quebradas, que han sido tradicionalmente lechos de inundación en invierno, y la ocupación sobre zonas inestables en las laderas de las

montañas, de tal forma que exponen el terreno a la acción erosiva de las aguas, u ocasionando movimientos de masa, y también socavamiento de puentes.

Con la ocupación humana, suele ocurrir que el primer impacto que le da la comunidad al ambiente donde reside, es la forma del manejo de los desechos sólidos(su disposición), siendo éstos arrojados a ríos, canales, caños y quebradas durante todo el año, en verano se forman enormes montículos de basura, con ramas y troncos, neveras, cocinas, cauchos, trozos de carrocerías, etc... a lo largo de estos sitios, que con las primeras lluvias son arrastrados y se represan taponando los puentes e impidiendo la libre circulación del agua, obligándola a salir del cauce y acceder a las calles y posteriormente ingresar a las comunidades cercanas.

Otra variable es que el ciudadano normal nunca sabe a con anticipación donde va llover, y con qué intensidad, y si el ambiente donde vive la comunidad es capaz de manejar en forma efectiva altos volúmenes de agua en cortos periodos de tiempo.

Como conclusión en la alerta temprana la potencialidad o probabilidad futura de dar aviso a las comunidades organizadas en autoprotección, cuando la situación climática se constituya en una amenaza real, cuando los sistemas SIG del 911 o de prevención meteorológica de la Dirección de Gestión de Riesgos, posean la información en sus sistemas. En este particular se puede contar con unos minutos para dar la alerta y activar a las comunidades previamente capacitadas en el riesgo a fin de ejecutar los planes de emergencias que la autoprotección comunitaria hubiese generado y como uno de las herramientas que se poseen de acuerdo a las estadísticas de incidencias de Anegaciones e inundaciones se desarrolla mediante el software Argis el Mapa de Incidencias de afectaciones que se incrementa a partir de los meses de Abril, que a continuación se muestra:

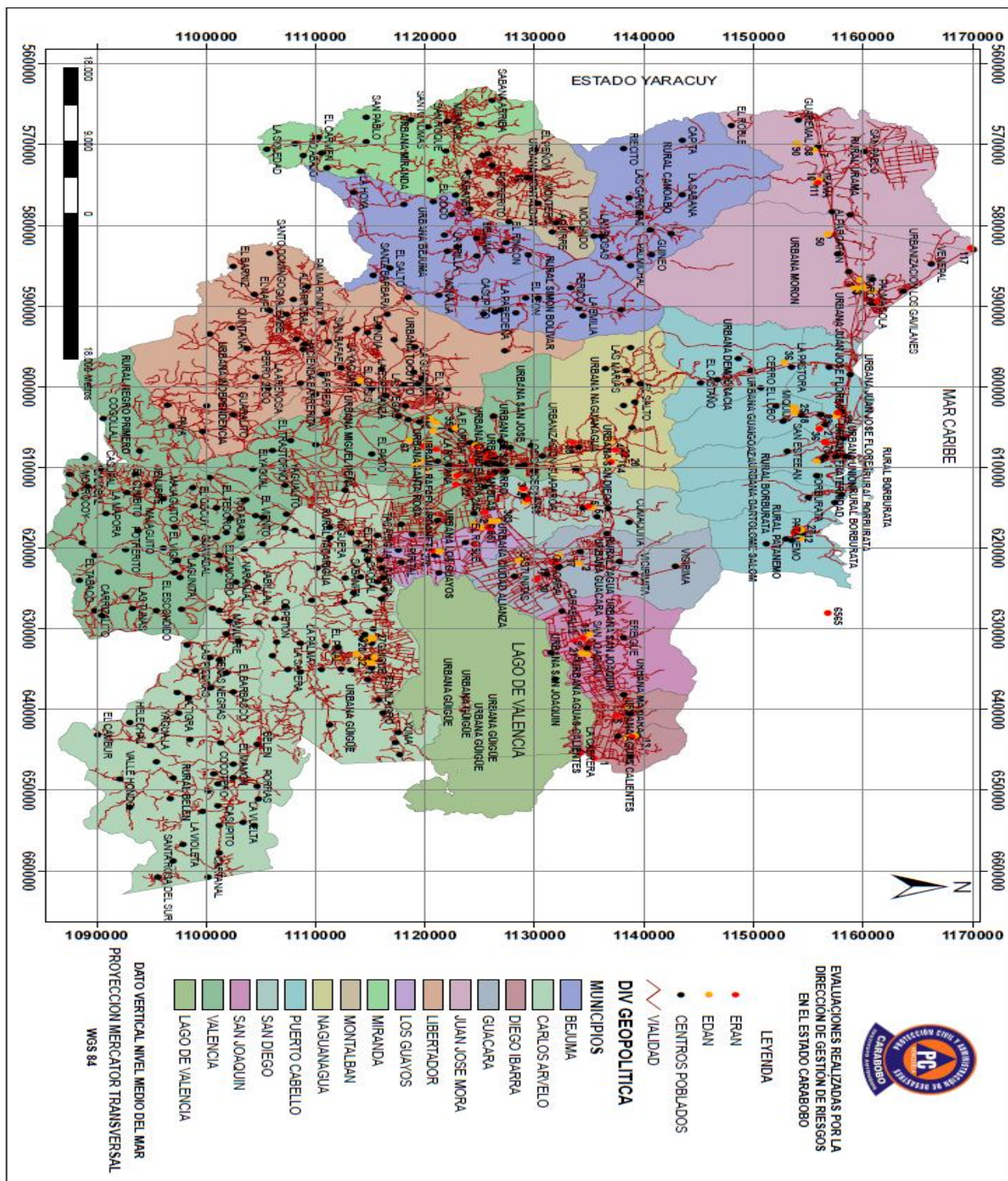


Figura 15. Mapa de riesgo Hidrogeomorfológico oficial del Instituto Autónomo de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Carabobo como objetivo fundamental de presentar el Proyecto de Alerta Temprana en el año 2014.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al terminar satisfactoriamente los análisis en el proceso de esta investigación que consistió en realizar un análisis hidrológico de la cuenca del río Pao, soportada en la aplicación de modelos matemáticos para la simulación de los procesos de lluvia-escorrentía de la cuenca, para determinar las manchas de inundación sobre los tramos y áreas de riesgo potenciales significativos de inundación en la cuenca del Pao en el Estado Carabobo, que permitieron generar los mapas de Riesgo de inundación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo al análisis del periodo lluvioso evaluado del año 2015, 2016 y 2017. Desde el mes de Mayo hasta Octubre se detalla la intensidad creciente de la precipitación que se intensifican causando efectos sobre la cuenca del Pao, más exactamente en sentido Noreste como primera instancia en los meses de mayo, para luego en los meses de Junio y Julio se denota una mayor intensidad en la cuenca hacia el Suroeste pero durante muy poco tiempo ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre las precipitaciones fueron más intensas en la región Centro Norte de la Cuenca.

Ahora bien; para sustentar y explicar más a fondo estos resultados es necesario presentar la siguiente cita textual de INAMEH en su reporte con fecha 29/05/2015: "sugiere que el comportamiento meteorológico para el año en cuestión, prevalecerán los cielos mayormente cubiertos por nubes de desarrollo vertical, así como por nubosidad estratiforme media y alta residual que permitirá el descenso de las temperaturas máximas y se registrarán intervalos de chaparrones de variada intensidad, sin excluir eventos puntualmente fuertes con aparato eléctrico en zonas de la Cordillera de la Costa (rango de probabilidad máxima espacial con mayor intensidad sobre la zona Norte del País esto debido a la actividad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT))".

En el mismo orden de ideas INAMEH (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DE VENEZUELA), también para los años de 2016 y 2017, estimo que durante la primera quincena de los meses de Junio, la alta presión sobre el Atlántico se debilita y permita el desplazamiento al norte de nuestro país a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) consolidando el periodo lluvioso en todo el Territorio Nacional, el cual estará influenciado por el pasaje de Ondas Tropicales y Perturbaciones Tropicales (Depresiones Tropicales, Tormentas Tropicales y Huracanes), sobre el Océano Atlántico y Mar Caribe.

2. La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración. En tal sentido en el año 2015, se puede observar en la figura N° 08, que la precipitación fue concentrada y aprovechada en la zona Noreste de la cuenca del Pao durante el mes de Mayo, sin embargo se toma como premisa el comienzo de la temporada de lluvia en el país, a medida que avanza el año en cuestión la mayor concentración de la lluvia efectiva fue durante los meses de Junio, Julio y Agosto con mayor intensidad en la zona Centro Norte de la cuenca en estudio, lo que aportaría una notable concentración de humedad al suelo y por ende a la vegetación; En el mismo orden de ideas; en las figuras 09 y 10 correspondiente a los años 2016 y 2017 en el mismo orden, se concluye que el mayor aprovechamiento de la precipitación con muy altos registros de precipitación fue en el mes de Agosto y Septiembre y en las zonas Sureste y Noreste de la cuenca, tomando en cuenta que las zonas en donde se registraron precipitaciones menores a 5 mm se consideran como precipitaciones efectivas nulas ya que no añaden humedad al suelo.

3. Los asentamientos humanos localizados en zonas aledañas al río Pao han sido afectados por inundaciones desde tiempos históricos como ya se han observado y analizado en el presente estudio. Por lo que en las figuras N° 11, 12 y 13; Se puede observar el grado de susceptibilidad a este tipo de eventos de anegación e inundaciones, originados por eventos de precipitaciones, El peligro potencial a inundaciones, combinado con la alta vulnerabilidad de algunas comunidades, condiciona el nivel de riesgo al que está expuesto aproximadamente el 94% de la población municipal.

4. El método propuesto representa un aporte para la estimación del riesgo de inundación en cuencas de países tropicales debido a que vincula la lluvia efectiva con la probabilidad de excedencia en la ocurrencia de los eventos de lluvia efectiva y el tiempo de vida útil de la estructura hidráulica que sería diseñada para mitigar el riesgo de inundación. La estimación de la lluvia efectiva toma en cuenta dos factores dinámicos asociados a la precipitación, el uso y cobertura de la tierra, los cuales son monitoreados y actualizados usando datos de sensores de precipitación en tiempo real, así como imágenes multiespectrales producidas por tecnología de sensores remotos instalados en satélites.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones en el uso de esta herramienta HEC-HMS se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

Sería conveniente que el Instituto de Cartografía Nacional Simón Bolívar contará con las cartas topográficas del territorio nacional ya digitalizadas en las escalas recomendadas para este tipo de trabajo 1:25000.

El mantenimiento de las estaciones existentes y la creación de nuevas estaciones pluviométricas no solo en la cuenca del Río Pao sino en toda Venezuela debería ser una prioridad de los entes gubernamentales.

Con respecto a los resultados obtenidos de la generación de las planicies de inundación es muy importante que los organismos encargados de la protección civil del estado y del País en un esfuerzo mancomunado conocieran y aplicaran los conocimientos que les permitieran implementar planes de Alerta Temprana como método de mitigación y preparación ante inundaciones y anegaciones, creación e implementación de programas de educación ambiental dentro de las comunidades concientizando a la población a no utilizar las zonas tradicionalmente inundables, al lado de las llanuras de inundación de los ríos para ubicar asentamientos humanos y uso del suelo.

Las autoridades competentes deben realizar el mantenimiento y dragado de los principales tributarios de la cuenca del Pao con el fin de disminuir la vulnerabilidad de los sectores que se encuentran dentro de la cuenca en estudio, esto con el fin de mitigar los riesgos relevantes a inundaciones y anegaciones.

Realizar estudios de Lluvia esorrentía usando la herramienta HEC-HMS con otras cuencas y sub cuencas del país.

En el mismo orden de ideas, es importante destacar que el presente estudio aplicado a la cuenca del Pao del estado Carabobo se puede complementar con la sistematización, control y monitoreo constante, aplicando métodos de aforo por sección y velocidad en el cauce del Río Cabriales, del Río el Pao y a su vez la instalación de sensores de nivel en los cuadrantes más vulnerables a eventos de anegación e inundación, esto en materia preventiva ante las amenazas hidrometeorológicas que han causado daños en pérdida de bienes materiales y vidas humanas debido a las inundaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDREU, J. (1993): Análisis de Sistemas y Modelación en Conceptos y Métodos para la Planificación Hidrológica. CIMNE. Barcelona.

APARICIO, M. (2008): Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa. México.

BUNGE, M. (1985): La Investigación Científica. Ariel. Madrid.

CEPAL, (1994): Los efectos socioeconómicos de las inundaciones y deslizamientos en Venezuela en 1999.LC/MEX/L421, 14 Febrero 2000.

CEPAL, (1994): La gestión del agua y las cuencas en América Latina. Santiago de Chile. Agosto de 1994.

CORDERO, M. (1999): El Estudio de la Cuenca Alta del Rio Tea. Escuela Politécnica Superior. Galicia, España.

CHAVARRI, E. (1999): Aplicación de HEC-RAS para obtener perfiles Hidráulicos de Caudales de Crecida del Rio Temis. Universidad Agraria La Molina. Perú.

CHOWN, V. (1994): Hidrología Aplicada. MCGRAW HILL, Bogotá. Colombia.

CORREA, O. (2010): Estimación de la Producción Hídrica mediante la aplicación de modelos Hidrológicos en la Cuenca del Rio Unare. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Ochoa, J. (2006). Diseño de planes de emergencia de obras hidráulicas ante su riesgo de fallo-Teoría y Caso de estudio, DYNA. Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, (148), 51-67.

Ponce-Pacheco, A. B., & Novelo-Casanova, D. A. (2018). Vulnerabilidad y Riesgo en el Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, Mexico. Caso de Estudio: El Triunfo, Avándaro and San Isidro.

Zúñiga, E., & Magaña, V. (2018). Vulnerabilidad y riesgo por lluvias intensas en México: el efecto del cambio en la cobertura del uso del suelo. Investigaciones geográficas, (95), 0-0.