



**CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE INUNDACION EN LA REGION DE LA
MOJANA Y LAS ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS PARA MITIGAR SUS
CONSECUENCIAS SOCIALES EN EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS
2001 Y 2012**

María del Rosario Uribe Diosa

**TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar al título de
ECÓLOGA**

**Armando Sarmiento
Director**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
CARRERA DE ECOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.
2012**

Nota de aceptación

Dr. LUIS ALBERTO VILLA
Decano Académico

Dr. NICOLÁS URBINA
Director Carrera de Ecología

Dr. ARMANDO SARMIENTO
Director

JURADOS

Dra. LAURA VARGAS
Profesora Carrera de Ecología

Dr. EFRAÍN DOMÍNGUEZ
Profesor Carrera de Ecología

Imagen de la portada tomada de <http://elespectador.com/>

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE CUADROS	9
AGRADECIMIENTOS	10
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. VALORACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.1. Propósito.....	15
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo general.....	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. MARCO CONCEPTUAL	17
3.1. Sistemas fluviales, deltas y planos de inundación	17
3.2. Inundaciones	19
3.3. Manejo del riesgo y control de inundaciones.....	21
3.5. El rol del Gobierno y las ONG.....	25
3.6. La teledetección en el monitoreo de las inundaciones.....	28
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	31
4.1. Ubicación geográfica y características físicas y ecológicas	31
4.2. Características Demográficas.....	36
4.3. Economía y uso del suelo	37
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
5.1. Tipo de estudio	40
5.2. Metodología	40
5.2.1. Aproximación descriptiva analítica a los planes, programas y proyectos	40
5.2.2. Delimitación del área afectada por las inundaciones	40
5.2.3. Comparación de la población damnificada y los apoyos económicos reportados por concepto de inundaciones en el período 1998-2012.....	41
5.3. Análisis de la información	41
5.3.1. Aproximación descriptiva analítica a los planes, programas y proyectos	41

5.3.2. Delimitación del área afectada por las inundaciones durante los últimos tres grandes episodios de las mismas.....	42
5.3.3. Comparación de la población damnificada y los apoyos económicos reportados por concepto de inundaciones en el período 1998-2012.....	43
6. RESULTADOS.....	44
6.1. Descripción de los planes y programas	44
6.2. Dinámica de las inundaciones.....	48
6.3. Población damnificada y apoyo económico por concepto de inundaciones en el período 1998-2012 en La Mojana.....	62
7. DISCUSIÓN.....	67
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema explicativo de la composición de un sistema fluvial.	18
Figura 2. Organigrama del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. .	27
Figura 3. Mapa del área de estudio. Imágenes: a) MODIS- Colombia y b) LANDSAT- Región de la Mojana, tomadas del Global Land Cover Facility y Londoño y Sarmiento (2008) respectivamente.	31
Figura 4. Valores medios de precipitación mensual (mm) entre los años 2000 y 2012	34
Figura 5. Precipitación total anual (mm) del año 2000 al 2012.....	34
Figura 6. Nivel medio mensual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010...	49
Figura 7. Nivel medio anual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010	50
Figura 8. Nivel medio mensual (cm) del Caño Mojana entre los años 2000 y 2010	51
Figura 9. Nivel medio anual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010.	51
Figura 10. Imágenes MODIS (MOD09A1) en RGB (bandas 1, 2 y 3). La zona delimitada corresponde a la región de La Mojana. Las fechas de las imágenes son: a) Febrero de 2001, b) Abril de 2004, c) Diciembre de 2005, d) Noviembre de 2007 y e) Octubre de 2010.	53
Figura 11. Área inundada a través del índice DVEL. La zona delimitada corresponde a la región de La Mojana. Las fechas de las imágenes son: a) Febrero de 2001, b) Abril de 2004, c) Diciembre de 2005, d) Noviembre de 2007 y e) Octubre de 2010.....	55
Figura 12. Área inundada calculada con el índice DVEL.....	56
Figura 13. Clasificación supervisada por Mínima Distancia de las imágenes anteriores. La zona delimitada corresponde a la región de La Mojana. Las fechas de las imágenes son: a) Febrero de 2001, b) Abril de 2004, c) Diciembre de 2005, d) Noviembre de 2007 y e) Octubre de 2010.....	58
Figura 14. Área de Espejos de agua calculada por Clasificación Supervisada de Mínima Distancia.....	59
Figura 15. Área Tierra encharcada calculada por Clasificación Supervisada por Mínima Distancia.....	60
Figura 16. Área inundada (espejos de agua y tierra encharcada) calculada por Clasificación Supervisada de Mínima Distancia.....	62
Figura 17. Población damnificada anual ecorregión y núcleo en el período 1998- 2012	63

Figura 18. Población damnificada y población total de la ecorregión en los años 1999, 2005 y 2011 65

Figura 19. Población damnificada y población total del núcleo en los años 1999, 2005 y 2011 66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Precipitaciones totales mensuales y anuales (mm) entre los años 2000 y 2012 en la región de La Mojana.	33
Tabla 2. Población total, densidad de la población y NBI de los 28 municipios que conforman la ecorregión de la Mojana. Datos y proyecciones del DANE, 1993 y 2005	37
Tabla 3. Síntesis de frecuencia de aparición e inversión según el tipo de estrategias implementadas.	48
Tabla 4. Niveles de agua (cm) en la estación limnimétrica Ciénaga de Ayapel.	49
Tabla 5. Niveles de agua (cm) en la estación limnimétrica Caño Mojana.	50
Tabla 6. Área inundada por municipio calculada a través del índice DVEL (* Municipios del núcleo).....	55
Tabla 7. Área de Espejos de agua calculada a través de Clasificación Supervisada de Mínima Distancia (* Municipios del núcleo).....	58
Tabla 8. Área de Tierra saturada de agua calculada a través de Clasificación Supervisada de Mínima Distancia (* Municipios del núcleo).	59
Tabla 9. Área inundada (espejos de agua y tierra encharcada) calculada por Clasificación Supervisada de Mínima Distancia (* Municipios del núcleo).	61
Tabla 10. Porcentaje población damnificada perteneciente al núcleo	63
Tabla 11. Porcentaje de la población damnificada anual en La Mojana respecto al nivel nacional	64
Tabla 12. Porcentaje de población damnificada respecto a la población total de la ecorregión y el núcleo en los años 1999, 2005 y 2011	65

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Medidas para la reducción de los perjuicios ocasionados por las inundaciones ..	22
Cuadro 2. Formato matriz descriptiva de los planes y programas implementados en La Mojana.....	42
Cuadro 3. Formato matriz descriptiva de las medidas implementadas en el manejo de las inundaciones en La Mojana	42
Cuadro 4. Descripción de aspectos generales de los planes y programas implementados en la región.....	45
Cuadro 5. Descripción y clasificación de las estrategias dirigidas directamente al manejo de las inundaciones	48

AGRADECIMIENTOS

El autor de este documento expresa sus agradecimientos:

- A mis papás por el apoyo durante todos estos años y responsables de todos mis logros.
- A Armando Sarmiento, de quien no me queda duda, fue el mejor director que pude haber elegido.
- A compañeros y profesores por acompañarme y aguantarme durante cinco años de carrera.
- A Dios... por todo...
- A LA CARRERA DE ECOLOGIA POR BRINDARME LOS MEJORES CINCO AÑOS DE MI VIDA Y ELEMENTOS PARA SER UNA EXCELENTE PROFESIONAL, PERO SOBRE TODO UNA MEJOR PERSONA

RESUMEN

Las inundaciones son el tipo de desastre natural más frecuente y las causantes de mayor cantidad de daños a escala mundial (Barajas 2001). La ocurrencia de estos eventos y los perjuicios que estos ocasionan ha hecho que la situación de la región de La Mojana haya sido de preocupación de autoridades de carácter local, regional y nacional, así como de organismos internacionales de apoyo a emergencias. A pesar de ese interés demostrado, las inundaciones siguen siendo un problema recurrente en la región, dejando un gran número de daños socioeconómicos episodio tras episodio (Plan de acciones prioritarias para la Región de La Mojana 2008).

Con el propósito de contribuir a la comprensión de esta problemática, el presente estudio busca aportar información sobre la evolución de la problemática de las inundaciones en la región de La Mojana, Colombia, durante el período comprendido entre los años 2001 y 2012.

Para lograrlo se realizó una identificación y descripción de las medidas implementadas para el control de las inundaciones y la mitigación de los daños percibidos por la población por medio de instrumentos tipo matriz; un análisis de la dinámica de las inundaciones, calculando el área de inundación a través del índice DVEL (Difference Value between EVI and LSWI) y Clasificaciones Supervisadas de Mínima Distancia en imágenes "MODIS/TERRA SURFACE REFLECTANCE8-DAY L3 GLOBAL 500 M SIN GRID V004" de los años 2001, 2004, 2005, 2007 y 2010; y finalmente, una comparación en los reportes de población damnificada elaborados por el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, desde el año 1998 hasta el año en curso.

En cuanto al seguimiento a las estrategias, se encontró que tras la elaboración de tres planes y programas para el desarrollo de La Mojana se han planteado numerosas y variadas medidas para el manejo de las inundaciones. En el análisis de la dinámica de las inundaciones se observó un aumento en el área afectada por inundaciones y tras la comparación de la población damnificada se halló que no ha habido un patrón de incremento o disminución, así como tampoco se encuentra una relación directa con el incremento en el área afectada; sin embargo, si se identificó una concentración de población afectada a partir del año 2005.

INTRODUCCION

El planeta tierra ha vivido en permanentes cambios a los cuales la vida en ella se ha acomodado, desarrollado y evolucionado. La humanidad, por su parte, ha tenido que soportar las consecuencias de este complejo sistema a lo largo de su existencia; sin embargo, su crecimiento durante los últimos siglos parece venirse dando en una dirección, donde la estrategia principal consiste en impedir la ocurrencia de estos fenómenos naturales, más que en tratar de adaptarse a ellos. Los cambios inesperados que ocurren como resultado de un planeta en la búsqueda del equilibrio se convierten en grandes catástrofes, resultado de las decisiones y la forma de actuar de la sociedad. Hoy podemos decir que la creciente vulnerabilidad del ser humano se refleja en el mayor impacto que cada vez generan los desastres naturales, cuantificados en pérdidas tanto sociales como económicas (Keller 1982 y Bell 1999).

Las inundaciones se presentan con una alta frecuencia; y aunque puede decirse que son fácilmente predecibles, son estas las que han cobrado un mayor número de vidas y generado las más grandes pérdidas económicas a nivel global, al ser comparada con las demás catástrofes naturales (Douben y Radnayake, 2006, en De Wrachien et al., 2011).

El área de tierra plana y baja que bordea el canal y que se inunda por naturaleza durante las crecidas de los ríos, ha sido denominada plano de inundación. Estas formaciones, producto de los procesos de erosión y sedimentación de los ríos, se encuentran frecuentemente y de manera natural en los diferentes tipos de valles y abanicos aluviales y deltas de un sistema fluvial. Los procesos de renovación de suelos y deposición de sedimentos que se llevan a cabo durante las inundaciones en los planos aumentan la fertilidad de estas tierras (Bridge 2003 y De Blij y Muller 1993).

A pesar del riesgo que representan, la ocupación de los planos de inundación ha sido una práctica común. Históricamente han sido zonas de asentamiento de densas poblaciones humanas y grandes civilizaciones que encontraron allí numerosas ventajas para su desarrollo, teniendo en cuenta que, además de la productividad del suelo, también se facilitan otras actividades como el acceso al agua para el riego, el transporte fluvial y la belleza escénica (Christopherson 1997). La invasión de estos terrenos por parte de comunidades en su afán de adquisición de tierras genera situaciones de vulnerabilidad a asentamientos humanos y la infraestructura mal ubicada (CONAM/GTZ, 2006 y Agenda Hábitat, en Montes, 2001).

El manejo de las inundaciones y los planos de inundación tiene la finalidad de minimizar los daños que afectan a las poblaciones humanas como consecuencia de la ocurrencia de uno de estos eventos. Para lograr este objetivo ha sido necesaria la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación de los daños a las comunidades afectadas (CONAM/GTZ, 2006 y Miller 1997).

Desde una perspectiva ambiental, es necesario observar el problema de una manera más integral y utilizar un plan con múltiples estrategias de tipo estructural y no estructural, que cubran mucho más que sólo la contención del agua; estrategias que pueden no surtir el efecto deseado y aumentar los costos del problema. La meta es equilibrar el beneficio obtenido de la explotación de estas tierras y el costo de compensación de las inundaciones, a través de la regulación del desarrollo en las áreas en riesgo. Para tal fin se deben utilizar las diferentes medidas y considerar la planeación del uso de la tierra como un punto central en la disminución de los perjuicios (Keller 1982 y Miller 1997).

Tener en cuenta esta planeación es importante no sólo por las preocupaciones tradicionales sobre los daños económicos y sociales sino también en la medida en que se respetan y cuidan las condiciones ambientales y el funcionamiento ecológico del sistema fluvial. La planeación en el uso de la tierra y el manejo de los planos de inundación permite que los procesos ecosistémicos no se conviertan en una amenaza para las personas y que el desarrollo de estas a su vez no ponga en peligro su funcionamiento (Miller 1997 y Bell 1999).

La región de La Mojana, el delta interno más extenso de Colombia, se encuentra ubicada en la Depresión Momposina al norte del país (DNP-DDT-FAO 2003 y DNP-DPAD-PNUD 2008). Este ecosistema cumple una función importante en cuanto regula y amortigua los caudales de los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena y se caracteriza por ser un plano de inundación de gran extensión, 28.000 Km² (Sarmiento y Londoño 2008). Su naturaleza inundable y el establecimiento de poblaciones humanas con sus diferentes actividades económicas, ha hecho que se presenten reiteradamente en esta zona inundaciones de tipo catastrófico, que generan graves problemas socioeconómicos a sus habitantes.

A medida que el impacto de los episodios se ha intensificado por factores como el incremento de la población, la presión demográfica y el uso inadecuado del suelo (Sarmiento y Londoño 2008), el Estado colombiano, las autoridades locales y nacionales y diferentes organizaciones internacionales se ven obligadas a acudir constantemente en un llamado de emergencia para compensar los daños generados por las inundaciones.

A pesar del significado que el problema de las inundaciones representa para la población local dados los daños sociales y económicos con los cuales se ven afectados y, teniendo en cuenta las constantes inversiones que deben realizar el gobierno nacional y las diferentes entidades implicadas para compensar unos daños que pueden evitarse con la debida planeación en el área de inundación, no existen estudios que permitan describir y caracterizar las estrategias específicas para el control de las inundaciones planteadas en los planes, programas y proyectos desarrollados en Colombia y las inversiones que la implementación de los mismo implica. Igualmente no ha habido un seguimiento en la variación del área afectada y de la población damnificada.

Con el fin de llenar este vacío de información y aportar a un conocimiento mayor de la problemática, este estudio pretende realizar una aproximación analítica a los contenidos y lineamiento de los planes, programas y proyectos más relevantes que se han llevado a cabo

en los últimos 10 años por concepto de prevención, mitigación y compensación de daños causados por las inundaciones, delimitar el área afectada durante los últimos tres grandes episodios de inundación en el sector de la Mojana y caracterizar la población local afectada durante el periodo de 1998 a 2012.

Tener claridad en el tipo y la magnitud de las estrategias que se han implementado en La Mojana, la delimitación del área de inundación y la caracterización de la población damnificada permite conocer la situación actual e histórica y proporciona herramientas para elegir y planear las estrategias para la mitigación de los daños y tener un indicador para el seguimiento al impacto que éstas generen y la evolución de la problemática.

1. VALORACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Propósito

Esta investigación propone aportar conocimiento con respecto a la problemática de las inundaciones recurrentes en el sector conocido como la Mojana, con el fin de contribuir a la formulación y/o reformulación de políticas, planes y programas por parte de los decisores, comunidad y sociedad civil.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Desarrollar un estudio descriptivo donde se realice seguimiento a la evolución de la problemática de las inundaciones en la región de La Mojana durante la última década, teniendo como puntos clave los cambios en el área de inundación durante los últimos tres grandes episodios en el sector, la variación de la población damnificada y las estrategias implementadas para el manejo de la problemática durante el periodo de 1998 a 2012.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar y seleccionar los planes, programas y proyectos más relevantes que se han llevado a cabo en los últimos 10 años por parte del Gobierno Nacional para dar respuesta a la problemática de inundaciones en la región de la Mojana.
- Relacionar, sistematizar y analizar las estrategias para el manejo de las inundaciones planteadas en los planes, programas y proyectos seleccionados en este estudio.
- Delimitar y observar variaciones en el área de inundación de la región de la Mojana durante las inundaciones de mayor magnitud entre los años 2001 y 2012, mediante el uso de imágenes satelitales.
- Comparar los reportes de población afectada entre los años 1998 y 2012, utilizando como fuentes de información los reportes “Consolidado de Atención de Emergencias” del portal del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. Sistemas fluviales, deltas y planos de inundación

Un sistema fluvial puede ser definido como un cuerpo de agua con flujo constante que ocupa una depresión o un canal y que mueve sus aguas a niveles más bajos como resultado de las fuerzas gravitacionales (Strahler y Strahler 1997). Sin embargo, en su contexto más amplio los sistemas fluviales hacen referencia no sólo al cauce de un río, sino a toda la red que lo hace posible, desde el nacimiento de sus tributarios hasta su desembocadura (Schumm 2005).

Debido al tamaño y la complejidad de estos sistemas y con el objetivo de facilitar su comprensión y análisis, los investigadores los han dividido en diferentes zonas que se clasifican según los procesos que en estos se desarrollan, tales como son la erosión, el transporte y la deposición de materiales. Estos procesos son importantes en el funcionamiento hidrológico y ecológico del sistema (Petts y Amoros, 1996), y en la transformación del paisaje y la configuración de nuevas geoformas. Schumm (2005) determinó 3 zonas (Figura 1):

- La zona 1, llamada cuenca de drenaje, es el lugar donde se captan el agua y los sedimentos que proveen el sistema. Su área es definida por lo que ha sido llamado líneas de división de aguas y está conformada generalmente por un paisaje montañoso con valles y zonas de inundación (Bridge 2003 y Schumm 2005).
- La zona 2 tienen como función principal la transferencia de estos elementos, y en canales en equilibrio, se supone que sus entradas y salidas llegan a ser iguales (Schumm 2005).
- La zona 3, es el sumidero de los sedimentos. Esta zona se encuentra generalmente en la parte más baja de la cuenca, cuando la velocidad y la fuerza de la corriente de agua es tan baja que los sedimentos no pueden ser desplazados (Bridge, 2003). El almacenamiento de materiales y la deposición de sedimentos, ya sea a corto o largo plazo, da origen a formaciones topográficas y ecosistémicas características, como son los abanicos, las planicies de inundación, las terrazas y los deltas (Gregory y Maizels, 1991 en Petts y Amoros, 1996).

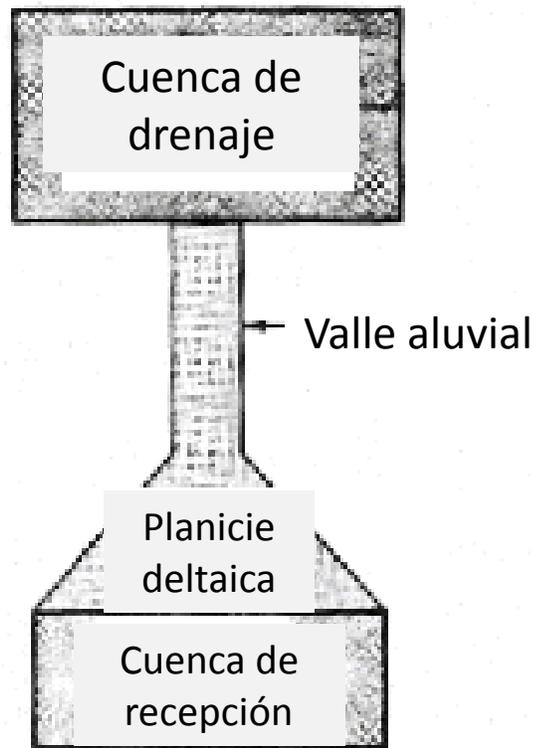


Figura 1. Esquema explicativo de la composición de un sistema fluvial.

Un delta se define como una forma del paisaje que hace parte de un sistema fluvial y se origina por la acumulación de los sedimentos de un río en el momento en que este desemboca en un cuerpo de agua o cuenca receptora (Galloway 1975, en Restrepo 2008). Su proceso de formación está definido de la siguiente manera: la capacidad de un río para transportar material particulado varía de acuerdo con el incremento o disminución de la velocidad de la corriente; cuando el río desemboca en un cuerpo de agua estable, el flujo que anteriormente estaba retenido dentro de un cauce se expande y dispersa dentro de la nueva formación produciéndose la desaceleración del afluente. Consecuentemente la corriente pierde la capacidad de transporte de los sedimentos, los cuales empiezan a ser depositados: en la parte más cercana a la desembocadura quedan los más gruesos y pesados, como la arena y la gravilla, y las partículas más finas son llevadas más lejos dentro del cuerpo de agua receptor antes de ser depositado (Bridge 2003 y Gilbert 1885, en Restrepo 2008). Este plano deposicional es llamado delta por tomar una forma triangular característica, identificada con la letra Delta (Christopherson 1997).

Los planos de inundación son otra geoforma que se crea como consecuencia de la modificación del paisaje por parte de los sistemas fluviales. Corresponden a un área plana y baja que bordea el canal de la corriente fluvial que se forma como consecuencia de las

inundaciones estacionales, ocasionales y recurrentes de los caudales. Este tipo de configuraciones pueden estar ubicadas en diferentes zonas del sistema fluvial, como son valles aluviales, abanicos aluviales y deltas (Bridge 2003 y Christopherson 1997).

Por su parte, los planos que se forman en los deltas son similares a los planos de inundación corrientes: tierras bajas y planas constituidas por canales distributarios, planas de inundación, diques, grietas ensanchadas y zonas subacuáticas como lagos y pantanos (Bridge 2003). La Mojana, además de ser un delta interno (llamado así por encontrarse dentro del continente), es también un gran plano de inundación, formado, como ya se explicó, como consecuencia de las frecuentes inundaciones en la región (DNP-DDT-FAO 2003 y DNP-DPAD-PNUD 2008).

Los dos tipos de formaciones descritas, tanto deltas como planos de inundación, se caracterizan por poseer tierras con una fertilidad y productividad notablemente altas. Esta propiedad es el resultado de los procesos de deposición de sedimentos y la renovación constante de los suelos por los eventos de inundación y retiro del agua. Es sabido que por esta particularidad han sido históricamente de gran importancia ecológica y económica y constituyen los mayores centros para el desarrollo de grandes ciudades y centros de agricultura dando lugar al desarrollo de varias civilizaciones (Ericson et al. 2006, en Restrepo 2008).

3.2. Inundaciones

Los ríos y arroyos hacen parte del ciclo hidrológico y su función es recoger el agua que se precipita y que, no alcanza a ser devuelta a la atmósfera por medio de la evapotranspiración, o incorporarse en el suelo por infiltración. Esta carga de agua, conocida como escorrentía, corre hacia las partes bajas de las montañas, empieza a acumularse y concentrarse hasta conformar las diferentes formas de corrientes de agua, las cuales se encargan de erosionar la tierra y dar la forma a canales y valles fluviales (Bell 1999).

Una inundación es el desbordamiento del flujo de agua que corre por un cauce. Es decir, estas ocurren cuando la descarga de un río no puede ser acomodada dentro de su canal normal y, por lo tanto, el nivel de agua supera las riveras naturales o artificiales de la corriente fluvial extendiéndose por el terreno contiguo a esta (Gordon et al. 2004 y Strahler y Strahler 1997). El terreno que se inunda corresponde a zonas que normalmente están secas pero como consecuencia del desbordamiento del río son colmadas de agua, sedimentos, materia suspendida y escombros transportados por la corriente. Como se mencionó anteriormente, algunas de estas zonas, como los planos de inundación, son inundadas estacionalmente de manera natural (Sivakumar 2005).

Además del papel que desempeñan dentro del ciclo hidrológico, las inundaciones cumplen funciones fundamentales para el sostenimiento de algunos ecosistemas en cuanto: promueven altas tasas de producción primaria a través de la recarga de acuíferos, transportan y favorecen la deposición de sedimentos ricos en nutrientes en los suelos del plano de inundación, permiten dinámicas funcionales y procesos de sucesión que favorecen

el mantenimiento de la diversidad de especies, inducen el incremento en la diversidad de especies acuáticas, y brindan hábitat y otros recursos a especies vegetales y animales adaptadas a la dinámica fluvial y exclusivas de estos ecosistemas. Considerados disturbios naturales fundamentales para el mantenimiento de algunos ecosistemas, determinan en gran parte el funcionamiento de los ecosistemas riparios al determinar la estructura de la vegetación y la formación de los suelos (Middleton 2002).

Las principales causas de las inundaciones son las fuertes lluvias y el derretimiento de capas de hielo, las cuales aumentan rápidamente la escorrentía y la carga de agua que llega al canal. Según su causa y duración, las inundaciones pueden ser clasificadas en dos: las primeras, conocidas como inundaciones relámpago son de corta duración y ocurren como consecuencia de tormentas fuertes que duran menos de 24 horas, pero sin embargo causan grandes estragos; las segundas son las de larga duración asociadas a lluvias que duran varios días e incluso semanas. A su vez, estas últimas se dividen en aquellas que presentan un único evento y las de múltiples eventos. Por lo general, las inundaciones de larga duración con múltiples eventos que se presentan uno tras otro son las más graves, en cuanto generan una mayor cantidad de daños y la recuperación de estos es más difícil y lenta (Bell 1999).

A pesar de los efectos negativos que se presentan, tales como la deposición de materiales indeseados, la pérdida de cultivos, infraestructura y sistemas de transporte y comunicación, históricamente las zonas de inundación han sido de gran atractivo para el asentamiento de poblaciones humanas (Gordon et al. 2004 y Christopherson 1997). La constante renovación del suelo y la introducción de nutrientes y, consecuentemente, la alta fertilidad y productividad de esta tierra son las principales razones de su ocupación. La competencia por apoderarse de las mejores tierras ha llevado a las personas a ubicarse en zonas de alto riesgo (De Blij y Muller 1993).

Como los demás desastres naturales, las inundaciones tienen por lo general un impacto en los seres humanos y sus actividades. Sin embargo, a pesar de ser altamente predecibles en algunos lugares, las inundaciones causan año tras año numerosos perjuicios a sus habitantes. Es por esto que se ha determinado que la gravedad de su ocurrencia está definida, más que por cualquier otra razón, por el uso que el hombre le da a la zona aludida; el problema de las inundaciones es particularmente peligroso cuando hablamos de expansión de asentamientos humanos y falta de planeación en el uso de la tierra (Bell 1999).

Dependiendo de estos factores empezamos a hablar de inundaciones catastróficas y efectos socio económicos tales como las lesiones y pérdidas de vidas humanas, hambrunas, desplazamiento, destrucción y daños en infraestructura y sistemas de transporte y comunicación y actividades económicas, principalmente en las agropecuarias, y contaminación de ríos y propagación de enfermedades infecciosas.

3.3. Manejo del riesgo y control de inundaciones

El manejo de los desastres se basa en la definición de estos como un proceso social que se comporta como respuesta a un fenómeno natural, sin importar si este es normal o excepcional; para ser más claros, en la gestión de los desastres se toma como punto de partida la dimensión humana de las catástrofes, teniendo en cuenta básicamente las poblaciones humanas que sufren sus efectos (Herzer 1994 y Caputo y Herzer 1987, en Herzer 1994).

La posibilidad de que un desastre de cualquier tipo ocurra implica un riesgo para los elementos expuestos, tales como vidas y posesiones humanas. El riesgo se define por la relación entre la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, o la amenaza, y la vulnerabilidad de los elementos ya mencionados. La vulnerabilidad, a su vez, está determinada por la facultad de los elementos para absorber los efectos del episodio, y de tal manera, se ve afectada por la habilidad de predecir y de ajustarse a un fenómeno natural que se repite periódicamente, entre muchos otros factores. Teniendo en cuenta lo anterior, el grado de vulnerabilidad de una comunidad se define por su capacidad de hacerle frente a un evento catastrófico (Cardona 1994 y Herzer 1994).

El manejo de los desastres, que busca la reducción de los perjuicios percibidos por una población por la ocurrencia de un evento natural, requiere el tratamiento de los tres componentes: amenaza, riesgo y vulnerabilidad; considerando que desde el control de todos estos factores, como un conjunto o individualmente, se pueden disminuir los efectos del desastre.

El manejo de las inundaciones, que comprende el manejo del riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad, ha sido ampliamente estudiado e integra un conjunto de estrategias orientadas a la reducción de los perjuicios percibidos por los seres humanos. Las estrategias generales se basan en entender y asimilar las inundaciones, protegiendo la vida, la tierra y las propiedades, y tratando de reducir los picos y volúmenes de agua. Las estrategias específicas incluidas en las anteriores se dividen en tres: (i) el “do nothing” (no hacer nada), (ii) las medidas estructurales y (iii) las medidas no estructurales. La primera consiste en aprender a convivir con las inundaciones evitando por completo cualquier ocupación y desarrollo en las zonas propensas, las dos restantes permiten un mayor uso de estas tierras a pesar de que hacen un manejo muy diferente de la problemática (Tabla 1) (Marsalek 2000).

	No Estructurales	Estructurales
Objetivo	Reducir el impacto de las inundaciones sin ningún tipo de alteración de las inundaciones.	Proteger los asentamientos humanos y sus actividades económicas reduciendo las inundaciones.
Medidas	<ul style="list-style-type: none">Regulaciones y políticas sobre el uso de la tierra y el desarrollo de la población, la defensa y el aseguramiento de las inundaciones.	<ul style="list-style-type: none">Modificación del drenaje de la tierra y desviación de las inundaciones, mediante presas, diques, embalses y muros de contención, plataformas y planos de

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los mapas de riesgo son una herramienta fundamental en la regulación del uso del suelo en los planos de inundación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ inundación artificiales.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se basa en medidas poco invasivas de los ecosistemas y el funcionamiento natural del río y el plano de inundación. ▪ Baja inversión económica. ▪ El desarrollo tecnológico ha promovido el uso de estas medidas, ya que se facilita la obtención de información útil en el monitoreo y predicción de las inundaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuando están bien construidas logran proteger de manera exitosa los elementos expuestos de las inundaciones. ▪ Permiten un mayor desarrollo de las poblaciones ubicadas en los planos de inundación.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Una ejecución débil puede comprometer la efectividad de las medidas. ▪ Muchas veces no son muy útiles en la protección de los asentamientos ya existentes. ▪ Información necesaria para el empleo de las medidas, como la construcción del mapa de riesgo, el monitoreo y la predicción de las inundaciones, puede resultar costosa o difícil de conseguir. ▪ La regulación del uso causa en algunas ocasiones la desvalorización de la tierra y se convierte en un problema legal y económico. ▪ Son difíciles de mantener cuando pasa un largo período de tiempo entre un evento catastrófico y otro. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las obras de ingeniería implican una alta inversión económica, tanto para su construcción como para su mantenimiento. ▪ Son altamente invasivas, y su éxito se logra pagando un alto costo ambiental y ecológico. ▪ Si una de estas construcciones falla, los daños pueden llegar a ser iguales o peores que los de una inundación natural. ▪ Son construidas antes, pero requieren una apropiadas operación, monitoreo y reparación durante y después de la inundación.

Cuadro 1. Medidas para la reducción de los perjuicios ocasionados por las inundaciones (Marsalek 2000 y Miller 1997)

En los últimos años, la aproximación desde el manejo integral de las inundaciones ha cobrado una mayor importancia como resultado del reconocimiento de las deficiencias de las medidas estructurales, a las cuales se les han atribuido serias inconveniencias, como la única opción para la mitigación de los daños (Mynett and de Vried 2005, de Vried 2005, Samuels et al. 2005, Simonovic y Ahmad 2005, en Zagonjolti 2007). Dado que las zonas que son por naturaleza inundables, como los deltas y los planos de inundación, tienen ciertos atributos ecológicos y económicos que no pueden ser desconocidos, la labor del manejo requiere de la elaboración de un balance entre los beneficios y costos de la ocurrencia de las inundaciones. En otras palabras, se identifica la necesidad de reducir los daños a los asentamientos cercanos que aprovechan estas tierras y de preservar la posibilidad de obtener ese beneficio, al mismo tiempo que se protegen las funciones ecológicas de los sistemas fluviales, incluyendo ciertamente el derrame de agua sobre el área de inundación (Miller 1997).

Una de las principales medidas que se toman para reducir los daños con una baja intervención sobre el funcionamiento del sistema fluvial es a través de un desarrollo apropiado y controlado en las zonas en riesgo de manera que se obtiene el mayor beneficio de la productividad del suelo, con el menor perjuicio y la menor inversión en la protección de las comunidades (Bell 1999).

La planificación del territorio permite que las dinámicas ecosistémicas naturales no se conviertan en una amenaza para las comunidades y que el desarrollo de estas a su vez, no implique una amenaza para los ecosistemas. “Con frecuencia los desastres son causados por situaciones de vulnerabilidad creadas por la acción del hombre, como los asentamientos humanos no sujetos a control o mal planificados, la falta de infraestructura básica y la ocupación de zonas expuestas a desastres” (Agenda Hábitat, en Montes, 2001).

Es por eso que el ordenamiento territorial puede cumplir un rol importante en la prevención y mitigación de los daños causados por las inundaciones, donde el tema de la ocupación de las zonas cercanas a cuerpos de agua se ha convertido en un importante dilema, dado el potencial económico de estas pero el riesgo que implican para las personas, la planificación en la ubicación según el tipo de asentamientos y uso del suelo es crucial en la mitigación de los daños y efectos negativos del aumento en el nivel del agua. En este sentido, la generación de mapas de zonas de riesgo y de políticas y restricciones en el uso del suelo es fundamental para salvaguardar numerosas poblaciones que de otro modo se verán inevitablemente afectadas (Montes 2001 y WMO/GWP, 2007).

El ordenamiento territorial, como concepto originado en la época de la postguerra en Estados Unidos bajo el nombre de “land use planning”, surgió como una necesidad de poner un orden al diálogo entre el territorio y las comunidades humanas de manera que se garantice la armonía en la interacción entre ambos (CONAM/GTZ, 2006). Fue definido por Jordan y Sabatini como “un conjunto de acciones concertadas para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos buscando su desarrollo socioeconómico, teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el medio ambiente (Jordan y Sabatini, 1988, en CONAM/GTZ, 2006).

3.4. Culturas anfibias

Las culturas anfibias son aquellas comunidades que asentadas en las riberas de los ríos, han aprendido a vivir en armonía con la naturaleza, sobrevivir a las circunstancias y crear soluciones para su desarrollo y el aprovechamiento de los abundantes recursos de estas zonas, sin alterar el funcionamiento del ecosistema al que se enfrentan (Garrido y Madariaga 2001). Fals Borda (1979) la definió como “un complejo de conductas, creencias y prácticas relacionadas con el manejo del ambiente natural, la tecnología (fuerzas productivas) y las normas de producción agropecuaria, de la pesca y de la caza que prevalecen en las comunidades...” (Fals Borda 1979, en Garrido y Madariaga 2001).

El caso de la cultura Zenú

La antigua cultura indígena Zenú es considerada uno de los ejemplos más representativos de las culturas anfibia y es reconocida por la implementación del sistema prehispánico más adecuado y sostenible para el manejo de una planicie de inundación, el cual estuvo en funcionamiento durante 2000 años (800 a.C. hasta 1200 d.C.) y cubría un área entre 150.000 y 500.000 hectáreas (Correa 2005 y Plazas y Falchetti 1994). Los Zenúes estuvieron asentados en lo que actualmente corresponde a los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar, a lo largo de las riberas de los ríos Sinú y San Jorge y el gran complejo de humedales localizado en la misma región (Ortiz *et al.* 2007).

La presencia del agua fue el elemento clave en el surgimiento de una cultura con un complejo sistema social y económico. La oferta de flora y fauna, la simplificación de la comunicación y la integración de la región y la fertilidad de los suelos fueron algunas de las facilidades que gracias al elemento agua de los ríos y humedales, se hacían presente en la región (Ortiz *et al.* 2007)

Sin embargo, fue la adecuación hidráulica lo que le permitió a esta cultura desarrollarse y crecer sin que el agua se convirtiera en un impedimento. Esta adecuación consistió en la construcción de un sofisticado y complejo sistema de canales paralelos y camellones que se elevaban hasta 1,5 metros por encima del nivel del agua. El sistema era utilizado para manejar las dinámicas hídricas, mantener las vías de comunicación e integración de la región y controlar las variaciones en los niveles de los ríos, especialmente en épocas de crecientes previniendo el desbordamiento. De esta manera se podía aprovechar la sedimentación, que se comportaba como fertilizante de los suelos durante la época de invierno y fomentaba el establecimiento de sistemas agrícolas intensivos y permanentes (Plazas y Falchetti 1994 y Ortiz *et al.* 2007).

La función específica de los canales era evacuar el exceso de agua hacia el cauce principal, siguiendo su curso y convirtiéndose junto con los ríos principales, abanicos y cauces perpendiculares en una red de drenaje que conducían el agua hacia el norte, en su ruta al mar. La forma como el agua era conducida, permitía que quedaran algunas zonas con altos contenidos de sedimentos ricos en nutrientes, las cuales al igual que los camellones, que eran abonados con estos sedimentos, eran densamente habitadas y aprovechadas a través del establecimiento de cultivos (Plazas y Falchetti 1994).

El poblamiento se hacía en plataformas artificiales de 2 a 3 metros de elevación por encima del nivel de la superficie natural del terreno (Plazas y Falchetti 1994).

El conocimiento del territorio y su dinámica hidráulica le permitió a los zenúes el manejo de su sistema de canales y camellones, el aprovechamiento de los suelos para las actividades agrícolas y el denso poblamiento de la región hasta el año 1000 d.C, momento en el que comenzó la desocupación gradual por parte del grupo indígena. Esta época coincide con la conquista española y una temporada de intensa sequía, siendo esta última la causa más

probable del colapso del sistema de una cultura que necesitaba del agua para desarrollar sus actividades y sobrevivir (Plazas y Falchetti 1994).

3.5. El rol del Gobierno y las ONG

Los desastres naturales son un tema de gran preocupación que no sólo concierne a aquellas poblaciones que se ven directamente afectadas, sino a todos quienes tienen el deber de velar por su seguridad y bienestar. Además de las políticas para el manejo de los desastres, materializadas en nuestra Constitución Política, leyes, decretos y resoluciones, el gobierno se vale de otro tipo de instrumentos como son los planes, programas y proyectos para tratar de evitar y mitigar los daños que estos ocasionan en los elementos que se encuentran expuestos. Estas herramientas han sido utilizadas con el propósito de hacer uso, a través de ellas, de las diferentes medidas para el manejo del riesgo y la amenaza (Saavedra 1994).

Desde la investigación, hasta la construcción de diques y la reacomodación de las personas afectadas, todas estas medidas, que se hacen reales solo a través de la expedición de los planes, programas y proyectos, requieren de una inversión de dinero que se recauda entre los organismos involucrados. La planificación previa y permanente requiere de la participación de la población y las autoridades locales, el gobierno nacional, las ONGs y los organismos internacionales (Saavedra 1994).

A pesar de que el Estado no es el responsable directo de cubrir las pérdidas ocasionadas en el sector privado, el impacto que estas tienen en la economía nacional genera una preocupación y la necesidad de intervención estatal, tanto en la prevención como en la atención de los desastres (Cardona y Yamín 2008).

En el caso específico de Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP), como organismo técnico asesor del Presidente de Colombia, es el encargado de orientar, formular, monitorear, evaluar y hacer seguimiento a las políticas, planes, programas y proyectos para el desarrollo económico, social y ambiental del país, incluidos allí los Programas de Desarrollo de la Mojana.

Por otra parte, después de la destrucción de Armero en 1985, se creó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) liderado por la Presidencia de la República (Figura 2). Entre las principales funciones de este organismo está fomentar la participación de una red de instituciones científicas, de planificación, educativas, y de respuesta en caso de emergencia y ampliar las facultades de los comités provinciales y municipales. De esta manera, a través del SNPAD se coordinan tanto las respuestas como las acciones preventivas y de mitigación a las emergencias (Freeman *et al.* 2009).

Este Sistema Nacional, concebido con el propósito de que las acciones se desarrollen de manera descentralizada, desarrolla su gestión apoyado en el gobierno central y los organismos internacionales de cooperación técnica. De esta misma manera, el Gobierno Nacional se ha concentrado en dar asistencia a los municipios y definir su rol en la atención de desastres, teniendo en cuenta la importancia de los esfuerzos locales para prepararse

(Freeman et al. 2009). *“Sin embargo, en el caso de un desastre extremo en Colombia, el Gobierno Nacional necesariamente tendrá que apoyar no sólo a los pequeños municipios gravemente afectados, que no tienen capacidad de respuesta por sus limitados recursos, sino incluso a las ciudades en donde se tienen avances importantes en la preparación y respuesta en caso de emergencia.”*¹

¹ Cardona, O. D. y Yamín, L.E. (2008). Información para la gestión de riesgo de desastres. Estudio de caso de cinco países: Colombia. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 197 pág.

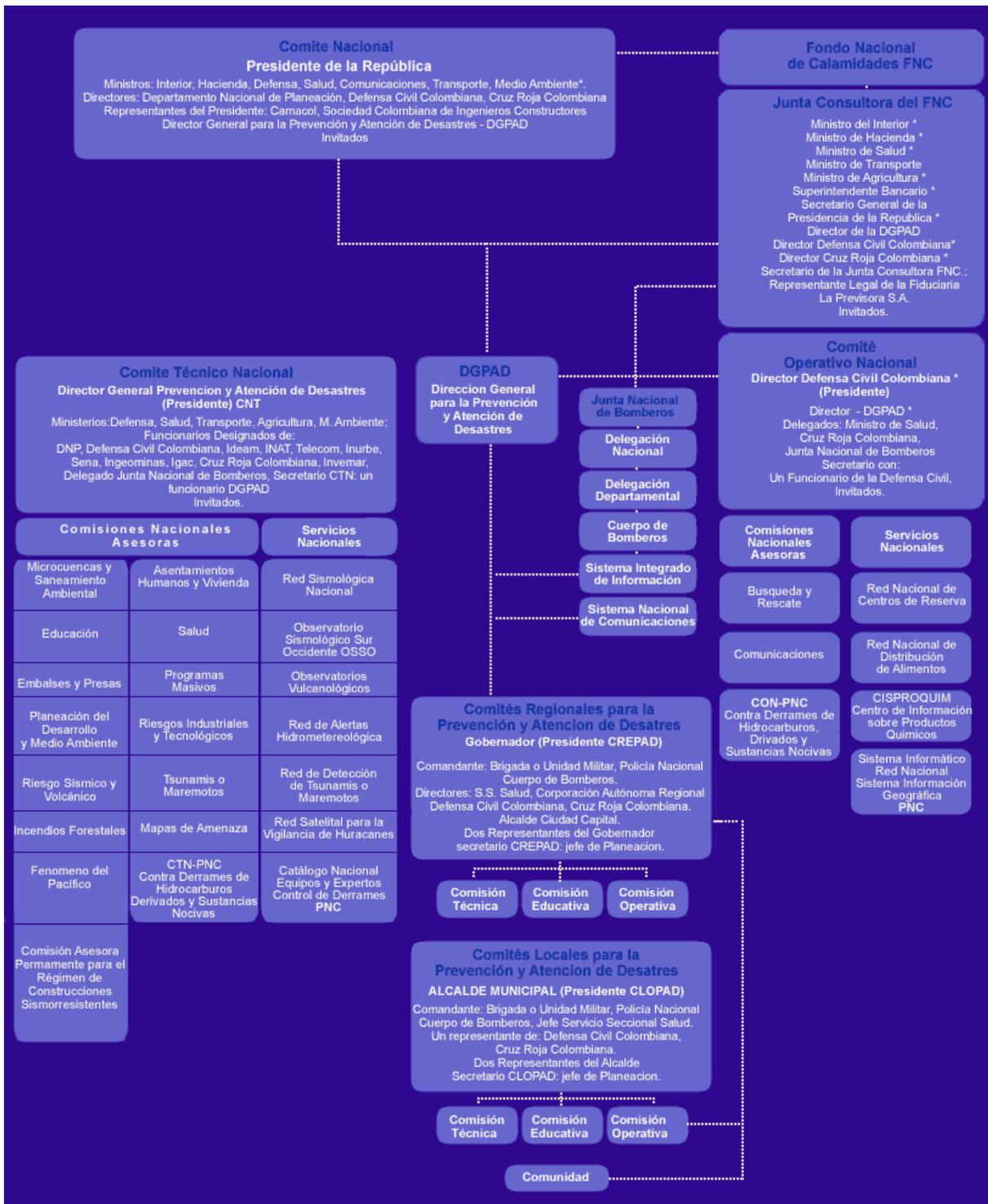


Figura 2. Organigrama del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. (Tomado de Freeman et al. 2009)

Por su parte, las ONGs son reconocidas como entidades privadas que cumplen un papel importante en el fomento del desarrollo de las comunidades, las cuales están constantemente en la búsqueda de ser independientes de las organizaciones gubernamentales y la cooperación internacional. Esta dependencia es particularmente notoria en las situaciones de desastre, donde las poblaciones perjudicadas, en su imposibilidad de superar por sí solas los daños percibidos y la irrupción de sus actividades económicas, recurren a la asistencia financiera facilitada por el gobierno y demás organismos mencionados (Saavedra 1994).

Es necesario resaltar que esa independencia se aleja cada vez más, en la medida en que la mayoría de las inversiones son utilizadas en la atención de emergencias y la reconstrucción de los asentamientos después de ocurrido el desastre; pues de esta manera, las medidas que promueven la prevención y mitigación de los daños y, asimismo, la independencia de las comunidades son dejadas en segunda instancia (Maskrey 1994).

La capacidad de reducir los perjuicios provocados por las inundaciones va a estar determinada por la manera como se administran la asistencia financiera y como se organizan las medidas de manejo (Saavedra 1994). Por esta razón, las organizaciones interesadas deben unirse en la búsqueda de la implementación de la planificación y regulación del desarrollo en estas zonas, ya que, en muchos casos, la asistencia financiera sin una adecuada organización y proyección no solo no disminuye la amenaza, sino que además causa la dependencia de las comunidades y fomenta el desarrollo de estas en las zonas de riesgo (Maskrey 1994).

Por su parte, el ordenamiento territorial, la principal política para la regulación del uso de la tierra, la legislación colombiana lo define como el “conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el territorio físico del territorio y la utilización del suelo”. Además de esta definición, durante las políticas que lo desarrollan se le asigna un valor a la potenciación de oportunidades para las comunidades y la mitigación de los riesgos potenciales y a la importancia de la identificación de potencialidades y limitaciones donde se consideran criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos en la planeación del desarrollo de una región (CONAM/GTZ, 2006).

3.6. La teledetección en el monitoreo de las inundaciones

Las mediciones in- situ han sido clave en el conocimiento de las dinámicas hídricas en el planeta, la mayoría de los datos observados sobre el comportamiento de las inundaciones han sido colectados por estaciones hidrometeorológicas y han sido muy eficientes en la cuantificación de la descarga de agua (Alsdorf *et al.* 2007). Sin embargo, en los últimos años se han identificado algunos limitantes en los datos como las dinámicas espaciales, la resolución temporal y la velocidad de recolección y transmisión (Kerényi y Putsay 2006).

Las inundaciones son eventos superficiales trascendentes y pueden ocurrir al mismo tiempo en ubicaciones geográficas distantes. Para registrar estos eventos, es necesaria información oportuna con una cobertura extensa en frecuencia y área (Alsdorf *et al.* 2007).

La teledetección es un proceso mediante el cual es posible obtener información de un objeto sin entrar en contacto directo con él. Los encargados de hacer esta lectura son los sensores remotos, instrumentos capaces de captar la radiación electromagnética emitida o reflejada por un objeto que se encuentra a distancia (Rodríguez y Arredondo 2005).

Desde diferentes plataformas satelitales los sensores remotos tienen la capacidad de recibir, procesar y registrar la energía emitida y reflejada por la superficie terrestre; la primera suele ser muy baja, mientras que la segunda es el producto de la energía proveniente del sol y que es reflejada por los cuerpos. La energía captada es clasificada en diferentes bandas del espectro electromagnético según la longitud de onda con la que son recibidas; esta lectura es registrada y es así como se obtiene una imagen digital (Deagostini 1975). Cada píxel de una imagen satelital contiene un valor que representa la energía reflejada o emitida por la superficie de la Tierra en un punto específico, la cual es capturada y medida con base a la información del espectro electromagnético (Jensen 1996, Lillesand *et al.* 2004 en Chang 2008).

Los sensores MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) fueron lanzados a bordo de los satélites TERRA y AQUA en los años 1999 y 2002 respectivamente. Estos tienen la capacidad de captar información con una alta sensibilidad radiométrica, en 36 bandas espectrales y en resoluciones espaciales de 250m, 500m y 1km, y tardan entre 1 y 2 días en hacer la cobertura de todo el planeta. La información de este sensor además de ser frecuente, bien calibrada y de una resolución espacial adecuada, se encuentra disponible a través de la NASA de manera gratuita (Rodríguez y Arredondo 2005 y Brakenridge y Anderson 2006).

Las imágenes satelitales pueden ser procesadas digitalmente a través de los Sistemas de Información Geográfica. Estos sistemas han hecho que la información obtenida en la percepción remota sea muy útil, ya que hace posible capturar, almacenar, investigar, analizar y visualizar datos geoespaciales (Chang 2008). Adicionalmente, el conocimiento del comportamiento espectral típico de diferentes objetos y grupos de objetos hace posible una mejor interpretación de las imágenes satelitales con la ayuda de los sistemas de información geográfica; de esta manera ahora se reconocen las firmas espectrales de las diversas coberturas de la tierra como son bosques, cuerpos de agua y suelos erosionados (Paruelo 2008 en Di Bella *et al.* 2008).

Con los avances tecnológicos se ha facilitado y hecho común el uso de la teledetección, las imágenes satelitales y los Sistemas de Información Geográfica en el monitoreo y estudio de las inundaciones. El agua líquida tiene la propiedad de tener una reflectancia con valores muy bajos en el infrarrojo medio y con mayor variabilidad en las porciones del visible y del infrarrojo cercano (Baret 1990 en Di Bella *et al.* 2008). Esta variación depende de la

profundidad de la lámina de agua, los sedimentos suspendidos y la vegetación emergida y sumergida (Di Bella et al. 2008).

Los datos del sensor MODIS resultan muy útiles en el estudio de las inundaciones ya que incluyen las bandas espectrales correspondientes al visible y al infrarrojo cercano, las cuales permiten una excelente discriminación tierra/agua. Esta propiedad ha sido empleada para diferentes aplicaciones como son la detección, caracterización, prevención y mitigación de inundaciones y la evaluación de los daños provocados por estas (Brakenridge y Anderson 2006).

La utilización de índices de humedad, a través de los cuales se aprovechan las propiedades mencionadas de las imágenes satelitales y la reflectancia de los objetos, ha permitido que la clasificación de coberturas y, específicamente la detección de agua en las imágenes satelitales, se haya ido perfeccionando (Rodríguez *et al.* 2010). El índice más utilizado ha sido NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): Xiao et al. (2005 y 2006), Sakamoto et al., (2005) y Teillet et al. (1997) lo han empleado en diferentes estudios, sin embargo, es sensible a aerosoles atmosféricos y el suelo (Sakamoto *et al.* 2007). Otros índices como el LSWI (Land Surface Water Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) y DVEL (Difference Value Between EVI and LSWI) fueron han sido empleados en estudios recientes como los realizados por Sakamoto (2006, 2007), Yan et al. (2010) e Islam (2009). Las ventajas de utilizar estos últimos índices mencionados son una mayor sensibilidad a la humedad tanto en cuerpos de agua como en tierras encharcadas y la capacidad de reducir el efecto de la cobertura vegetal, midiendo de mejor manera el agua en el suelo, esto último específicamente en el caso del índice DVEL (Yan *et al.* 2010).

PNUD 2008) y, como consecuencia, se ha conformado un sistema de humedales que actúa como una interfase entre la región Andina y las tierras bajas del Caribe (Macías y Pérez 2002 y Ortiz *et al.* 2007). Por lo anterior, el complejo territorio de la Mojana cumple un papel fundamental para la amortiguación de los caudales de los ríos mencionados y la acumulación de los sedimentos transportados por estos desde la parte alta de las cuencas (Ortiz *et al.* 2007).

A pesar de que este territorio se encuentra en un proceso de cambios morfológicos constantes y muy intensos, resultado de las inundaciones periódicas y el aporte de sedimentos (Macías y Pérez 2002); en la región puede identificarse por su estructura dos unidades importantes: la emergida y la inundable (DNP-DDT-FAO 2003).

La primera se presenta en los terrenos de mayor altura que bordean las corrientes de agua y ciénagas; estos se originan como consecuencia de la sedimentación y acumulación de los materiales más gruesos transportados por los ríos, en largos períodos de tiempo (Fals Borda 1980 en Ortiz *et al.* 2007). Se caracteriza por presentar condiciones “normales” en las cuales la vegetación no necesita desarrollar adaptaciones especiales. La cobertura natural son bosques húmedos, sin embargo, estos han sido transformados para uso agropecuario en áreas de cultivos, praderas y rastrojos. Esta zona se divide en tierras permanentemente inundadas, ubicadas en las estribaciones de la cordillera central y a las orillas de los caños y ciénagas; y sabanas hiperestacionales antrópicas, que como su nombre lo dice, son sometidas a inundaciones y sequías extremas y son producto de la transformación humana (DNP-DDT-FAO 2003).

La segunda, el área inundable, corresponde a una zona plana conformada, por ciénagas, brazos, caños y arroyos que se conectan y aíslan, y cambian la dirección de la corriente, según las condiciones climáticas de las diferentes épocas del año y del nivel del agua en los ríos principales. Esta dinámica hídrica hace que la reducción de área inundada sea hasta del 80% entre el tiempo lluvioso y el seco, en el caso de la zona inundable del río San Jorge cambia, respectivamente, de 160.686 a 48.206 hectáreas, en los municipios de Caimito, San Benito Abad y San Marcos (Castañeda J., 2001 en DNP-DDT-FAO 2003). No obstante, el área permanente de ciénagas se calcula en más de 150.000 ha. Los caños más importantes son los de Mojana, Pancegüita, Viloría, Rabón, Matías y Carate, y entre las ciénagas se destacan las de Ayapel, Grande, San Marcos y La Caimanera (DNP-DDT-FAO 2003).

En la zona inundable la vegetación es acuática o ha desarrollado adaptaciones ante condiciones hídricas o suelos anóxicos por períodos prolongados. Este tipo de vegetación presta diferentes servicios al ecosistema: es una oferta de alimento y refugio para las especies, aportan oxígeno al aire y al agua y ayudan a eliminar excesos de nutrientes y toxinas (Aguilera 2004).

Este sistema de inundación soporta diferentes actividades económicas extractivas como la pesca, la caza y la tala de árboles y arbustos. Además, funciona como un corredor biológico utilizado por los peces para sus migraciones, y como hábitat y refugio de aves migratorias,

peces, reptiles y mamíferos. Muchas de estas especies están adaptadas y son dependientes de la dinámica hídrica y los procesos de aporte de materiales por parte de los ríos (DNP-DDT-FAO 2003 y Macías y Pérez 2002).

El clima es tropical cálido y húmedo,. La temperatura media anual es de 27,8°C y varía entre 26,9°C y 28,8°C (Macías y Pérez 2002). Con una sola temporada de lluvias, la precipitación anual varía entre 1.000 y 4.500 mm, entre diferentes sectores la región, disminuyendo, en general, de sur a norte (Aguilera 2004). La temporada seca va de diciembre a abril, y la más lluviosa, de agosto a octubre (Tabla 1 y Figuras 4 y 5). La humedad relativa promedio anual es del 82%, pero oscila, dependiendo igualmente de la zona, entre 78% y 88,9% (DNP-DDT-FAO 2003).

Tabla 1. Precipitaciones totales mensuales y anuales (mm) entre los años 2000 y 2012 en la región de La Mojana.
Fuente: Datos de la estación pluviométrica San Luis, municipio de Sucre (IDEAM).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Valor anual
2000	134	69	10	130	167	271	235	257	317	154	176	112	2032
2001	0	0	22	0	193	95	103	192	386	179	511	97	1778
2002	0	0	7	120	184	206	48	54	499	247	261	19	1645
2003	0	0	51	107	103	343	384	115	230	781	179	187	2480
2004	-	-	-	106	268	197	486	242	159	131	-	-	1589
2005	35,1	6	4	160	193	175	286	332	461	265	354	59	2330,1
2006	42	16	157	344	407	378	291	375	537	330	409	177	3463
2007	0	3	35	165	273	231	397	418	453	560	305	138	2978
2008	0	0	134	86	262	378	494	566	319	437	524	176	3376
2009	74	4	105	102	297	268,8	145	218	252	293	266	11	2035,8
2010	0	12	46	119	278	360	690	468	358	227	236	150	2944
2011	59	0	90	255	460	324	320	170	436	481	418	441	3454
2012	8	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
Medio	29,3	10	60,1	141,2	257,1	268,9	323,3	283,9	367,3	340,4	330,8	142,5	2317,1

Valores medios de precipitación mensual (mm) entre los años 2000 y 2012

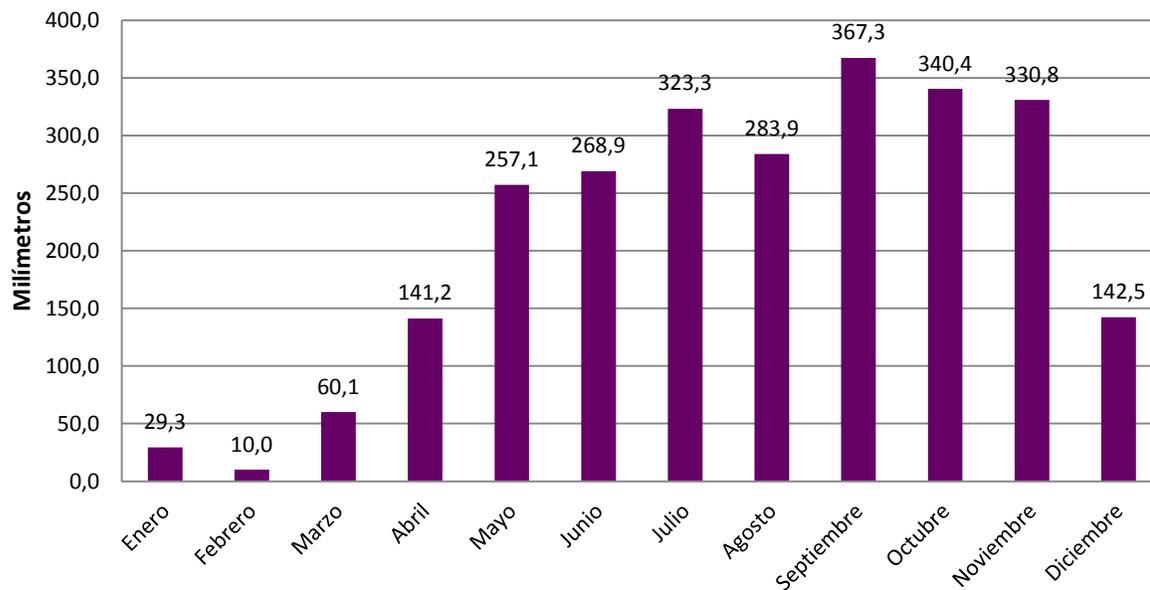


Figura 4. Valores medios de precipitación mensual (mm) entre los años 2000 y 2012

Precipitación total anual (mm) del año 2000 al 2012

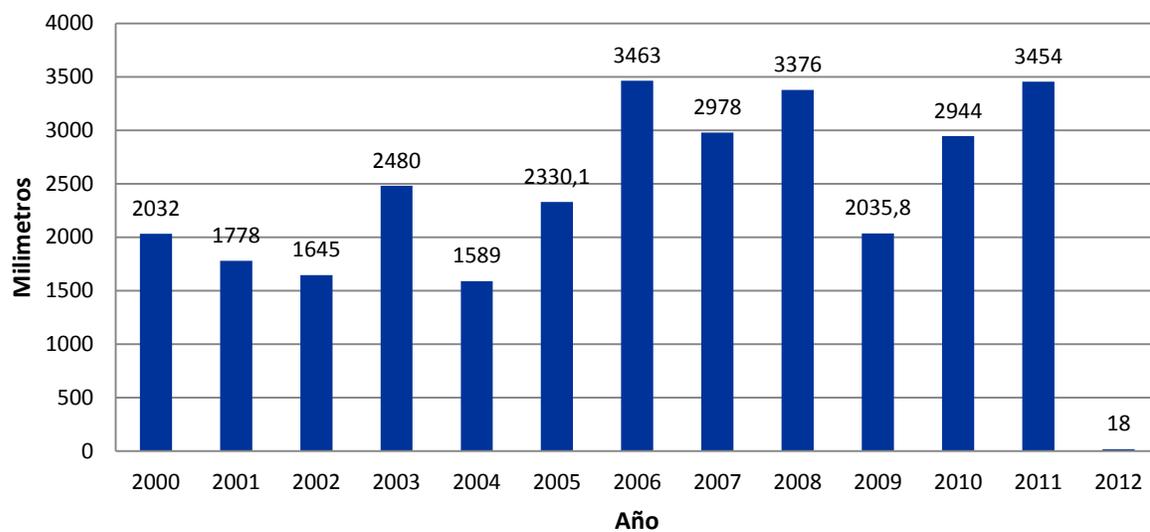


Figura 5. Precipitación total anual (mm) del año 2000 al 2012

Los suelos están compuestos por arenas profundas y lentes de arcilla y limo, con una predominancia de texturas moderadamente finas a medias y gruesas, estas últimas en menor medida. La fertilidad natural de estos es de moderada a alta, sin embargo, se ha visto reducida por el uso de la tierra en la región y por otros procesos de degradación de suelos, tales como la compactación (CORPOICA 1999 en Macías y Pérez 2002 y Aguilera 2004).

Según la clasificación ecosistémica de Etter (1997), la Mojana corresponde al Zonobioma de Bosque Húmedo Tropical y Bosque Seco Tropical (Etter 1997 en Macías y Pérez 2002). Las coberturas más importantes, las sabanas, el complejo de humedales y el bosque húmedo, se encuentran distribuidas al occidente, al norte y al sureste respectivamente (Sarmiento y Londoño 2008).

Por su parte, Aguilera y Neira (1999), propusieron una clasificación de los ecosistemas de la región de la siguiente manera:

- ecosistema predominantemente hídrico –EPH-, el cual permanece con agua por más de seis meses al año, y cuya función es ayudar en la regulación de los excesos de agua y la producción de recursos hidrobiológicos;
- ecosistema transicional –ET-, el cual permanece entre tres y seis meses al año con agua, y contribuyen al control de los flujos de agua y a la producción biológica terrestre y acuática;
- y ecosistema predominantemente terrestre –EPT-, el cual permanece inundado por menos de tres meses al año.

Es importante subrayar la importancia de un tipo de cobertura vegetal natural única en la región llamada zapales; los cuales han sido definidos como formaciones higrofíticas o bosques inundados de árboles bajos, arbustos y matorrales. Su función es importante en cuanto brindan hábitat y refugio a la fauna tanto terrestre como acuática, retienen sedimentos transportados por los grandes ríos, ayudan a cuidar los litorales, suministran materia orgánica a los hábitats acuáticos y ofrecen materia prima a la población local (DNP-DDT-FAO 2003 y Aguilera 2004).

La diversidad ecosistémica permite que la región sea de gran importancia ecológica como albergue de diferentes especies de flora y fauna. Las más utilizadas para consumo local son las aves, los reptiles, los mamíferos acuáticos y terrestres, las palmas y las especies vegetales maderables; estas últimas utilizadas también para la venta hacia el exterior de la región (DNP-DDT-FAO 2003).

Uno de los grupos de animales más relevantes y afectados dada su importancia ecológica y comercial son las especies ícticas: de 41 especies reportadas, 15 son comercializadas. Teniendo en cuenta la producción pesquera total de la cuenca del Magdalena, las ciénagas aportan el 55%, demostrando su importancia en la conservación del recurso íctico; el cual

además de la explotación para su comercio, se enfrenta a otras amenazas como son la contaminación y la reducción de los cuerpos de agua (DNP-DDT-FAO 2003).

4.2. Características Demográficas

El núcleo de la Mojana está ubicado dentro de los límites de 4 departamentos, 11 municipios y 5 corporaciones y corresponde a la zona que se ve más afectada durante las temporadas invernales y las inundaciones en el territorio.

Por otro lado, la ecorregión de la Mojana incluye 17 municipios más para un total de 28, que sufren también pero en menor medida inundaciones ocasionales, distribuidos en los mismos departamentos: Antioquia, Bolívar, Córdoba y Sucre.

La población proyectada para la ecorregión de la Mojana para el 2011, según el último censo del DANE, es de 933.322 personas; 191.834 y 155.121 más que en 1993 y 2005 respectivamente. El aumento de la proyección ocurre de manera similar en el núcleo de la Mojana entre los años 1993 y 2011, donde las cifras indican un aumento de 24.974 personas, a pesar de que entre los años 1993 y 2005 hubo un decrecimiento de 5.223 habitantes. La población total del núcleo de la Mojana representa el 41,83% de la ecorregión, mientras que el municipio de Magangué, el de mayor población representa por sí solo el 13,19% de la ecorregión y el 31,54% del núcleo.

Este municipio presenta no solo la mayor cantidad de personas, sino además, la más alta densidad poblacional respecto a los demás municipios, con un aproximado entre 100 y 200 habitantes por kilómetro cuadrado frente a 14 municipios cuya densidad se ubica entre 0,1 y 30 habitantes por kilómetro cuadrado, 11 entre 30 y 60 y 2 entre 60 y 100. Al interior del núcleo, las cifras son considerablemente proporcionales: 7 municipios entre los 0,1 y 30 habitantes por kilómetro cuadrado, 3 entre 30 y 60 y Magangué, con la mayor densidad poblacional.

El promedio de la población con Necesidades Básicas Insatisfechas fue de 66,08% en la ecorregión y 70,88% en el núcleo para el año 2005; lo que demuestra una disminución con respecto a las cifras arrojadas por el censo del año 1993, donde los porcentajes eran de 75,55 y 79,91, en el mismo orden. Los mayores porcentajes los presentan los municipios de San Jacinto del Cauca, Tiquisio, Pinillos, Achí y Sucre; y los menores Montelíbano, El Bagre, Caucasia, Galeras y La Apartada. 23 de los 28 municipios de la ecorregión y 9 de los 11 del núcleo presentaron una disminución en el índice de NBI, entre los años 1993 y 2005; aquellos que aumentaron fueron Caucasia, Nechí, San Jacinto del Cauca, Tiquisio y El Roble.

Tabla 2. Población total, densidad de la población y NBI de los 28 municipios que conforman la ecorregión de la Mojana. Datos y proyecciones del DANE, 1993 y 2005 .

Municipio	Número de personas			Densidad de la población (N° habitantes por km ²)	NBI
	1999	2005	2011	2005	2005
Cáceres	24.131	28.145	33.950	0,1- 30	66,81
Caucasia	71.204	85.667	101.788	60-100	52,41
El Bagre	43.877	37.862	48.211	0,1- 30	50,75
Nechí	16.947	17.789	24.085	0,1- 30	68,13
Tarazá	27.097	30.633	38.191	0,1- 30	61,97
Zaragoza	24.819	25.173	29.228	0,1- 30	64,3
Achí	22.317	19.629	21.563	0,1- 30	80,74
Altos del Rosario	9.930	10.695	12.663	30- 60	68,83
Magangué	118.835	121.085	123.124	100- 200	54,39
Montecristo	13.778	11.212	19.351	0,1- 30	68,33
Pinillos	21.344	22.714	23.942	30- 60	81,05
San Jacinto del Cauca	8.689	7.204	12.331	0,1- 30	90,43
Tiquisio	15.579	18.714	20.523	0,1- 30	86,48
Ayapel	37.713	42.629	47.408	0,1- 30	61,55
La Apartada	11.487	12.728	14.142	30- 60	53,65
Montelíbano	65.055	69.277	74.284	30- 60	45,11
Pueblo Nuevo	27.606	31.754	35.562	30- 60	63,04
Puerto Libertador	26.104	33.966	41.924	0,1- 30	64,41
Buenavista	8.207	8.898	9.316	60- 100	57,15
Caimito	10.781	10.960	11.643	0,1- 30	68,06
El Roble	8.730	8.469	10.079	30- 60	71,58
Galeras	15.578	17.251	18.944	30- 60	53,11
Guaranda	14.701	15.080	16.587	30- 60	76,94
La Unión	9.807	10.279	10.807	30- 60	61,45
Majagual	32.022	31.213	32.561	30- 60	73,96
San Benito Abad	22.095	22.579	24.387	0,1- 30	67,06
San Marcos	46.298	50.336	54.364	30- 60	58,12
Sucre	23.470	21.716	22.364	0,1- 30	80,3
Total eco región	778.201	823.657	933.322	Promedio eco región	66,08
Total núcleo	353.868	360.220	390.417	Promedio núcleo	70,88

4.3. Economía y uso del suelo

A pesar de la diversidad de actividades económicas presentes, la producción primaria es la estructura que prevalece en la región. Lejos aún de la comercialización de productos con algún tipo de transformación y teniendo la agricultura, la ganadería y la pesca como las principales formas de explotación, la economía de la Mojana es altamente dependiente de los recursos naturales del agua y el suelo.

En el núcleo de la Mojana, sector correspondiente a los 11 municipios que se inundan con mayor frecuencia, los pastos son la cobertura predominante con un cubrimiento del 56% del

área total; por su parte, el área agrícola es de 9% y los bosques el 4%. En un estudio realizado para el Programa de Desarrollo Sostenible de la Región de La Mojana (PDSRM), se identificó que el 78% de la economía gira en torno a la ganadería, el 16% a la agricultura y el resto a la pesca y la caza.

La ganadería en la Mojana es de doble propósito y de tipo extensiva; para el 2003 el 76% de la actividad estaba concentrada en los municipios de Magangué, Ayapel, San Marcos, San Benito Abad y Majagual. En la región se encuentran también, aunque en menor medida, actividades productivas con otras especies como son las aves, los cerdos y los ovinos.

Los cultivos predominantes en la región son el arroz y el maíz mecanizado, el sorgo, la palma africana y el algodón como productos comerciales; el arroz y el maíz manual, la yuca, el plátano, el frijol y la patilla como productos de subsistencia y el cacao, el coco, el mango y la guayaba y otros cultivos que fueron importantes anteriormente como la caña panelera.

La comercialización del arroz es la actividad que más ingresos genera, además de constituir un producto básico en la alimentación de los habitantes de la Mojana. Según el II Censo Nacional Arrocerero, realizado en 1999, la mayor cantidad de hectáreas sembradas en arroz estaban ubicadas en los municipios de Majagual, Guaranda, San Jacinto del Cauca y Achí.

A pesar de que los datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural indican una gran cantidad de tierras cubiertas por bosques, diferentes estudios indican que los recursos forestales de la Mojana no son extensos ni valiosos para el mercado nacional y la región Caribe.

En el estudio realizado en el contexto del Programa de Desarrollo Sostenible de la Región de la Mojana (PDSRM), se identificaron las diferentes coberturas y la forma como se encuentran localizadas y distribuidas en la región:

- Los pastos o las zonas de aprovechamiento pecuario se encuentran comúnmente en las áreas de playón, las cuales se emplean estacionalmente, y las zonas que han sido convertidas en sabanas, que se utilizan de manera permanente. Estas áreas no son utilizadas en agricultura debido al alto riesgo que representan como consecuencia de la magnitud y duración de las inundaciones. Por otra parte, la ganadería transhumante, que consiste en la movilización de hatos por parte de grandes ganaderos desde diferentes lugares de la región, está directamente asociada a las zonas inundables que son aprovechadas únicamente durante las épocas de sequía.
- Las tierras utilizadas en agricultura se encuentran en el centro y sur de la región, en las zonas más altas, en las orillas de ríos y caños principales y en el complejo de diques y orillares de caños de menor importancia.
- La caza y la pesca, y las actividades extractivas en general, se realizan en las zonas de inundación. Estas dos actividades le dan importancia ecológica y económica a las

ciénagas y los zapales (ecosistemas típicos de la región) que han sido subestimados. La silvicultura por su parte está asociada a la zona emergida y las formaciones de rastrojo, cercar, relictos y zapales y constituye con las demás actividades extractivas una producción poco comercial pero que satisface las necesidades y la demanda de la población local.

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de estudio

Estudio descriptivo cuyo abordaje al objeto de estudio se realiza mediante una aproximación analítica a los contenidos y lineamiento de los planes, programas y proyectos más relevantes que se han llevado a cabo en los últimos 10 años por concepto de prevención, mitigación y compensación de daños causados por las inundaciones, límites del área afectada durante los últimos tres grandes episodios de inundación en el sector de la Mojana y características de la población local afectada durante el periodo de 1988 a 2012.

5.2. Metodología

El abordaje metodológico de presente estudio, consta de tres grandes componentes que se enuncian a continuación:

5.2.1. Aproximación descriptiva analítica a los planes, programas y proyectos

Para este fin se seleccionaron y revisaron los planes, programas y proyectos más relevantes que se han llevado a cabo en los últimos 10 años (período de tiempo para el cual existe información confiable disponible) por parte del Gobierno Nacional en la región de La Mojana.

La información fue obtenida a través de la página web del Departamento Nacional de Planeación, ente gubernamental participante en la elaboración de la mayoría de proyectos. Igualmente fueron consultados los catálogos de las bibliotecas Luis Ángel Arango, Virgilio Barco, Alfonso Borrero Cabal S.J. (Pontificia Universidad Javeriana), Agropecuaria de Colombia (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) y el Sistema Nacional de Bibliotecas (Universidad Nacional de Colombia) y; los de los Portales Web de las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción en la región: CORPOMOJANA, CORANTIOQUIA, CARSUCRE y CBS.

5.2.2. Delimitación del área afectada por las inundaciones

Para el desarrollo de este componente se utilizaron imágenes del sensor MODIS a bordo del satélite TERRA, lanzado en febrero del año 2000, las cuales son distribuidas de manera gratuita a través del “Earth Observing System Data Gateway” (EOS, 2006). El producto elegido fue “MODIS/TERRA SURFACE REFLECTANCE8-DAY L3 GLOBAL 500 M SIN GRID V004”, el cual tiene una resolución espacial de 500 metros y temporal de 8 días, y cuenta con corrección atmosférica previamente realizada. Estas imágenes corresponden a una estimación de la reflectancia espectral de la superficie terrestre en las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, ubicadas en 648 nm, 858 nm, 470 nm, 555 nm, 1240 nm, 1640 nmy 2130 nm, respectivamente.

Para la selección de las imágenes se utilizó información bibliográfica donde están registradas las fechas aproximadas de las mayores inundaciones en la región en los últimos años, igualmente se rectificaron estos datos con los valores medios mensuales del nivel del agua de dos estaciones de limnimétricas ubicadas en la Ciénaga de Ayapel y el Caño Mojana. Finalmente se hizo una selección de las mejores imágenes en términos de visibilidad, es decir, aquellas que presentaban menor cantidad de nubes.

5.2.3. Comparación de la población damnificada y los apoyos económicos reportados por concepto de inundaciones en el período 1998-2012

En la última parte de este trabajo se recopiló la información para el análisis de población afectada entre los años 1998 y 2012. Los datos fueron extraídos de los reportes “Consolidado de Atención de Emergencias” del portal del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Este organismo recopila la información suministrada por las instituciones encargadas de la atención de emergencias y desastres en Colombia: la Crepad’S CLOPAD’S, la Defensa Civil Colombiana, la Cruz Roja Colombiana y el Sistema Nacional de Bomberos.

A pesar de la colaboración de parte de muchas Organizaciones No Gubernamentales y otros organismos internacionales durante las catástrofes, estos datos no fueron tenidos en cuenta en este trabajo pues al no tener una fuente confiable para todo el tiempo de estudio pueden presentarse sesgos al ser analizados.

5.3. Análisis de la información

5.3.1. Aproximación descriptiva analítica a los planes, programas y proyectos

Para la sistematización y análisis de la información de los hallazgos correspondientes a este componente, se utilizó un instrumento tipo matriz (Cuadro 2) previamente diseñado para este fin, teniendo como criterios de evaluación las siguientes variables:

- Objetivo general
- Población beneficiada
- Monto de la inversión
- Medidas implementadas para el manejo de las inundaciones
- Seguimiento y monitoreo a las medidas implementadas

Se realizó una comparación de los diferentes programas, teniendo en cuenta estos criterios, para posteriormente analizarlos a la luz de lo que la literatura refiere con respecto a la problemática.

Criterios de valoración Programas	Objetivo general	Población beneficiada	Monto de la inversión
Programa 1			
Programa 2			
Programa 3			

Cuadro 2. Formato matriz descriptiva de los planes y programas implementados en La Mojana

Las estrategias específicas empleadas para el manejo del riesgo de las inundaciones fueron descritas con más detalle y clasificadas según el tipo de medida (estructural, no estructural y de atención de emergencias) al que correspondían, utilizando una segunda matriz (Cuadro 3).

Estrategia \ Criterios de valoración	Programa	Seguimiento y monitoreo (Sí/ No)	Monto de la inversión	Tipo de medida
Estrategia 1				
Estrategia 2				
Estrategia 3				

Cuadro 3. Formato matriz descriptiva de las medidas implementadas en el manejo de las inundaciones en La Mojana

5.3.2. Delimitación del área afectada por las inundaciones durante los últimos tres grandes episodios de las mismas

Para el procesamiento digital de las imágenes se utilizaron los programas ENVI y ArcGIS, a través de los cuales se calcularon los índices:

- $LSWI$ (Land Surface Water Index) = $(NIR - SWIR)/(NIR + SWIR)$
- EVI (Enhanced Vegetation Index) = $2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)$
- $DVEL$ (Difference Value between EVI and $LSWI$) = $EVI - LSWI$

** NIR corresponde a la banda 2, RED a la banda 1, $BLUE$ a la banda 3 y $SWIR$ a la banda 6

Estos índices fueron elegidos porque han sido utilizados en estudios similares (Xiao *et al.* 2006, 2007, Sakamoto *et al.* 2007 y Yan *et al.* 2010) para el monitoreo de inundaciones en diferentes lugares del mundo debido a la alta sensibilidad a la humedad de la banda 6 correspondiente al infrarrojo de onda corta ($SWIR$). EVI es un índice de vegetación, $LSWI$ se utiliza para observar la cantidad de agua en la superficie de la tierra, y combina la información de contenido de agua en la vegetación y el fondo, y el $DVEL$ es la diferencia entre los anteriores y se espera que reduzca el efecto de la vegetación para un mejor monitoreo del agua en el suelo (Yan-Er Yan *et al.*, 2010).

Posteriormente se calcularon los valores de los índices en las coberturas agua, tierra y tierra encharcada y se hicieron diferentes clasificaciones utilizando estos resultados. Finalmente, sólo se muestran en los resultados la delimitación con el índice DVEL, el cual mostraba una mejor diferenciación de la zona inundada.

Además del cálculo de los índices se realizó con la ayuda del programa ENVI una clasificación supervisada por el método de Mínima Distancia, lo cual permitió hacer una comparación y rectificación de los resultados obtenidos con el índice.

5.3.3. Comparación de la población damnificada y los apoyos económicos reportados por concepto de inundaciones en el período 1998-2012

Los datos obtenidos sobre la población damnificada y la inversión por concepto de emergencias, fueron analizados a través de:

- Cálculo de la población damnificada total anual en la ecorregión y el núcleo,
- comparaciones en el rango de tiempo elegido,
- comparaciones con los promedios nacionales.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción de los planes y programas

En el transcurso de los últimos 10 años, se han publicado 4 grandes programas para el desarrollo de La Mojana, que tienen una meta común de mejorar las condiciones de vida y asegurar el bienestar de su población. Para lograr este fin, cada programa fue diseñado de diferente manera.

El primero, publicado en el año 2003 por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), fue el “Programa para el Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana”. Como se mencionó, tenía el objetivo de mejorar las condiciones de vida de la población a través del uso sostenible de la oferta natural, y para hacerlo, abarcó múltiples temas, donde la problemática de las inundaciones no quedó definida en un capítulo aparte, sino que fue tratada de manera transversal dentro de los demás proyectos.

El segundo, la “Estrategia para la Reactivación Económica y Social de la región de La Mojana”, fue expedida en el año 2006 a través del Documento CONPES 3421 del DNP. A diferencia del primer programa, este además de perseguir esa meta común, fue diseñado en un momento en el que se necesitaban acciones inmediatas para remediar el desastre que dejó la ola invernal del año 2005; de esta manera el objetivo específico de este documento era mejorar las condiciones de vida y el bienestar de la comunidad a través del ordenamiento ambiental y un manejo adecuado del sistema hidráulico de la región, contribuyendo a la reactivación económica y social de la Región de La Mojana. Este programa estaba por lo tanto mucho más centrado que el anterior en el tratamiento de la problemática de las inundaciones.

El Plan de Acciones Regionales Prioritarias para la Región de La Mojana salió a la luz en el año 2008 y fue elaborado por el DNP en convenio con el Programa de las Naciones Unidas en Colombia (PNUD) y la Dirección de Prevención y Atención de Desastres del Ministerio del Interior y de Justicia (DPAD). Su objetivo era reunir y priorizar las acciones que debían implementarse en la región, tomando como principal metodología la delimitación de áreas de desarrollo territorial. En el documento se especificaron estrategias que no iban dirigidas únicamente al manejo de las inundaciones, sino también a otros objetos de desarrollo en la región.

El último programa, aún no disponible para el público, fue preparado por la Universidad Nacional de Colombia y el DNP y socializado por primera vez el 23 de marzo del presente año.

En el Cuadro 4 se describen aspectos generales de los planes y programas identificados para el desarrollo de La Mojana. Y en el Cuadro 5 se identifican y describen algunas

características de las estrategias que se han diseñado para el manejo de las inundaciones, el monto que se ha invertido en cada una y el tipo de medida según la clasificación de Marsalek 2000 y Miller 1997. En la Tabla 2 se hace un resumen del número y la inversión en las medidas identificadas.

Criterios de valoración	Objetivo general	Población beneficiada	Monto de la inversión
Programa para el Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana (2000-2004)	Promover el uso sostenible de la oferta natural de la región de La Mojana en particular, mejorar los ingresos y las condiciones de vida de la población, asegurar la integración regional y favorecer la convivencia pacífica.	En sus primeros cinco años de ejecución un máximo de 25.000 personas de los municipios: Caimito, san Benito Abad, Sucre, Achí, Majagual, Guaranda y San Jacinto del Cauca. Se encuentran pescadores, mujeres en fauna y agricultura, parceleros, indígenas, pequeños agricultores, campesinos sin tierra y personas en riesgo de inundación.	\$77,610,278
Estrategia para la Reactivación Económica y Social de la región de La Mojana- CONPES 3421 de 2006	Contribuir a la reactivación económica y social de la Región de La Mojana y mejorar las condiciones de vida y el bienestar de la comunidad a través del ordenamiento ambiental y un manejo adecuado del sistema hidráulico de la región.	Municipios afectados por la ola invernal de 2005 (Magangué, San Jacinto del Cauca, Ayapel, Majagual, San Marcos, Caimito, San Benito Abad, Sucre, Guaranda, Montecristo, Tiquisio y Nechí) y a largo plazo toda la Eco Región de La Mojana.	\$192,138,000,000
Plan de Acciones Regionales Prioritarias para la Región de La Mojana (2008)	Conjunto de directrices, estrategias, acciones y proyectos regionales, integrados, priorizados y concertados por los actores locales para lograr la recuperación y el desarrollo sostenible de la región de la Mojana. Busca definir una estrategia de desarrollo regional, a mediano y largo plazo, que permita orientar y priorizar la ejecución de programas y proyectos estratégicos en el marco de las directrices del CONPES 3421 y del PDSM.	Para los cuatro departamentos, junto con los 28 municipios de la Mojana. No se especifica la población objeto. Se concentra en suministrar conceptos e instrumentos metodológicos para concebir estrategias de desarrollo territorial apropiadas para los cuatro departamentos, junto con los 28 municipios de la Mojana.	No está especificado
Plan Integral para el desarrollo de La Mojana	Aún no publicado	Aún no publicado	Aún no publicado

Cuadro 4. Descripción de aspectos generales de los planes y programas implementados en la región.

Estrategia \ Criterios de valoración	Programa	Seguimiento y monitoreo	Monto de la inversión	Clasificación (tipo de medida)
Realizar los planes de ordenamiento para el uso sostenible de la Región de La Mojana	Programa para el Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana (2000- 2004)	No	\$2.600.000.000	No Estructural

Realización de estudios que permitan conocer la dinámica fluvial e hidrológica de La Mojana		No	\$3.296.450.000	No Estructural
Recuperación y apropiación comunitaria del modelo de agricultura prehispánica (camellones zenúes)		No	\$350.000.000	Estructural
Propiciar el conocimiento sobre la oferta natural, variaciones climatológicas, conocimiento y aprovechamiento de la flora nativa, y el desarrollo paulatino de tecnologías apropiadas a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de los agricultores		No	\$2.000.000.000	No estructural
Realizar predicciones climáticas tempranas de largo plazo (con 3 a 6 meses de antelación) sobre la ocurrencia de los eventos meteorológicos El Niño y La Niña, y evaluar sus efectos en la climatología de La Mojana y los sistemas productivos regionales.		No	\$680.600.000	No Estructural
Evaluación de las relaciones clima- cultivo y aplicación de modelos agroclimáticos para el manejo tecnificado de los cultivos y riego complementario		No	\$7.527.800.000	No Estructural
Complementación de la red hidrometeorológica a través del establecimiento de estaciones climatológicas y limnimétricas.		No	\$1.031.000.000	No Estructural
Modelación matemática del balance hídrico y del comportamiento de los sedimentos.		No	\$254.000.000	No Estructural
Definición de derechos de uso, propiedad y delimitación de las tierras y zonas con restricción ambiental.		No	\$5.075.000.000	No Estructural
Dique y compuertas Nechí-Guaranda		No	No determinado	Estructural
Asistencia humanitaria (Plan de emergencia: atención de las inundaciones en la Región de La Mojana)	Estrategia para la Reactivación Económica y Social de la región de La Mojana- CONPES 3421 de 2006	No	\$1.877.000.000	Atención de emergencias
Rehabilitación ambiental caño Mojana y construcción obras Potrero Nuevo y Boca del Cura		No	\$3.451.000.000	Estructural
Prevención y atención de		No	\$720.000.000	No

desastres en la Región de La Mojana				Estructural
Apoyo a proyectos productivos pecuarios y pesqueros		No	\$1.883.000.000	No Estructural
Crédito para reactivación de la producción		No	\$21.000.000.000	Atención de emergencias
Rehabilitación sanitaria		No	\$100.000.000	Atención a emergencias
Trabajo interinstitucional y participación comunitaria, consolidación y reactivación de los comités locales y regionales de emergencia		No	\$50.000.000	No Estructural
Solución de vivienda (Vivienda rural)		No	\$3.672.000.000	Atención a emergencias
Ordenamiento territorial (asistencia técnica para prevención de riesgos) y asistencia técnica a municipios y regiones para el fortalecimiento del componente de prevención y reducción de riesgos en los POT		No	No especificado	No Estructural
Dique y compuertas, canales de drenaje y riego, estructuras de control hidráulico y el terraplén de la vía San Marcos- Majagual- Achí.		Sí	\$120.000.000.000	Estructural
Delimitación de humedales prioritarios		No	\$914.000.000	No Estructural
Reforestación con Plantaciones Protectoras-Productoras y Control de Inundaciones en la Región de La Mojana		No	\$1.791.000.000	No Estructural
Implementación de acciones prioritarias para el manejo de humedales en la Región de La Mojana		No	\$318.000.000	No Estructural
Proyecto de Recuperación, manejo y revegetalización de caños		No	\$330.000.000	No Estructural
Formulación del Plan de Manejo Ambiental de la Ciénaga de Ayapel		No	\$380.000.000	No Estructural
Proyectos sostenibles en la zona de Ayapel		No	\$500.000.000	No Estructural
Reglamentación del río San Jorge		No	\$100.000.000	No Estructural
Alerta temprana por inundación		No	\$50.000.000	No Estructural
Limpieza de Caños		No	\$100.000.000	Estructural
Control de inundaciones por medio de infraestructura	Plan de acciones regionales prioritarias para el desarrollo sustentable de la Mojana (2008)	No	No especificado	Estructural
Adecuación de tierras por medio de infraestructura		No	No especificado	Estructural
Reforestación y recuperación del Caño Mojana		No	No especificado	No Estructural
Administración, protección y		No	No especificado	No

conservación de las tierras: usos según aptitud y titulación de tierras.			Estructural
Promoción de instituciones subregionales	No	No especificado	No Estructural
Investigación y educación para la sustentabilidad ambiental.	No	No especificado	No Estructural
Reordenamiento territorial. POT municipales. POT regional.	No	No especificado	No Estructural
Zonas de reserva natural. Áreas protegidas.	No	No especificado	No Estructural
Recuperación de ciénagas y caños.	No	No especificado	No Estructural
Dragado de caños, ciénagas y ríos.	No	No especificado	Estructural
Construcción de jarillones de defensa	No	No especificado	Estructural
Construcción de compuertas y mallas protectoras en las bocas de las ciénagas	No	No especificado	Estructural
Reubicación de habitantes en riesgo	No	No especificado	No Estructural
Limpieza de caños	No	No especificado	No Estructural
Construcción de muralla	No	No especificado	Estructural
Terraplén caño Carate	No	No especificado	Estructural

Cuadro 5. Descripción y clasificación de las estrategias dirigidas directamente al manejo de las inundaciones.

Tabla 3. Síntesis de frecuencia de aparición e inversión según el tipo de estrategias implementadas.

Categoría	Número de estrategias planteadas	Inversión total
Medidas No Estructurales	29	\$ 29.500.850.000
Medidas Estructurales	12	\$ 123.901.000.000
Medidas de Atención de Emergencias	4	\$ 26.649.000.000
Total	45	\$ 180.050.850.000

6.2. Dinámica de las inundaciones

Elección de las imágenes

En total fueron elegidas 5 imágenes (Fig. 10), distribuidas de la siguiente manera:

- Línea base del análisis de las inundaciones (imágenes correspondientes a época seca en la región): Febrero de 2001 y Abril de 2004.
- Época de inundación: Diciembre de 2005, Noviembre de 2007 y Octubre de 2010. Estas imágenes fueron elegidas teniendo en cuenta como primer criterio de selección la información bibliográfica sobre los grandes episodios de inundación y en segunda

instancia la rectificación de los datos con los niveles medios de agua en las estaciones consultadas (Tablas 4 y 5 y Figuras 8, 9, 10 y 11).

Tabla 4. Niveles de agua (cm) en la estación limnimétrica Ciénaga de Ayapel.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	529	393	330	289	402	521	585	604	624	627	595	541	503
2001	417	307	260	290	289	420	449	471	515	568	570	516	423
2002	437	-	313	349	429	505	567	578	580	588	554	569	497
2003	538	395	319	264	369	442	494	-	558	564	582	604	466
2004	501	363	283	254	346	501	515	525	553	576	563	492	456
2005	366	294	253	263	386	525	578	576	588	-	-	-	425
2006	528	396	309	315	448	532	512	521	545	522	502	452	465
2007	370	292	249	309	443	553	-	-	584	583	650	607	464
2008	548	403	300	265	-	-	591	589	585	623	581	602	509
2009	455	343	284	307	395	474	542	565	540	500	491	429	444
2010	333	262	257	297	413	532	598	639	672	678	687	690	505
MEDIO	428	323	276	282	374	464	519	554	563	566	557	520	452

Nivel medio mensual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010

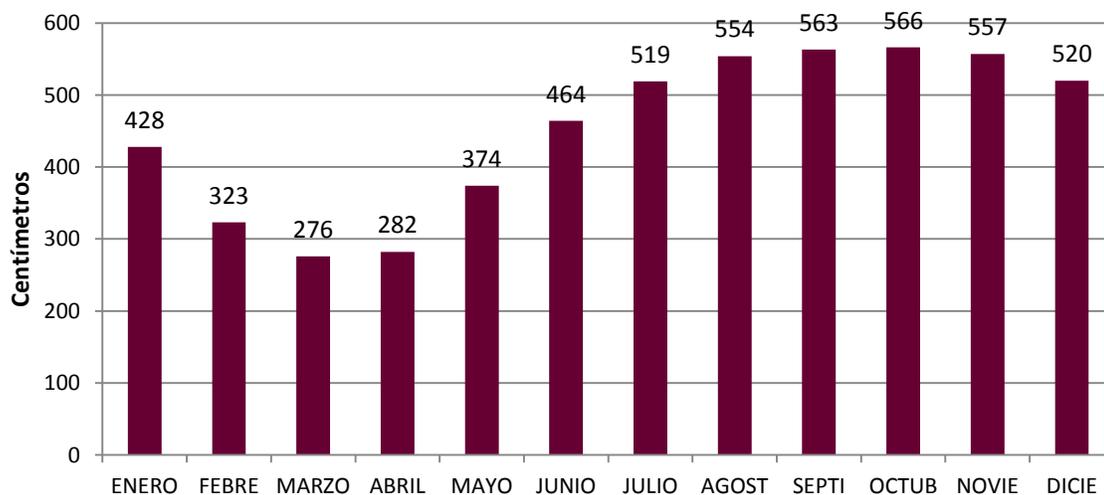


Figura 6. Nivel medio mensual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010

Nivel medio anual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010

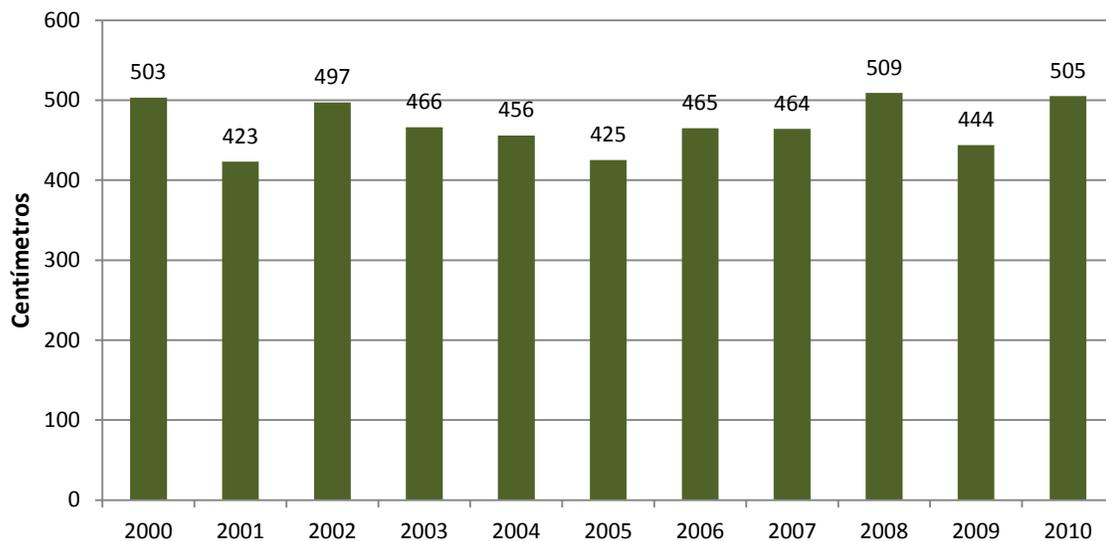


Figura 7. Nivel medio anual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010

Tabla 5. Niveles de agua (cm) en la estación limnimétrica Caño Mojana.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2003	-	-	-	-	-	-	300	301	283	302	333	263	297
2004	-	-	-	120	176	194	218	-	-	-	361	281	225
2005	148	128	133	167	193	223	333	302	315	-	-	-	216
2006	139	122	-	131	254	314	268	271	285	239	277	200	227
2007	119	110	-	169	282	503	295	308	287	283	252	165	252
2008	117	105	105	129	216	282	309	309	294	282	358	391	241
2009	135	112	124	109	145	180	183	315	312	228	256	153	188
2010	122	118	120	136	245	285	381	503	471	398	371	336	291
MEDIO	106	87	80	107	206	244	289	312	322	298	311	273	219

Nivel medio mensual (cm) del Caño Mojana entre los años 2003 y 2010

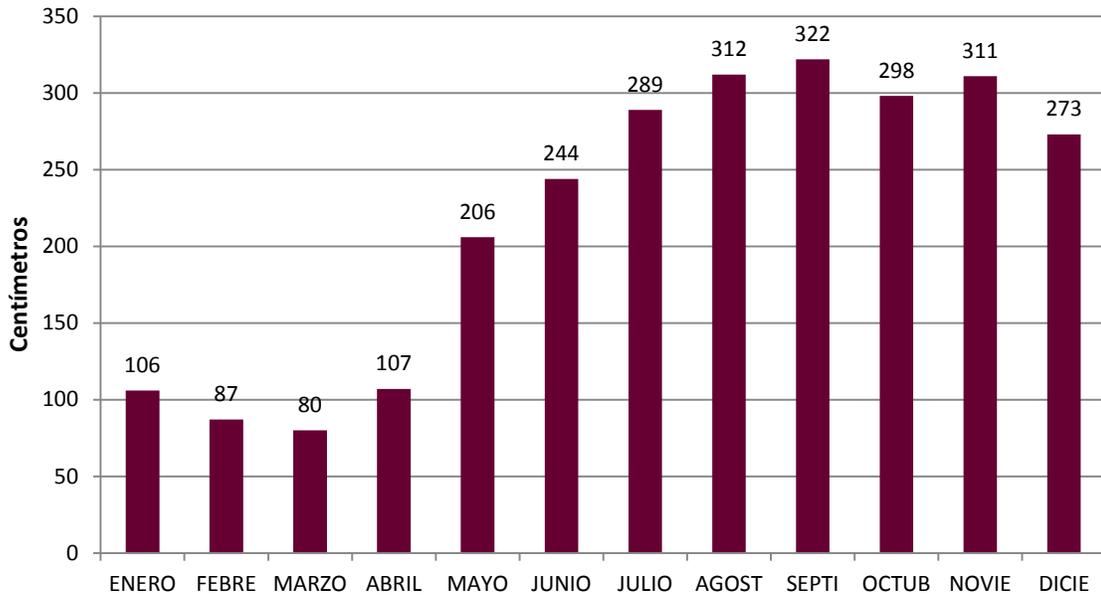


Figura 8. Nivel medio mensual (cm) del Caño Mojana entre los años 2000 y 2010

Nivel medio anual (cm) del Caño Mojana entre los años 2003 y 2010

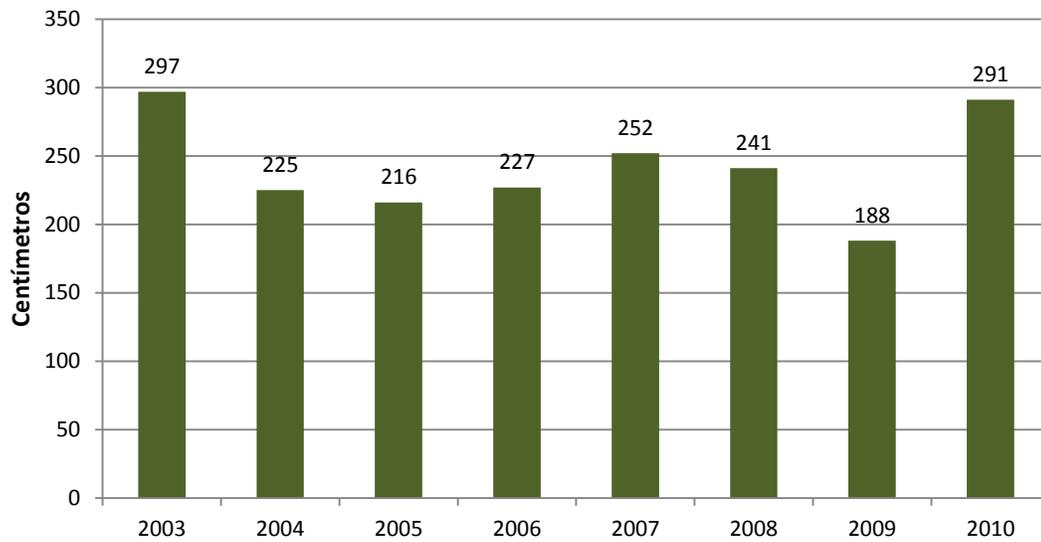
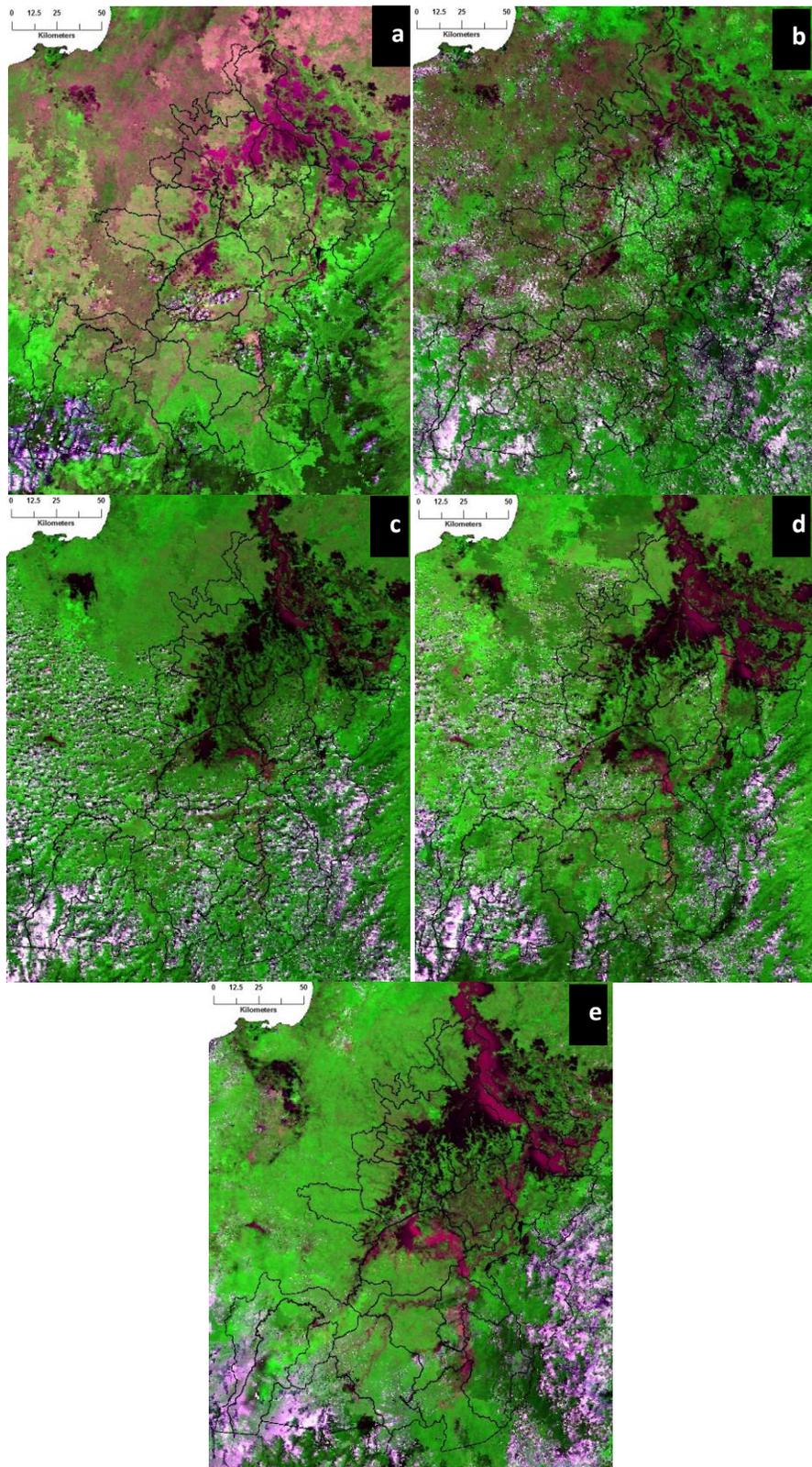


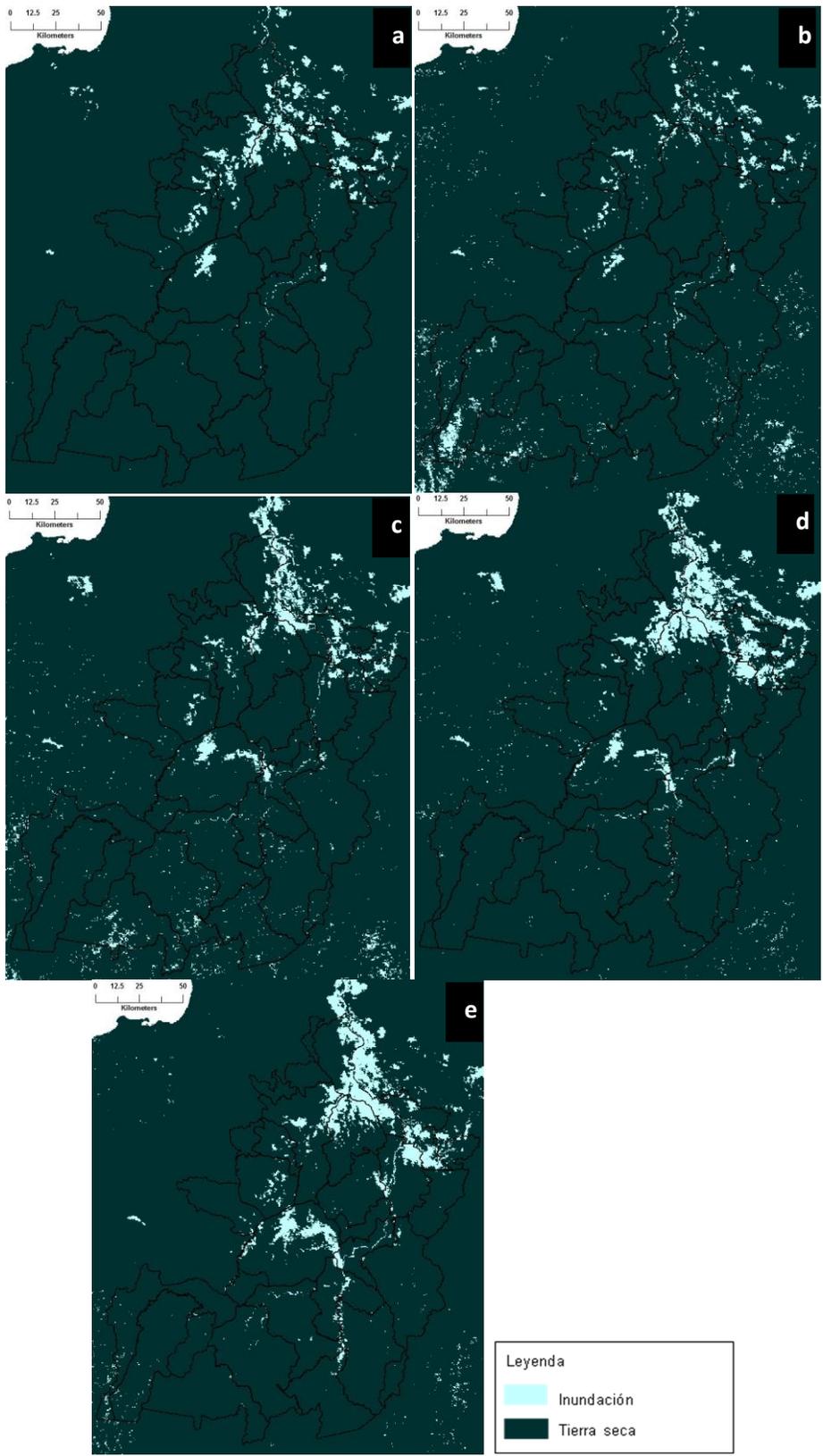
Figura 9. Nivel medio anual (cm) de la Ciénaga de Ayapel entre los años 2000 y 2010.



(Página anterior) Figura 10. Imágenes MODIS (MOD09A1) en RGB (bandas 1, 2 y 3). La zona delimitada corresponde a la región de La Mojana. Las fechas de las imágenes son: a) Febrero de 2001, b) Abril de 2004, c) Diciembre de 2005, d) Noviembre de 2007 y e) Octubre de 2010.

Área de inundación según el índice DVEL

Al aplicar los índices de vegetación a las imágenes seleccionadas, se observó que aquel que daba un mejor resultado para la identificación de píxeles con humedad y por lo tanto la delimitación y comparación del área de inundación, fue el DVEL, el cual es el resultado de la diferencia entre EVI y LSWI (Fig. 11). En la Tabla 6 y la Figura 12 se encuentra el área inundada por municipio calculada a través del índice para las imágenes de las fechas elegidas.



(Página anterior) Figura 11. Área inundada a través del índice DVEL. La zona delimitada corresponde a la región de La Mojana. Las fechas de las imágenes son: a) Febrero de 2001, b) Abril de 2004, c) Diciembre de 2005, d) Noviembre de 2007 y e) Octubre de 2010.

Tabla 6. Área inundada por municipio calculada a través del índice DVEL (* Municipios del núcleo)

MUNICIPIO	ÁREA INUNDADA (ha)				
	Febrero 2001	Abril 2004	Diciembre 2005	Noviembre 2007	Octubre 2010
PUEBLO NUEVO	279.06	321.99	435.97	865.25	858.63
AYAPEL*	9,423.52	5,366.47	16,750.39	16,595.55	35,762.13
PUERTO LIBERTADOR	0	17,666.41	275.35	103.83	1,094.76
SUCRE*	16,936.57	3,777.99	10,991.01	29,003.27	27,004.06
MAJAGUAL*	0	0	80.31	242.27	3,262.81
PINILLOS	15,798.88	8,715.14	15,408.06	27,030.5	24,406.69
ACHI*	2,575.9	1,953.39	5,013.64	12,511.56	16,314.06
ALTOS DEL ROSARIO	1,416.75	472.25	5,357.83	5,018.47	4,099.98
TIQUISIO	493.71	171.73	309.77	501.85	386.39
ZARAGOZA	0	343.45	1,778.29	380.71	2,103.65
EL BAGRE	64.4	2,296.85	2,042.17	1,055.61	3,649.2
NECHI*	407.85	1,695.8	1,021.09	3,478.32	4,894.22
BUENAVISTA	85.86	0	378.6	138.44	837.17
LA APARTADA	0	42.93	183.57	0	193.19
MONTELIBANO	0	3,305.74	1,296.43	588.37	1,846.06
GALERAS	0	0	0	17.31	0
EL ROBLE	0	0	0	86.53	0
SAN BENITO ABAD*	21,508.8	7,555.99	10,268.22	21,302.52	16,743.38
GUARANDA*	0	42.93	1,296.43	121.14	107.33
CAIMITO*	3,928.25	2,339.78	1,709.46	1,315.18	1,760.2
SAN MARCOS*	5,666.99	3,112.55	3,338.6	1,419.01	4,894.22
MAGANGUE*	14,532.39	8,178.5	21,741.08	33,364.15	42,502.42
MONTECRISTO	1,674.34	3,026.69	2,065.12	2,370.79	1,545.54
SAN JACINTO DEL CAUCA*	1,137.69	1,631.41	4,474.42	4,880.03	5,795.78
LA UNION	0	21.47	0	17.31	0.00
CAUCASIA	128.8	622.51	1,560.31	1,436.32	1,781.67
CACERES	85.86	1,459.68	4,382.64	346.1	1,245.02
TARAZA	21.47	4,915.68	8,684.96	155.75	193.19
TOTAL	96,167.09	79,037.32	120,843.72	164,346.12	203,281.76
TOTAL NUCLEO	76,117.97	35,654.81	76,684.65	124,233.00	159,040.61

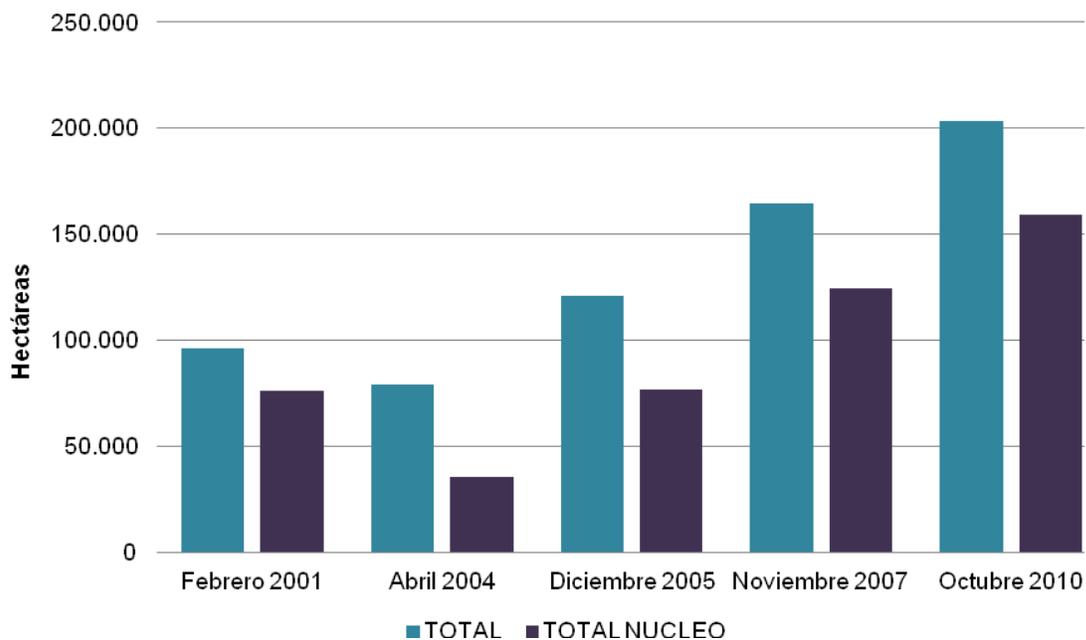
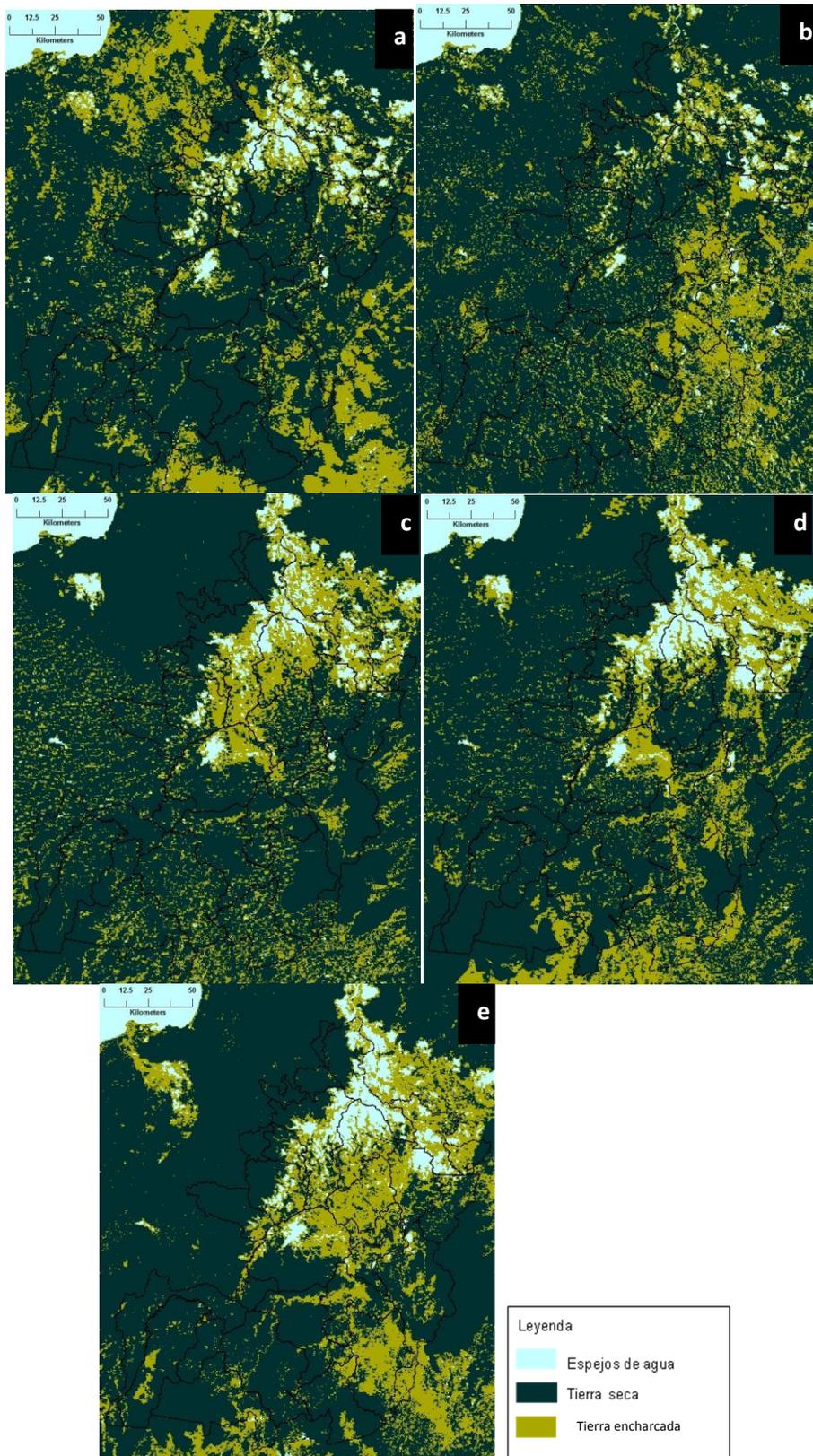


Figura 12. Área inundada calculada con el índice DVEL

Área de inundación según la clasificación Supervisada de Mínima Distancia

La Clasificación Supervisada que mejor diferenciaba los píxeles inundados fue la de Mínima Distancia. Para calcular el área de inundación se utilizaron tres regiones de interés: tierra seca, espejos de agua y tierra encharcada (Fig. 13). En las Tablas 7, 8 y 9 y las Figura 14,15 y 16 se encuentra el área inundada por municipio calculada a través de la clasificación para las imágenes de las fechas elegidas.



(Página anterior) Figura 13. Clasificación supervisada por Mínima Distancia de las imágenes anteriores. La zona delimitada corresponde a la región de La Mojana. Las fechas de las imágenes son: a) Febrero de 2001, b) Abril de 2004, c) Diciembre de 2005, d) Noviembre de 2007 y e) Octubre de 2010.

Tabla 7. Área de Espejos de agua calculada a través de Clasificación Supervisada de Mínima Distancia (* Municipios del núcleo)

MUNICIPIO	AREA INUNDADA- ESPEJOS DE AGUA (ha)				
	Febrero 2001	Abril 2004	Diciembre 2005	Noviembre 2007	Octubre 2010
PUEBLO NUEVO	515.18	257.59	474.27	415.32	665.44
AYAPEL*	12,707.79	6,461.23	14,130.53	13,324.89	15,949.14
PUERTO LIBERTADOR	150.26	21.47	27.9	0	64.4
SUCRE*	23,955.91	4,228.78	20,965.64	36,755.94	42,931.73
MAJAGUAL*	64.4	343.45	683.51	571.07	1,889.00
PINILLOS	21,916.65	12,729.26	16,808.78	24,850.06	23,805.65
ACHI*	5,452.33	7,148.13	6,779.31	12,148.15	15,519.82
ALTOS DEL ROSARIO	2,060.72	1,030.36	2,022.63	3,685.98	1,674.34
TIQUISIO	880.10	1,567.01	683.51	726.81	1,159.16
ZARAGOZA	0	837.17	1,032.24	0	42.93
EL BAGRE	171.73	4,057.05	404.53	0	64.4
NECHI*	429.32	944.5	432.43	674.9	579.58
BUENAVISTA	193.19	107.33	502.17	224.97	300.52
LA APARTADA	0	107.33	13.95	0	0
MONTELIBANO	214.66	536.65	306.88	121.14	21.47
GALERAS	0	0	0	34.61	0
EL ROBLE	0	0	0	69.22	0
SAN BENITO ABAD*	23,269	7,234	24,717.97	32,360.45	33,851.67
GUARANDA*	21.47	193.19	585.87	0	107.33
CAIMITO*	4,615.16	1,330.88	1,980.79	1,661.29	3,348.68
SAN MARCOS*	7,319.86	1,889	7,211.73	4,758.89	8,715.14
MAGANGUE*	20,993.62	7,770.64	23,323.05	30,387.68	36,899.83
MONTECRISTO	2,511.51	12,900.99	2,050.53	3,426.40	3,456.00
SAN JACINTO DEL CAUCA*	751.31	1,459.68	320.83	830.64	1,073.29
LA UNION	0	0	97.64	0	0
CAUCASIA	450.78	622.51	418.48	0	85.86
CACERES	686.91	2,125.12	488.22	34.61	64.4
TARAZA	643.98	493.71	669.56	0	686.91
TOTAL	129,975.83	76,397.02	127,132.95	167,063.01	192,956.68
TOTAL NUCLEO	99,580.16	39,003.48	101,131.65	133,473.90	160,865.21

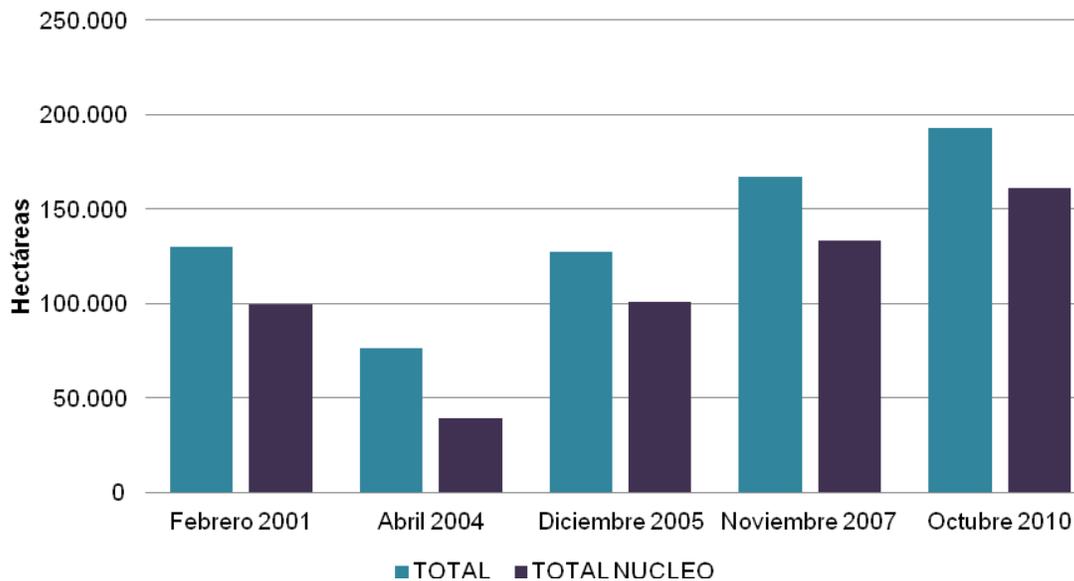


Figura 14. Área de Espejos de agua calculada por Clasificación Supervisada de Mínima Distancia

Tabla 8. Área de Tierra saturada de agua calculada a través de Clasificación Supervisada de Mínima Distancia (* Municipios del núcleo).

MUNICIPIO	AREA INUNDADA- TIERRA ENCHARCADA(ha)				
	Febrero 2001	Abril 2004	Diciembre 2005	Noviembre 2007	Octubre 2010
PUEBLO NUEVO	5,666.99	6,783.21	10,210.81	9,829.27	9,874.3
AYAPEL*	24,192.03	26,445.95	56,703.47	74,117.55	73,370.33
PUERTO LIBERTADOR	14,918.78	15,219.3	10,196.86	6,558.62	17,387.35
SUCRE*	32,413.46	23,891.51	69,662.27	37,638.5	49,070.97
MAJAGUAL*	7,126.67	32,864.24	33,757.05	13,117.23	80,582.87
PINILLOS	30,481.53	29,708.76	48,501.35	42,483.91	45,142.72
ACHI*	20,628.7	33,465.29	23,364.9	35,319.62	45,271.51
ALTOS DEL ROSARIO	9,165.93	8,908.33	14,074.74	13,930.57	18,975.83
TIQUISIO	12,514.6	25,973.7	6,584.02	13,428.72	16,593.12
ZARAGOZA	4,185.84	29,172.11	28,023.93	48,609.90	21,530.26
EL BAGRE	48,684.59	74,057.24	17,464.39	45,512.30	92,754.01
NECHI*	16,228.2	47,461.03	11,814.97	27,964.97	37,007.16
BUENAVISTA	18,224.52	5,044.48	8,829.84	6,939.33	8,006.77
LA APARTADA	1,846.06	2,790.56	1,450.72	1,297.88	2,253.92
MONTELIBANO	11,205.18	25,286.79	12,414.78	12,096.23	8,049.7
GALERAS	4,014.12	1,738.74	376.63	588.37	729.84
EL ROBLE	10,883.19	1,373.82	13.95	830.64	150.26

SAN BENITO ABAD*	49,843.74	27,411.91	75,102.46	51,222.97	59,975.63
GUARANDA*	3,498.94	22,582.09	8,369.52	3,357.18	22,582.09
CAIMITO*	18,138.66	9,058.6	13,293.58	11,213.68	12,943.92
SAN MARCOS*	16,271.13	16,700.44	30,939.31	21,406.35	28,635.47
MAGANGUE*	42,566.81	27,733.9	35,933.12	28,674.48	27,862.7
MONTECRISTO	53,278.28	113,618.84	26,991.69	63,059.62	60,963.06
SAN JACINTO DEL CAUCA*	7,920.91	31,125.51	16,571.64	24,071.33	26,531.81
LA UNION	4,443.43	1,567.01	2,301.62	951.78	0
CAUCASIA	8,521.95	33,851.67	15,706.79	20,212.31	18,696.77
CACERES	19,920.32	30,052.21	29,223.56	30,456.90	11,956.49
TARAZA	33,679.95	16,721.91	30,200	28,622.56	22,195.71
TOTAL	530,464.51	720,609.17	638,077.96	673,512.78	819,094.57
TOTAL NUCLEO	238,829.24	298,740.48	375,512.29	328,103.86	463,834.46

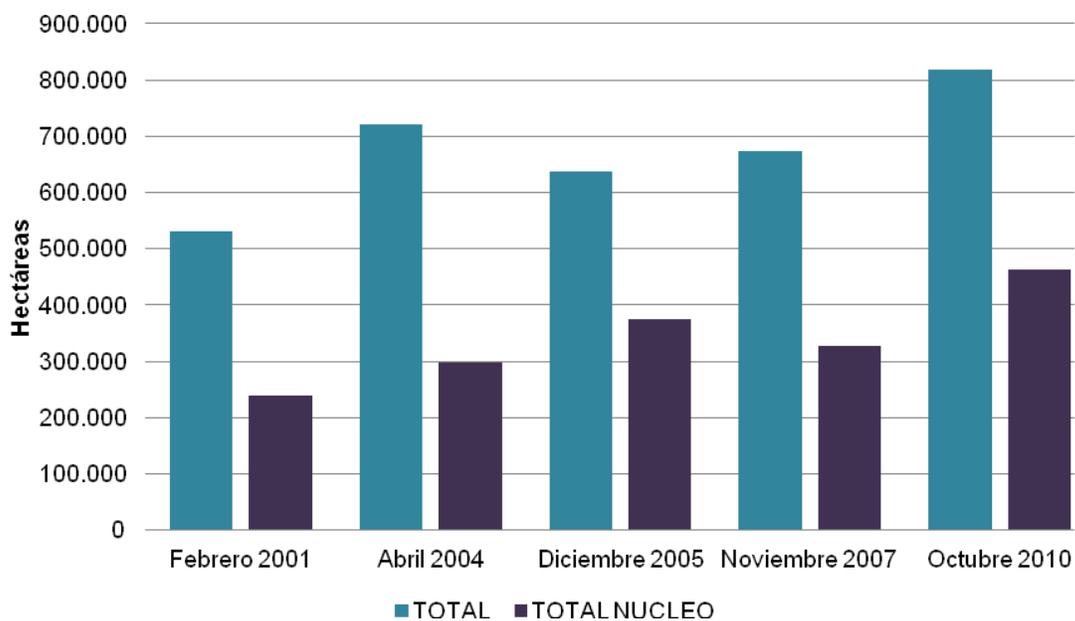


Figura 15. Área Tierra encharcada calculada por Clasificación Supervisada por Mínima Distancia

Tabla 9. Área inundada (espejos de agua y tierra encharcada) calculada por Clasificación Supervisada de Mínima Distancia (* Municipios del núcleo).

MUNICIPIO	AREA INUNDADA (ESPEJOS DE AGUA + TIERRA ENCHARCADA (ha))				
	Febrero 2001	Abril 2004	Diciembre 2005	Noviembre 2007	Octubre 2010
PUEBLO NUEVO	6,182.17	7,040.8	10685.08	10,244.59	10,539.74
AYAPEL*	36,899.83	32,907.17	70834	87,442.45	89,319.47
PUERTO LIBERTADOR	15,069.04	15,240.77	10224.76	6,558.62	17,451.75
SUCRE*	56,369.37	28,120.29	90627.91	74,394.44	92,002.71
MAJAGUAL*	7,191.07	33,207.7	34440.56	13,688.3	82,471.86
PINILLOS	52,398.18	42,438.02	65310.12	67,333.97	68,948.37
ACHI*	26,081.03	40,613.42	30144.21	47,467.77	60,791.34
ALTOS DEL ROSARIO	11,226.65	9,938.7	16097.37	17,616.55	20,650.16
TIQUISIO	13,394.7	27,540.71	7267.53	14,155.54	17,752.27
ZARAGOZA	4,185.84	30,009.28	29056.17	48,609.9	21,573.2
EL BAGRE	48,856.31	78,114.29	17868.92	45,512.3	92,818.41
NECHI*	16,657.51	48,405.53	12247.39	28,639.87	37,586.73
BUENAVISTA	18,417.71	5,151.81	9332.01	7,164.29	8,307.29
LA APARTADA	1,846.06	2,897.89	1464.67	1,297.88	2,253.92
MONTELIBANO	11,419.84	25,823.44	12721.66	12,217.37	8,071.17
GALERAS	4,014.12	1,738.74	376.63	622.98	729.84
EL ROBLE	10,883.19	1,373.82	13.95	899.86	150.26
SAN BENITO ABAD*	73,112.74	34,645.91	99820.43	83,583.42	93,827.31
GUARANDA*	3,520.4	22,775.29	8955.38	3,357.18	22,689.42
CAIMITO*	22,753.82	10,389.48	15274.37	12,874.96	16,292.59
SAN MARCOS*	23,590.99	18,589.44	38151.04	26,165.24	37,350.61
MAGANGUE*	63,560.43	35,504.54	59256.17	59,062.16	64,762.52
MONTECRISTO	55,789.79	126,519.82	29042.22	66,486.02	64,419.07
SAN JACINTO DEL CAUCA*	8,672.21	32,585.19	16892.47	24,901.98	27,605.11
LA UNION	4,443.43	1,567.01	2399.26	951.78	0
CAUCASIA	8,972.73	34,474.18	16125.27	20,212.31	18,782.63
CACERES	20,607.23	32,177.34	29711.78	30,491.51	12,020.89
TARAZA	34,323.92	17,215.63	30869.57	28,622.56	22,882.61
TOTAL	660,440.34	797,006.19	765210.91	840,575.79	1,012,051.25
TOTAL NUCLEO	338,409.40	337,743.96	476,643.94	461,577.76	624,699.67

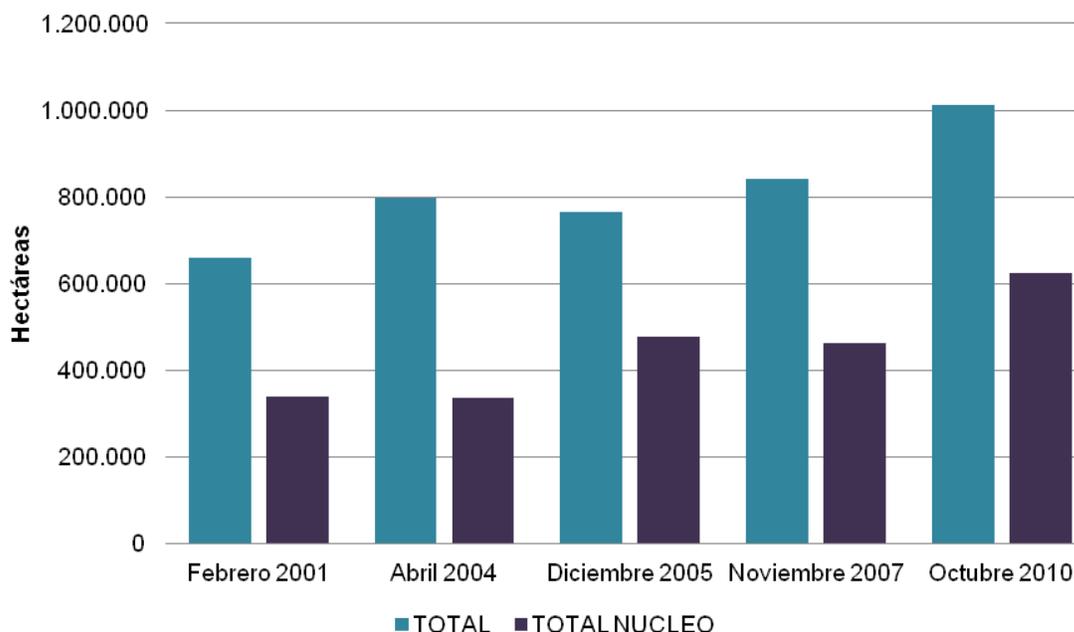


Figura 16. Área inundada (espejos de agua y tierra encharcada) calculada por Clasificación Supervisada de Mínima Distancia

6.3. Población damnificada y apoyo económico por concepto de inundaciones en el período 1998-2012 en La Mojana

Población total damnificada de La Mojana

En el período de tiempo comprendido entre enero de 1998 y febrero de 2012 hubo un total de 1.668.124 de personas damnificadas en la región de La Mojana, con un promedio de 111,208 damnificados al año. Los años en los cuales se presentó un mayor número de afectados fueron 2007 (368.668), 2008 (340.656) y 2010 (222.774), y los de menor número 2001(1.670), 2009 (13.534) y 1998 (18.661) (Figura 17).

La población afectada de los municipios del núcleo corresponde al 62,5% del total de la región, equivalente a 1.042.366 personas, y de esta manera, el restante 37,5% están ubicadas en los municipios aledaños, no ubicados dentro de los límites de lo que se ha denominado el núcleo de La Mojana. Los años durante los cuales el porcentaje de personas damnificadas pertenecientes al núcleo alcanzó los valores más altos fueron el 2000 (89,3%), 2007 (77,2%) y 2010 (67%) (Tabla 10).

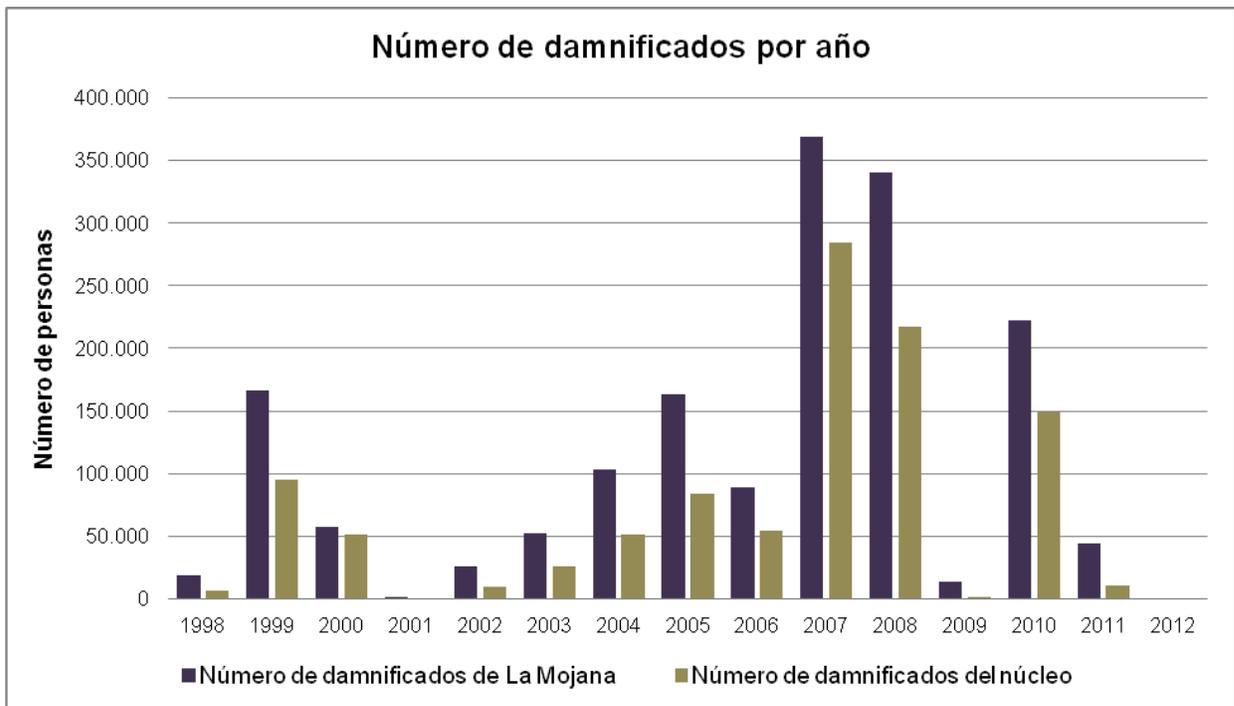


Figura 17. Población damnificada anual ecorregión y núcleo en el período 1998- 2012

Tabla 10. Porcentaje población damnificada perteneciente al núcleo

Año	% personas pertenecientes al núcleo
1998	33.1
1999	57.4
2000	89.3
2001	0.0
2002	38.8
2003	48.9
2004	50.3
2005	51.0
2006	61.4
2007	77.2
2008	63.9
2009	9.9
2010	67.0
2011	24.2
2012	0.0
Total	62.5
Promedio	44.8

Comparación de la población damnificada de La Mojana con el total nacional

A nivel nacional, el número de afectados, durante el mismo período de tiempo, fue de 11.185.886; teniendo en cuenta estas cifras, el porcentaje de personas afectadas por concepto de inundaciones en La Mojana representa el 14,9% del total nacional. La variación en el período de tiempo está en la tabla 11.

Tabla 11. Porcentaje de la población damnificada anual en La Mojana respecto al nivel nacional

Año	Damnificados de La Mojana respecto al total nacional (%)
1998	8.4
1999	15.1
2000	14.3
2001	1.7
2002	11.1
2003	16.1
2004	16.6
2005	18.3
2006	16.9
2007	26.2
2008	20.2
2009	4.7
2010	9.5
2011	4.5
2012	0.0
Total	14.9
Promedio	12.2

Comparación de la población damnificada con la población total de La Mojana

La población damnificada de la ecorregión ha representado el 21,33%, 19,88% y 4,77% de la población total de La Mojana, en los años 1999, 2005 y 2011, respectivamente. A su vez, el número de damnificados del núcleo representó durante los mismos años, el 26,93%, 23,19% y 2,76% de la población total de los municipios comprendidos dentro del núcleo de la región (Tabla 12 y Figuras 18 y 19).

Tabla 12. Porcentaje de población damnificada respecto a la población total de la ecorregión y el núcleo en los años 1999, 2005 y 2011

Año	Población damnificada respecto a la población total (%)	Población damnificada del núcleo respecto a la población total del núcleo (%)
1999	21,33	26,93
2005	19,88	23,19
2011	4,77	2,76

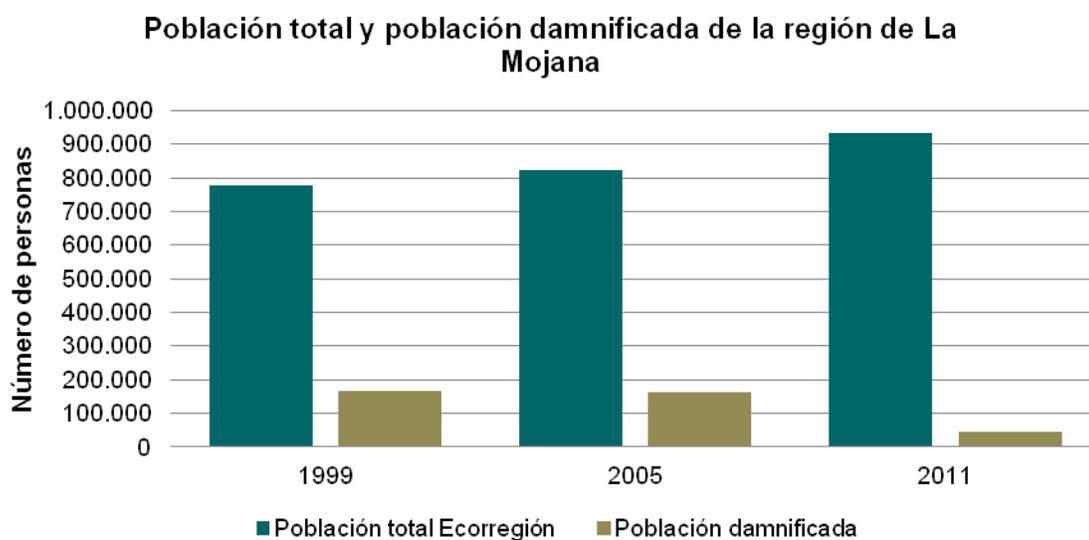


Figura 18. Población damnificada y población total de la ecorregión en los años 1999, 2005 y 2011

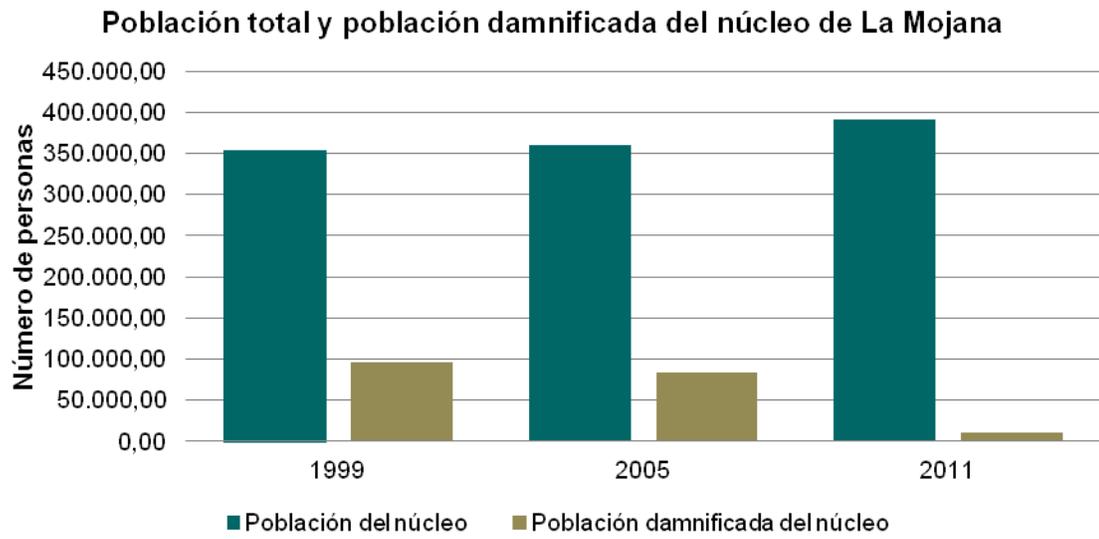


Figura 19. Población damnificada y población total del núcleo en los años 1999, 2005 y 2011

7. DISCUSIÓN

Estrategias para el manejo de la problemática de las inundaciones en La Mojana

Como ha ocurrido en muchas ocasiones en la historia de nuestra civilización, la particularidad de las condiciones de una región como la Mojana, y el daño percibido por la comunidad allí ubicada como consecuencia de las recurrentes inundaciones, ha provocado un interés especial por parte de dirigentes locales, regionales y nacionales. Por su parte, el Gobierno Nacional se ha esforzado por implementar estrategias que impulsan el desarrollo de la región y garantizan el mejoramiento continuo de las condiciones de vida y el bienestar de la población.

En total han sido cuatro los programas planteados para el desarrollo de La Mojana, con períodos de diferencia de tres, dos, y cuatro años entre uno y otro respectivamente.

Al revisar su formulación, es importante resaltar la importancia que se le ha dado a la problemática de las inundaciones; interés que ha ido aumentando paralelamente a la ocurrencia de los grandes eventos catastróficos de los últimos años, específicamente los sucedidos en 2005, 2007 y 2010-2011. Fue así como en el diseño del primer programa, el Programa para el Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana, el tema de las inundaciones no fue considerada dentro de un capítulo aparte, sino que fue tratado como un aspecto transversal a otras secciones como eran el desarrollo agropecuario y de infraestructura y el ordenamiento ambiental y conservación de los recursos naturales.

Por su parte los programas lanzados en 2006 y 2012, el CONPES 3421 y el Plan Integral para el desarrollo de La Mojana, fueron creados en momentos de una gran preocupación para el país, que se encontraba enfrentando los daños que dejaban las temporadas invernales de 2005 y 2010-2011, respectivamente.

La elaboración del último plan, socializado durante el mes de marzo del presente año, es un indicio de que lo que se había planteado con anterioridad no ha cumplido con las expectativas y de que en realidad no se ha logrado dar solución al problema. Este resultado puede tener dos razones:

- Estrategias ineficaces, posiblemente fundamentadas en estudios mal elaborados y que no responden a las necesidades de La Mojana.
- Incumplimiento al momento de poner en acción lo planteado en los documentos, teniendo en cuenta que únicamente a una de las estrategias se le ha hecho seguimiento.

El seguimiento al cumplimiento de las estrategias se salía de la capacidad y el tamaño de este estudio, sin embargo, sí se realizó una revisión con el objetivo de hacer un inventario, describir y caracterizar las estrategias planteadas para el manejo de la problemática en La Mojana.

Se encontró que se han propuesto medidas de tipo no estructural, estructural y de atención de desastres, siendo las primeras las de mayor frecuencia y las segundas las que a pesar de ser menos, implicaron una mayor inversión.

Las medidas no estructurales y las estructurales, tienen el mismo fin, en cuanto buscan reducir los daños percibidos por la población tras la ocurrencia de un evento de inundación. Sin embargo, existen diferencias importantes en la manera como se diseñan y desarrollan (Barajas 2001).

Para la implementación de las medidas no estructurales en la región se tenía proyectado un presupuesto total de \$29.500.850.000, el cual sería invertido en un gran número y variedad de actividades, algunas de ellas repetidas en el planteamiento de los programas. Barajas (2001) resumió las medidas estructurales en 7 grupos, de los cuales todos han sido incluidos en el diseño de las estrategias para La Mojana: control del desarrollo sobre las planicies de inundación, reubicación y medidas de protección para estructuras existentes en la planicie de inundación, conservación del recurso agua y del recurso suelo, pronóstico y monitoreo de la inundación, soluciones existentes a los impactos en el ciclo hidrológico en los modelos del Sistema hidrológico -desde un punto de vista computacional, utilización de los Sensores Remotos en el pronóstico de las inundaciones y Sistemas Locales de Alerta para Inundaciones. Este tipo de medidas han cobrado mucha importancia en el ámbito mundial en cuanto no buscan controlar la inundación, sino evitar que las personas se interpongan en el camino de estas, siendo muy amigables con el ambiente, los ecosistemas y la conservación de los recursos naturales y generando una conciencia colectiva del peligro real de las inundaciones y de la importancia de implementar prevenir (Barajas 2001).

Sin embargo, a pesar de las múltiples ventajas que tienen este tipo de medidas, se han encontrado también desventajas importantes. Las más importantes son la necesidad de desarrollo tecnológico, la menor eficiencia en la protección de los asentamientos ya existentes, y la dificultad que representa el control de uso del suelo cuando existe pobreza, la cual no deja a las personas una opción diferente a ocupar las zonas en riesgo (Marsalek 2000 y Miller 1997, Barajas 2001). Es muy probable que teniendo en cuenta las condiciones económicas y de bienestar de la población asentada en los municipios de la Mojana, donde según los estudios del DANE del año 2005 el NBI es superior al del resto del país, estas desventajas cobren gran importancia y hayan dificultado durante estos años su puesta en acción.

Por otra parte, las medidas estructurales que se han implementado, han sido presupuestadas en un poco más de cuatro veces el presupuesto de las no estructurales, aún cuando se propuso una menor cantidad de las primeras. El alto costo económico es una de las principales desventajas de este tipo de medidas. La implementación de este tipo de medidas, que habían sido tradicionalmente mucho más utilizadas, ha disminuido con el paso del tiempo al presentar algunas desventajas como son, además del alto costo económico, el alto costo ambiental, la degradación del flujo aguas abajo, las graves catástrofes que se ocasionan cuando se presenta un evento que supera la capacidad de las estructuras o se presenta alguna falla en estas y la confianza exagerada que generan en la personas

(Barajas 2001). Sin embargo, en la región de La Mojana se han propuesto la construcción de diques, murallas, terraplenes, compuertas, mallas protectoras y canales de drenaje y riego y el dragado de caños, ríos y ciénagas. De todas estas a la única a la que se le realizó seguimiento y de la cual se tiene certeza de su construcción fue al megaproyecto de la construcción del dique multipropósito y las compuertas propuesto en el CONPES 3421 de 2006.

Las medidas de atención de desastres identificadas se realizaron en su totalidad en el programa “Estrategia para la Reactivación Económica y Social de la región de La Mojana”, el cual fue gestionado como una reacción inmediata a la temporada invernal del año 2005. En la urgencia de brindar una respuesta a las personas afectadas, se plantearon estas medidas que daban una solución inmediata. A pesar de que en los demás programas no se proponen medidas de este tipo, según información del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, las ayudas económicas a la población damnificada se sigue presentando de manera independiente a lo planteado en los planes y programas.

Según Barajas (2001), el diseño de una buena estrategia para la reducción de perjuicios percibidos por la comunidad tras una inundación, consiste en la combinación de los diferentes tipos de acciones según la evaluación de cada caso y las posibilidades económicas y físicas. Según lo encontrado en este estudio, el diseño de las estrategias en La Mojana han cumplido con proponer una estrategia mixta, donde se reúnen medidas de los dos tipos, razón por la cual su ineficacia puede deberse a otros motivos como son conocimientos insuficientes del funcionamiento del hidrosistema y la problemática en general, falta de herramientas tecnológicas que no permiten el desarrollo efectivo de algunas medidas, incumplimiento en la construcción de la infraestructura o un mal diseño de esta y problemas graves de continuidad a las políticas, que se evidencia en la creación de cuatro programas diferentes en los últimos 10 años.

Una de las grandes deficiencias del análisis del impacto y los beneficios obtenidos por la implementación de las estrategias de manejo de las inundaciones, es la falta de información sobre el cumplimiento y realización de los proyectos, con los cuales puede suceder que a pesar de estar planteados, nunca se lleven a cabo. Este seguimiento se encuentra a cargo del Departamento Nacional de Planeación, organismo encargado de hacer el monitoreo a los planes, programas y proyecto de inversión del Gobierno Nacional (<http://www.dnp.gov.co/Qui%C3%A9nesSomos/Funciones.aspx>), y constituye una parte fundamental en el análisis de estas medidas y los cambios que generan en el área de inundación y la población damnificada.

Dinámica de las inundaciones

Se analizaron 3 episodios de inundación en el período comprendido entre 2001 y 2012, los cuales sucedieron en 2005, 2007 y 2010-2011.

A pesar de la coincidencia de los gráficos de la Precipitación media mensual en La Mojana los y Niveles medios mensuales de la Ciénaga de Ayapel y el Caño Mojana, los eventos de grandes inundaciones elegidos (2005, 2007 y 2010), no tienen una relación directa con las precipitaciones en la región, pues según estas últimas, los valores más altos se presentan en los años 2011, 2008 y 2006, de los cuales únicamente el 2011 fue encontrado en este estudio como uno de los episodios de inundación de mayor magnitud en el período estudiado. Esta falta de relación puede estar explicada por la alta influencia de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge, los cuales transportan y depositan allí el agua de otras regiones del país y por lo tanto, tienen una relación directa con la dinámica fluvial de la región (DNP-DDT-FAO 2003).

La consistencia en los datos de precipitación y niveles medios mensuales en el transcurso de un año puede deberse a una influencia directa e inmediata, pero de un tiempo de duración que no es suficiente para causar grandes inundaciones, como sí puede ocurrir con el aumento de caudal de los ríos mencionados.

El índice elegido para calcular el área de inundación fue el DVEL, ya que proveía una mejor clasificación de los píxeles inundados y los no inundados; a pesar de eso, el índice presenta una deficiencia en cuanto no discrimina los espejos de agua de la tierra encharcada, la cual no corresponde a un espejo de agua, estos últimos píxeles entraban tanto dentro de la categoría de inundado como la de no inundado. Mientras tanto, la Clasificación Supervisada de Mínima Distancia, lograba hacer una mejor identificación de aquellas zonas, que a pesar de no ser espejos de agua, presentaban una alta humedad y que se consideran parte de la inundación, ya que representan graves daños para las actividades agropecuarias.

Según las imágenes tomadas como línea base, el área que permanece con agua, calculada a través del índice DVEL está entre 79.037 y 96.167 ha. de la ecorregión y entre 35.654 y 76.117 ha del núcleo, estos valores son diferentes a los que se proponen en el PDSM, donde se habla de una extensión de 138.000 ha de la zona inundada y las 65.144 ha de área cubierta por cubetas que calcularon Aguilera y Neira en 2001. Sin embargo, dado que no existe un cálculo preciso ni común en la literatura, no existe un patrón a partir del cual se pueda decir el resultado del cálculo de este estudio es acertado o no.

El área con agua calculada en las imágenes de línea base, a través de la Clasificación Supervisada, fue de 660.440 y 797.006 ha en la eco región y de 337.743 y 338.409 ha en el núcleo. A su vez, el área de espejos de agua era de 129.975 y 76.397 ha. en la eco región y 99.580 y 39.003 ha. en el núcleo; y el de zonas con alta humedad, 530.464 y 720.609 ha. en la eco región y 238.829 y 298.740 ha. en el núcleo. Estos valores indican que además de los espejos de agua, existen áreas que permanecen saturadas de agua por fuera de los humedales, incluso en épocas de sequía.

Se encontró una gran coincidencia entre los valores arrojados por la Clasificación y el índice para el área de los espejos de agua, durante los años 2005, 2007 y 2010. Esto podría indicar una mayor precisión y acercamiento a la realidad en la medición del área que se convierte en

espejo de agua durante las temporadas de inundación; valor que varía entre 120.844 y 203.281 ha, según lo calculado para estos 3 episodios. Esto representa un aumento mínimo de 24.677 ha. de espejo de agua durante la época invernal.

La zona de tierra encharcada aumento durante los tres episodios de la siguiente manera: 638.077 ha. en 2005, 673.512 ha. en 2007 y 819.094 en 2010, en la ecorregión; y 375.512 ha. en 2005, 328.103 ha. en 2007 y 463.834 ha. en 2010, en el núcleo. En este caso, el área de inundación representa casi la mitad del área total del de la ecorregión y del núcleo de La Mojana, respectivamente.

Un patrón evidente en las gráficas del área de inundación por los dos método empleados, es el aumento de la extensión en las inundaciones en los últimos episodios, tanto en la eco región, como en el núcleo de la región, al igual que una gran diferencia entre el área de inundación durante los tres episodios con el de la calculada en las imágenes de línea base. Sin embargo, es necesario resaltar la similitud de los valores de área inundada entre las imágenes de Febrero de 2001, que supone una época seca, y Diciembre de 2005, clasificada como una temporada de inundación; este hecho, revisando es atribuible principalmente a deficiencias en el método en el cálculo del área de inundación; teniendo en cuenta los valores de los niveles medios de agua y como se puede ver posteriormente la diferencia en el análisis de población afectada en los dos años.

La falta del conocimiento real del área de inundación como valor y como delimitación de una zona de inundación periódica, los cuales han sido calculado muchas veces pero de manera aislada y con metodologías y herramientas diferentes, hace que se presente una gran deficiencia en la toma de decisiones que tengan en cuenta la situación global, y que las medidas que se implementen generen muchos más problemas y de mayor magnitud de los que ya se presentan.

A pesar de que el método de cálculo del área de inundación aún no ha sido completamente desarrollado, y no existe una metodología base que haya sido probada, los resultados obtenidos en este trabajo demuestran una aproximación a los valores reales, que inducen a seguir estudiado el posible uso de estas herramientas, hasta ahora subutilizadas, en este caso, en el monitoreo de las inundaciones de La Mojana.

Población afectada por episodios de inundación entre los años 1998 y 2012

El número de personas afectada por inundaciones en el período de tiempo estudiado fue de 1.668.124 personas, de los cuales el 62,5% de los casos estaban ubicados en el núcleo de la región. La mayor cantidad de personas afectadas fueron en los años 2007, 2008 y 2010, tanto en el núcleo como en la eco región. En promedio, el 44.8% de los afectados en un año corresponden a personas asentadas en el núcleo, una cifra esperada, teniendo en cuenta que estos 11 municipios son los más cercanos a los cuerpos de agua y se inundan con mayor frecuencia.

Aunque no hay una tendencia constante de aumento de la población damnificada, sí se evidencia un aumento de grandes episodios y una concentración de personas afectadas en la última mitad del período estudiado.

Al analizar los años durante los que ocurrieron los últimos tres grandes episodios, a pesar de que se siguen presentando un aumento significativo respecto a las temporadas que no se presentan estos grandes episodios, se puede observar que en la temporada 2010- 2011, que, según los cálculos de este estudio, el área de inundación fue mayor al del episodio ocurrido en 2007, la población afectada fue menor.

Según los porcentajes de personas damnificadas respecto a las población total de la eco región, disminuyó de 21.33% de 1999 y 19.88% de 2005, a 4.77% en el 2011. Esta disminución se debe tanto a la disminución en el número de personas afectadas durante ese año, como al incremento en el tamaño de la población de la ecorregión según las proyecciones del DANE realizadas a partir del censo del 2005.

Las variaciones a través de los años demuestran que el análisis de este valor es un buen indicador de la ocurrencia de estos episodios y la efectividad de las estrategias implementadas para disminuir los daños. Un factor que podría estropear el uso de estos reportes como un indicador de la evolución de la problemática, es la oferta de subsidios a las personas y familias damnificadas, la cual puede perturbar el valor real de la afectación.

Teniendo en cuenta estos resultados, se puede llegar a una conclusión de que a pesar de las múltiples medidas de tipo estructural que se han planteado, y bajo la suposición de que se han implementado, por lo menos contando con la construcción del dique multipropósito, no se ha logrado una reducción en el área de inundación durante las inundaciones de larga duración con múltiples eventos (Bell 1999). Dado que el objetivo central de este tipo de medidas consiste en evitar o controlar las inundaciones, se puede decir que en la región de La Mojana no se ha logrado. Aún cuando puede ocurrir que zonas muy específicas no se hayan visto afectadas gracias a una solución local muy específica, la problemática global sigue creciendo, y contrario a su meta, el área que se inunda tras la ocurrencia de un episodio de larga duración con múltiples eventos se ha incrementado.

Por otra parte, la reducción de población afectada durante el último episodio, ocurrido en la temporada invernal 2010- 2011, puede estar relacionada con la implementación de medidas de tipo no estructural que pueden haber ocasionado que a pesar de no haber un control directo de las inundaciones, sí se disminuyan los perjuicios a las personas ubicadas en zonas aledañas. Sin embargo, como no se tiene certeza de su cumplimiento por la falta de monitoreo, no se puede afirmar que el logro de esa reducción en la población damnificada tras un evento de este tipo sea consecuencia de la aplicación de medidas de tipo no estructural.

Como se mencionó anteriormente, la diferencia de la población damnificada en los años 2001 y 2005, indica errores en el cálculo del área de inundación, donde casi parece ser igual

el tamaño del área afectada. La diferencia en la cantidad de población reportada demuestra que la inundación ocurrida en el año 2005 fue de importancia para la región, mientras que en el año 2001, este valor fue mucho menor.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Gobierno Nacional ha diseñado planes y programas para el manejo de la problemática de las inundaciones, tema al cual se le ha dado más importancia con el paso del tiempo y de la ocurrencia de más eventos de inundación. La publicación del último programa indica que no se han logrado los resultados esperados.
- En los planes y programas elaborados por el Gobierno Nacional se han planteado un gran número y variedad de medidas para el manejo de las inundaciones. El mayor número han sido de tipo no estructural, pero la mayor inversión se ha realizado en las estructurales. Únicamente se ha realizado seguimiento y se tiene certeza de la implementación del dique multipropósito, propuesto en el CONPES 3421.
- La extensión del área de las inundaciones ha aumentado durante la ocurrencia de los tres grandes episodios de inundación que se han presentado entre los años 2001 y 2012, tanto la de los espejos de agua como la de la inundación.
- No existe una tendencia clara en el comportamiento de las cifras de damnificados, sin embargo sí se podría decir que se han presentado un mayor número de damnificados desde el año 2005, año a partir del cual se observa una concentración de población afectada. La población damnificada fue menor durante el último episodio, ocurrido en la temporada invernal 2010-2011, aún cuando el área de inundación fue mayor; este resultado puede deberse a la implementación de medidas no estructurales.
- Al no tener evidencia de la implementación de las medidas no estructurales, no se puede afirmar que haya alguna relación de estas con el comportamiento de las inundaciones y la población damnificada. Las medidas de tipo estructural, específicamente el dique multipropósito, no ha logrado el objetivo de controlar el área de inundación, es decir, no se ha logrado evitarlas ni reducir esta extensión.
- A pesar de que falta investigación sobre la metodología del cálculo del área inundada a través de los índices de humedad, en el caso de este estudio fue posible la delimitación del área inundada, y permitieron percibir los cambios en el área de inundación, siendo acertadas y mucho más confiables que la utilización de clasificaciones supervisadas.
- Al detectar inconsistencias entre el número de personas damnificadas y el valor de las inversiones, es necesario revisar la utilización de estos datos como indicadores de la magnitud de los daños causados por las inundaciones. Algunos aspectos como la implementación de medidas de manejo del riesgo y la oferta de subsidios pueden generar alteraciones en estos resultados y perjudicar su utilidad.
- Los valores encontrados del área de inundación no tienen una correspondencia directa con las precipitaciones locales de La Mojana, lo que indica que su ocurrencia está

influenciada principalmente por dinámicas regionales y nacionales, y por lo tanto su tratamiento no se debe limitar a la escala local.

- Sería apropiado tomar un período de tiempo más amplio (décadas o en lo posible, siglos) para el monitoreo de las inundaciones y lo que pueda llevar a la construcción de un mapa de riesgo. Para la realización de este estudio no fue posible por la falta de información disponible.
- Se podría tener en cuenta para próximos estudios, el empleo de imágenes satelitales para medir variaciones en inundaciones de otro tipo, teniendo en cuenta que en este estudio sólo se analizaron inundaciones de larga duración con múltiples eventos.
- Para realizar un análisis completo del impacto y efectividad de las medidas planteadas para el manejo de las inundaciones, es fundamental realizar un proceso de verificación de su implementación.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, M. M. (2004). La Mojana: riqueza natural y potencial económico. Documentos de trabajo sobre economía regional 48 (Octubre, 2004). Cartagena de Indias, 73 pág.

Alsdorf, D. E., Rodríguez, Ernesto y Lettenmaier, Dennis P. (2007). Measuring surface water from space. *Reviews of Geophysics*, Vol. 45, N° 2, Junio de 2007. Pág. 1-24.

Banco de la República- Subgerencia Cultural (1996). Sinú amerindio, los zenúes: la persistencia de la herencia étnica y cultural indígena zenú en el departamento de Córdoba. Edición original: Santa Fe de Bogotá; Editora Geminis. 28 pág.

Barajas, G. (2001). Sistemas no estructurales para la mitigación de inundaciones. Monografía para optar por el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. 116 pág.

Bell, F. G. (1999). *Geological Hazards: their assessment, avoidance and mitigation*. Taylor & Francis, USA. 648 pág.

Brakenridge, R. y Anderson, E. (2006). Modis-based flood detection, mapping and measurement: the potential for operational hydrological applications. En: Marsalek, J. et al. (eds.). *Transboundary Floods: Reducing Risks Through Flood Management*, 1–12. Springer, Netherlands.

Bridge, J. S. (2003). *Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record*. Blackwell Publishing, USA. 491 pág.

Cardona, O. D. (1994). *Prevención de Desastres: Estrategia para el Desarrollo Sostenible*. Memorias de la Conferencia Interamericana sobre la Reducción de los Desastres Naturales, Cartagena de Indias, 1994. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia.

Chang, Kang-Tsung (2008). *Introduction to Geographic Information Systems*, (4^a ed.). McGraw-Hill, Nueva York. 450 pág.

Christopherson, R. W. (1997). *Geosystems: an introduction to physical geography* (3^a ed.). Prentice- Hall, Nueva Jersey. 656 pág.

CONAM/ GTZ. (2006). Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la guía nacional de Ordenamiento Territorial, Capítulo 11: El Ordenamiento Territorial, una Herramienta para la Gestión del Riesgo. GTZ. Lima. Pág. 142- 150.

Correa Alarcón, J. (2005). Una mirada a mi pueblo indígena Zenú, en *Comunidades étnicas en Colombia*. Cultura y jurisprudencia. Parra Dussán, Carlos y Rodríguez, Gloria Amparo,

Editores. Editorial: Universidad del Rosario- Facultad de Jurisprudencia. Colección: Textos de Jurisprudencia. Bogotá D.C. 252 pág.

Cardona, O. D. y Yamín, L.E. (2008). Información para la gestión de riesgo de desastres. Estudio de caso de cinco países: Colombia. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 197 pág.

De Blij, H. J. y Muller, P. O. (1993). Physical geography of the global environment. John Wiley & Sons, USA. 576 pág.

De Wrachien, D., Mambretti, S. y Schultz, B. (2011). Flood management and risk assessment in flood- prone areas: measure and solutions. Irrig. and Drain. 60: 229–240.

Deagostini, D. (1975). Sensores remotos y principios de percepción remota. Ministerio de Obras Públicas, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá D.C. 157 pág.

Departamento Nacional de Planeación (DNP), Dirección de Prevención y Atención de Desastres (DPAD) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2008). Plan de acciones regionales prioritarias para el desarrollo sustentable de la Mojana.

Departamento Nacional de Planeación (DNP), Dirección de Desarrollo Territorial (DDT) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2003). Programa de Desarrollo Sostenible de la Región de La Mojana. 567 pág.

Di Bella, C. M., Posse, G., Beget, M.E., Fischer, M.A., Mari, N. y Veron, S. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. Ecosistemas 17 (3): 39- 52. Septiembre de 2008.

Freeman, P. K. et al (2009). Gestión de riesgo de desastres naturales: sistemas nacionales para la gestión integral del riesgo de desastres y estrategias financieras para la reconstrucción en caso de desastres naturales. [S.L.]: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. 80 pág.

Garrido Escudero, G. y Madariaga, C. (2001). Las redes sociales en los procesos de adaptación a cambios permanentes de hábitat: Un estudio con habitantes de la Depresión Momposina (Norte de Colombia). Investigación y desarrollo, julio, año/vol. 09, número 001. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Págs. 444- 463.

Gordon, N. D. (2004). Stream hydrology: an introduction for ecologists (2a ed.). John Wiley & Sons. Chichester, UK; Hoboken, New Jersey. 429 pág.

Herzer, H. M. (1994). Los desastres: consideraciones conceptuales. Memorias de la Conferencia Interamericana sobre la Reducción de los Desastres Naturales, Cartagena de Indias, 1994. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia.

Keller, E. A. (1982). Environmental geology, tercera edición. Bell & Howell Company, Columbus. 526 pág.

Kerényi, J. y Putsay, M. (2006). Land use map from ASTER images and water mask on MODIS images. En: Transboundary Floods: Reducing Risks Through Flood Management. NATO SCIENCE SERIES: IV: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES Volume 72, 2006. Editores: Jiri Marsalek, Gheorghe Stancalie y Gabor Balint. Springer Netherlands.

Macias, J. P. y Perez, A. J. (2002). Desarrollo de un sistema experto para el manejo integral de la región de La Mojana. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 157 pág.

Marsalek, J. (ed.) (2000). Flood issues in contemporary water management. Kluwer Academic Publishers, Boston. 432 pág.

Maskrey, A. (1994). Comunidad y desastres en América Latina: estrategias de intervención. Memorias de la Conferencia Interamericana sobre la Reducción de los Desastres Naturales, Cartagena de Indias, 1994. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia.

Middleton, B. (2002). The flood pulse concept in wetland restoration. En: Flood pulsing in wetlands: restoring the natural hydrological balance. Editado por Beth Middleton. John Wiley & Sons, Nueva York. 308 pág.

Miller, J. B. (1997). Floods: people at risk, strategies for prevention. United Nations. Department Of Humanitarian Affairs. Geneva. 93 pág.

Montes, P. F. (2001). El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe. En: CEPAL- Serie Medio Ambiente y Desarrollo N°45. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile. 64 pág.

Petts, G.E., y Amoros, C (ed.). (1996). Fluvial Hydrosystems. Chapman & Hall. Londres, 325 pág.

Plazas, C. y Falchetti, A. M. (1994). Una cultura anfibia: la sociedad hidráulica Zenú, en Medio Ambiente y Desarrollo. Ernesto Guhl, editor; Tercer mundo editores; Ediciones Uniandes. Santa Fé de Bogotá. 289 pág.

Ortiz, C., Pérez, M. E. y Muñoz, L. A. (2006). Los cambios institucionales y el conflicto ambiental: el caso de los valles del río Sinú y San Jorge (1° Ed.). Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. 129 pág.

Restrepo, J. D. (ed.) (2008). Deltas de Colombia: Morfodinámica y vulnerabilidad ante el Cambio Global. Fondo Editorial Universidad EAFIT, COLCIENCIA, Medellín. 284 pág.

Rodríguez D., Bolzi S. y Velasco I. "Evaluación de zonas inundadas en la pampa húmeda con datos del sensor modis/terra". XIV Simposio Internacional SELPER, Guanajuato, México 2010. 8 pág.

Rodriguez, O. E. y Arredondo, H. A. (2005). Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto MODIS de la NASA, aplicado en estudios de ingeniería civil. Trabajo de grado, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. 230 pág.

Saavedra, María del R. (1994). Los actores sociales frente a la gestión de los riesgos naturales: las Organizaciones No Gubernamentales actores frente al proceso de reconstrucción después de los desastres. Memorias de la Conferencia Interamericana sobre la Reducción de los Desastres Naturales, Cartagena de Indias, 1994. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia.

Sakamoto, T. *et al.* (2007). Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. *Remote Sensing of Environment* 109 (2007) 295–313.

Sarmiento, A y Londoño, F. (2008). Programa Recuperación de la región de la Mojana-Propuesta de lineamientos ambientales. Documento inédito.

Schumm, S. A. (2005). *River variability and complexity*. Cambridge University Press, Nueva York. 220 pág.

Sivakumar, M. V.K. (2005). *Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture: Impacts and Mitigation*. Chapter 1: Impacts of Natural Disasters in Agriculture, Rangeland and Forestry: an Overview. SpringerLink. 367 pág.

Strahler, A. y Strahler, A. (1997). *Physical geography: science and systems of the human environment*. John Willey & Sons, USA. 637 pág.

WMO/GWP Associated Programme on Flood Management. 2007. The role of land-use planning in flood management: A Tool for Integrated Flood Management. Documento técnico de la APFM No. 12, Flood Management Tools Series. 39 pág.

Yan , Yan-er, Ouyang , Zu-Tao, Guo, Hai-Qiang, Jin, Shu-Song, Zhao, Bin (2010). Detecting the spatiotemporal changes of tidal flood in the estuarine wetland by using MODIS time series data. *Journal of Hydrology* 384: 156–163.

Zagonjoli, M. (2007). *Dam break modeling, risk assessment and uncertainty analysis for flood mitigation*. Tesis para optar por el título de Doctora, Institute for Water Education. Taylor & Francis Group, Londres. 140 pág.