

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
IDEAM

SUBDIRECCION DE HIDROLOGIA

SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA
MITIGACIÓN DE LAS INUNDACIONES

HECTOR GUZMAN ALVAREZ
INGENIERO GEOGRAFO-HIDROLOGO

Las Inundaciones en Colombia.

En Colombia las inundaciones es el peligro natural más frecuente que ocasiona cada año pérdidas económicas y humanas con más de 65.000 personas afectadas y pérdidas por más de 100 millones de dólares. Como consecuencia de estos eventos son la aparición de enfermedades que atacan primordialmente los niños. El país es bastante vulnerable a este fenómeno siendo las más afectadas las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge, Cesar, Meta, Arauca, Patía y otras de menor importancia. Se destacan los desbordamientos en las cuencas de régimen torrencial que afecta las poblaciones asentadas a la orilla de los ríos, la infraestructura de carreteras, acueductos y zonas urbanas. Ver mapa N° 1

El área susceptible a inundaciones en el territorio colombiano puede llegar en su máxima capacidad a unas 5 millones de hectareas. De acuerdo al comportamiento climático las inundaciones se distribuyen por regiones así: durante los meses de abril a junio (primer período lluvioso en la zona Andina y Pacífico) se presentan inundaciones en las regiones Pacífico, Orinoquia y Amazonia destacandose el área del río Arauca; en el período julio agosto, prevalecen las inundaciones en las regiones antes mencionadas y se presentan en la cuenca del río Sinú; en los meses comprendidos entre octubre y noviembre (segundo período lluvioso en la zona An

IDEAM- Subdirección de Hidrología- H.G.A.

dina)se presentan las mayores inundaciones en la cuenca baja del río Magdalena y prevalecen las inundaciones en el río Sinú; y en el período seco comprendido entre los meses de enero a marzo no se suceden inundaciones en ninguna parte del país. Ver mapaa N° 2 y 3

Las regiones en Coloombia que pueden verse afectadas por las inundaciones en cuanto a asentantamientos humanos y a nivel municipio son de muy alto riesgo cerca del 15%; con probabilidad alta el 16%; con probabilidad media el 47%; y con baja probabilidad el 22% de los municipios. Ver mapa N° 4

Cuenca del río Sinú.

El río Sinú se encuentra localizado en el Departamento de Córdoba y tiene su nacimiento en las cuchillas de Paramillo y El Retiro a una altura de 2500 metros sobre le nivel del mar. En su parte baja atraviesa un gran valle con una planicie inundable y cenagosa importante.

La zona inundable del río Sinú soporta periódicos desbordamientos anegando grandes extensiones de terreno durante casi todos los años. Durante el evento de la Niña de 1988-1989 el río Sinú soportó una de las más grandes inundaciones ocasionando pérdidas materiales y daños en zonas de producción agropecuaria.

Los caudales que ocasionaron esta gran inundación presentaron en dos crecientes importantes, la primera el día 6 de agosto con un caudal máximo de 2024 m3/seg y la segunda el día el día 10 de agosto con 1998 que se reflejaron en Montería con un caudal máximo de 955 m3/seg. Estos dos eventos seguidos en solo cuatro días originaron grandes volúmenes de agua suficientes para ocasionar desbordamientos a todo lo largo del río Sinú en su zona baja inundando grandes extensiones de tierra.

El volumen de agua producido originalmente en La Estación de La despensa sumando las dos crecidas fue de 1554 MM3 y en Montería de 2423 MM3.

Cuenca del Río Magdalena

El área tributaria de la cuenca es de 257.000 km² que corresponde al 22.8% de la superficie total del territorio nacional. El curso del río se extiende de sur a norte y su longitud es de 1.550 kms., desde su nacimiento hasta su desembocadura, llamada Bocas de Ceniza. Su recorrido se inicia dentro un valle interandino ubicado entre las cordilleras Central y Oriental y su afluente mayor, el río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central. El río atraviesa el corazón económico del país, en donde se encuentran las regiones más ricas, abundante en recursos naturales y las mejores condiciones de desarrollo, como son las zonas más industrializadas, mejor infraestructura vial, las más importantes desarrollos hidroeléctricos y áreas de desenvolvimiento agrícola importante. (mapa n°1)

La cuenca del río Magdalena presenta toda una gama de condiciones hidrológicas y todas las clases de ríos conocido; esta situación se debe a su posición geográfica y su orografía en donde se localizan tres grandes cordilleras con sus altiplanos y grandes planicies aluviales. La red hidrográfica de la cuenca es abundante en donde se presentan todos los afluentes del río Magdalena con sus sistemas de ríos de origen torrencial y ríos de planicie que hacen que se presenten situaciones de crecientes o avenidas que van a producir inundaciones en sus zonas aledañas.

Las inundaciones de tipo de planicie son las que ocurren en las áreas bajas de los afluentes y en las zonas inundables incluyendo la depresión cenagosa del río Magdalena. Los valles del río Magdalena y de su afluente el río Cauca están sometidos a inundaciones de larga duración en donde las crecidas son más reguladas y no tienen una incidencia en la propia magnitud del caudal y solamente tienen importancia a las que obedecen únicamente a lluvias prolongadas dentro de la cuenca y obedecen a los períodos de invierno. Estas crecidas así producidas son inicialmente lentas y cuando exceden la capacidad del cauce y de las propios vasos amortiguadores como las ciénagas, se producen los desbordamientos inundando las zonas ribereñas.

El régimen de lluvias en la cuenca del río Magdalena es básicamente bimodal con eventos máximos en abril, mayo y octubre, noviembre. Los mayores caudales se presentan en el segundo período del año en donde se reduce considerablemente la capacidad de almacenamiento. El almacenamiento total de las

zonas bajas con ciénagas se ha estimado en 40.000 millones de m³

En Colombia, como consecuencia de avenidas, inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos extremos, se registran anualmente perdidas materiales por valor en promedio de 35 millones de dólares, más de 65000 personas damnificadas y alrededor de unas 150 de vidas humanas perdidas. Las estadísticas indican que las pérdidas podrán alcanzar unos 70 millones de dólares y 230 víctimas en promedio una vez cada 20 años. La cuenca Magdalena-Cauca son las áreas más vulnerables del país, contando el 90% de los daños y el 70% de pérdida de vidas humanas. Además, las actividades agrícolas, la industria manufacturera y el aprovechamiento de los recursos hídricos, padecen grandes pérdidas materiales indirectas.

En el año de 1.994, las inundaciones produjeron pérdidas cercanas las 8.000 viviendas y más de 250.000 personas damnificadas que corresponde al 47.5% y el 80.7% respectivamente, del total producido por otros eventos de carácter catastrófico. Esto demuestra que las inundaciones son el evento más importante dentro la afectación a la economía del país

Durante el evento de La Niña de 1988-1989 en la zona baja del río Magdalena se presentaron inundaciones a partir del mes septiembre con caudales máximos registrados en las estaciones de El Banco en el río Magdalena (8424 m³/seg en noviembre), Tres Cruces en el río Cauca (3367 m³/seg) y Montelíbano en el río San Jorge (366 m³/seg). Durante el período julio de 1988 y enero de 1989 penetró un volumen total de 189×10^9 de m³ y con una acumulación neta de $23,7 \times 10^9$ de m³ que inundaron un área total de 700.000 hectáreas de acuerdo a la curva de relación de volúmenes embalsados y áreas inundadas tomado de estudio del Proyecto Colombo Holandés.

Esta importante área sufre de inundaciones periódicas mayores durante los meses de octubre y noviembre, afectando cerca de 2 millones de hectáreas en los eventos más severos y unas 730.000 hectáreas en los eventos menos severos. (Ver Cuadros. 1 y 2 y mapa No. 2)

DURACION		ÁREA H ^a x 10	%
CORTA	Menos de 1 mes	430	21
	1 a 3 meses	299	14
MEDIA	3 a 6 meses	616	30
LARGA	6 a 12 meses	403	19
	CIÉNAGA	329	16
	TOTAL	2077	100

CUADRO 1

Con base en los estudios de variación de caudales se evidencia la presencia de dos periodos alternos de aguas bajas y altas, características variables de acuerdo a las diferentes regiones climáticas que atraviesa el río. Ver cuadro 2

NIVELES BAJOS		NIVELES ALTOS	
1er. PERIODO	Enero Febrero Marzo	1er. PERIODO	Abril Mayo Junio
2do. PERIODO	ALTO MAGDALENA Agosto Septiembre	2do. PER IODO	Octubre Noviembre Diciembre

CUADRO 2

En el río Magdalena se ha contemplado resolver tres inquietudes relevantes dentro de un Plan de Regulación Fluvial y Defensa contra las inundaciones y son las siguientes:

Cuáles son los tipos de protección más indicados desde el punto de vista del control de inundaciones.

- Cuáles son las repercusiones de los tipos de protección sobre el régimen hidrológico y morfológico del río en relación con las cotas del agua durante las avenidas, el transporte de sedimentos, los caudales tanto a nivel local como sobre el sistema general.

- Si no es factible el control activo de las inundaciones, se puede establecer en corto tiempo un sistema de previsión de crecidas.

De acuerdo a estos interrogantes se han desarrollaron varias actividades entre ellas las más importantes que son el estudio y análisis hidrológico y el estudio hidráulico sobre el comportamiento dinámico del río mediante la concepción, montaje y calibración de modelos matemáticos que permitan conocer la evolución de la incidencia de obras de protección contra las inundaciones sobre el régimen natural del río.

Los resultados obtenidos establecieron que las mejores soluciones esta Proyecto Colombo-Holandés, Protección Contra las Inundaciones en la Cuenca Magdalena-Cauca. El estudio contempló resolver tres inquietudes relevantes dentro de un Plan de Regulación Fluvial y Defensa contra las inundaciones y fueron las siguientes:

Cuáles son los tipos de protección más indicados desde el punto de vista del control de inundaciones.

- Cuáles son las repercusiones de los tipos de protección sobre el régimen hidrológico y morfológico del río en relación con las cotas del agua durante las avenidas, el transporte de sedimentos, los caudales tanto a nivel local como sobre el sistema general.

- Si no es factible el control activo de las inundaciones, se puede establecer en corto tiempo un sistema de previsión de crecidas.

De acuerdo a estos interrogantes se desarrollaron varias actividades entre ellas las más importantes que son el estudio y análisis hidrológico y el estudio hidráulico sobre el comportamiento dinámico del río mediante la concepción, montaje y calibración de modelos matemáticos que permitieran conocer la evolución de la incidencia de obras de protección contra las inundaciones sobre el régimen natural del río.

Los resultados obtenidos establecieron que las mejores soluciones estaban en aumentar la capacidad de amortiguación de las crecidas mediante la construcción de embalses de planicie o campos de inundación controlados.

El comportamiento natural del río dentro del sistema de amortiguación por medio de ciénagas en la zona lacustre del río Magdalena, el llenado y vaciado de estos vasos naturales

IDEAN- Subdirección de Hidrología- H.G.A.

ocurre en una forma sincronizada cuando se presentan los estados de crecientes y de aguas bajas. Esto indica que la ciénagas normalmente se están llenando antes que el río alcance su capacidad de descarga máxima sin desbordamiento. Por otra parte la evacuación de las ciénagas es lenta por la falta de capacidad de los caños de descarga.

Ahora, para aumentar la capacidad de amortiguación de las ciénagas se puede hacer controlando artificialmente las entradas y salidas de las mismas y aumentando su capacidad de almacenamiento por medio del confinamiento con diques. Esta solución por medio de estos campos de inundación controlados combinándolos con diques marginales en algunos tramos del río pueden disminuir considerablemente los desbordamientos en zonas de interés económico. Para el río Magdalena sería la solución más económica para mitigar el impacto de las inundaciones en toda el área afectada.

Ahora, para aumentar la capacidad de amortiguación de las ciénagas se puede hacer controlando artificialmente las entradas y salidas de las mismas y aumentando su capacidad de almacenamiento por medio del confinamiento con diques. Esta solución por medio de estos campos de inundación controlados combinándolos con diques marginales en algunos tramos del río pueden disminuir considerablemente los desbordamientos en zonas de interés económico. Para el río Magdalena sería la solución más económica para mitigar el impacto de las inundaciones en toda el área afectada.

Inundaciones de origen torrencial

Las inundaciones de tipo torrencial se originan en el área montañosa de toda la zona Andina en donde existe una conformación topográfica abrupta, con fuertes pendientes, que durante los inviernos las grande precipitaciones transforman en peligrosos los diversos cauces, lo que conlleva a una amenaza latente de crecidas que ocasionan desbordamientos en sus márgenes y la misma velocidad del agua puede producir grandes daños en zonas pobladas.

Otro fenómeno que está relacionado con las crecientes es el de las avalanchas, que son ocasionadas por deshielo o represamiento ocasionado por el taponamiento del cauce debido al deslizamientos de laderas en donde los suelos son inestables y no muy consolidados. El taponamiento provoca el embalsamiento de grandes volúmenes de agua y cuando la presa natural falla, estos volúmenes fluyen con gran fuerza aguas abajo produciendo

erosión en las laderas con arrastre de piedras y sedimentos, causando por consiguiente grandes estragos y destrucción.

Como hechos pasados del peligro que se presenta estos eventos como son las grandes crecientes en arroyos, y ríos de montaña muestran sus graves consecuencias, basta hacer referencia y par citar solo los casos más sobresalientes como son las fuertes avenidas torrenciales que suceden durante estos períodos de aguas máximas en río Combeima en el Tolima que cruza barrios de la ciudad e Ibagué, el río Otún en Pereira; los daños causados por los ríos que confluyen a los llanos orientales formando grandes abanicos fluviales o conos de deyección que se originan que se originan por las respectivas avenidas produciendo grandes daños aguas abajo.

Las características particulares que se manifiestan en todas estas regiones de nuestro país de escasa vegetación de aspecto semiárido, de cuencas que no poseen capacidad de retención, han llevado a que la mayoría de los asentamientos, poblaciones, barrios en ciudades etc., se encuentren localizados al lado o propiamente en el lecho mayor de los cursos de agua, hallándose directamente expuestas al régimen hidrológico de los mismos, tanto desde el punto de vista de los beneficios derivados del aprovechamiento de los aportes normales de los arroyos, como la constante amenaza latente de las violentas crecidas originadas de las tormentas extraordinarias. A este hecho se agrega una conformación topográfica general muy abrupta, con fuertes pendientes que en épocas de fuertes precipitaciones transforma en extremadamente peligrosos los cauces de los arroyos que permanecen generalmente secos durante todo el año.

La situación anterior se presenta principalmente en la costa Atlántica y en otras zonas similares en el país, en aquellas zonas de colinas de clima de sub-húmedo o seco. Estas colinas están construidas generalmente por sedimentos del terciario; su vegetación se clarifica en bosque seco tropical, que se caracteriza porque la mayor parte de sus árboles pierden el follaje en la época seca. Tiene una altura de 10 a 20 cm y se encuentra en zonas donde la precipitación es inferior a 1500 mm al año y la época seca (sin lluvias suficientes) tiene una duración de 4 a 5 meses. Esto explica lo anteriormente dicho sobre la incidencia de la fisiografía y el clima en el fenómeno que se presenta.

Como hechos demostrativos del peligro que se presenta la actividad de las avenidas o crecientes en estos arroyos y sus

IDEAN- Subdirección de Hidrología- H.G.A.

graves consecuencias, basta hacer referencia y para citar solo los casos más sobresalientes, como son las fuertes avenidas torrenciales que suceden durante el período de lluvias, en los arroyos que atraviesan la ciudad de Carmen de Bolívar, Barranquilla y otras poblaciones de la costa, afectando numerosas obras de infraestructura, barrios enteros, zonas cultivadas etc., los cuales quedan cubiertos por gruesas capas de material de arrastre y lodo; las súbitas crecidas que suceden en el río Combeima en el Tolima; los daños ocasionados por los ríos que desembocan en los llanos orientales formando grandes abanicos fluviales o conos de deyección que se originan en las respectivas avenidas produciendo grandes daños aguas abajo; los demás fenómenos conocidos registrados en los últimos años en las zonas que presentan las condiciones propias anteriormente dichas en todo nuestro territorio.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Son las acciones que se deben desarrollar para aliviar el impacto de las inundaciones mediante medidas preventivas. Se pueden dividir en tres partes importantes como son: las técnicas diseñadas para reducir la severidad del fenómeno; las sociales, económicas y legales; y las educativas.

Dentro de las técnicas podemos distinguir: la evaluación de riesgos de inundaciones; el aviso oportuno (alertas); la predicción; y el análisis de vulnerabilidad y planificación.

En estos últimos aspectos, Colombia ha desarrollado los sistemas de prevención mediante las alertas hidrometeorológicas con la obtención de datos de niveles de los ríos en tiempo real y por medio de imágenes periódicas por satélite que informan sobre el comportamiento atmosférico y climático del país.

Por otro lado se hace un seguimiento de variables hidrológicas en los ríos durante el tiempo anterior al período de inundaciones para observar las tendencias y predecir a corto plazo la severidad de las inundaciones en determinado lugar.

Hidrograma de frecuencia de niveles.

El hidrograma de frecuencias (curvas estacionales) determinan la distribución porcentual para una fecha establecida de acuerdo

IDEAN- Subdirección de Hidrología- H.G.A.

al periodo de registro de un parámetro hidrológico, por ejemplo niveles o caudales; muestra para cada día del año con que frecuencia se ha presentado un nivel o caudal en el tiempo en porcentajes de acuerdo al registro histórico. Las curvas se presentan para frecuencias del 10, 25, 50, 75, y 90% del periodo de registro.

Las curvas se utilizan para analizar la frecuencia con que se presenta un nivel o caudal para cualquier día determinado del año. Para el caso de inundaciones se utiliza para el seguimiento de los niveles en una determinada estación representativa de una zona de inundaciones sobre las cuales se sobrepone los niveles que se registran en tiempo presente para ir observando el estado actual y la tendencia sobre la cual se dirige y determinar el comportamiento estacional a corto plazo. Ver figura 1

Comportamiento de los niveles por medio de limnigramas.-

El seguimiento a nivel local se puede realizar por medio de hidrogramas de niveles en estaciones de referencia en zonas de inundaciones con relación al nivel de desbordamiento de cada una de ellas. Se toma como referencia la curva correspondiente a los niveles históricos registrados y se va anotando los niveles diarios y al observar sus variaciones y tendencias se puede analizar su comportamiento. Ver figura 2

Curvas de volúmenes con relación a la altura de los niveles.

Para ello se obtienen curvas de relación de volúmenes embalsados y áreas inundadas por medio de mapas de inundaciones. Para realizar un seguimiento del comportamiento del área inundable, se determinan los volúmenes embalsados de inundación a nivel mensual con relación a los niveles registrados en una estación representativa y se elabora una curva con estos valores y se observa el comportamiento durante el periodo de aguas altas y el tiempo que puede superar las cotas de inundación. Ver figura 3 y

Sobre la curva volúmenes y áreas se determinan las áreas inundadas para cada estado y en el tiempo. Ver figura 4

Puntos críticos de desbordamiento en poblaciones asentadas al lado de los ríos.

Uno de los aspectos más importantes dentro de la prevención y mitigación de las inundaciones es la vigilancia de los niveles de los ríos especialmente durante los periodos húmedos o de aguas altas con el fin de dar aviso oportuno a la poblaciones ribereñas en la planicies inundables.

Estas poblaciones en su gran mayoría están localizadas dentro del lecho mayor de los ríos los cuales están sometidos a soportar periódicamente desbordamientos en varios sitios de sus áreas urbanas y rurales. Para conocer exactamente las cotas críticas de inundación en esos sitios es necesario realizar levantamientos topográficos relacionados al limnómetro o mira de la estación de Alertas más cercana, con el fin de obtener puntos de referencia válidos que sirvan de orientación al Servicio de Información Ambiental. Tabla 4

El IDEAM ha venido realizando esta labor en los ríos principales que presentan inundaciones periódicas. Se tiene información de numerosos sitios con cota crítica de desbordamiento relacionadas al nivel del mar y georeferenciados, con información de dinámica fluvial y geomorfología de orillas, tipos de suelo, con descripciones sobre el estado de las márgenes su evolución y tendencia. Información sobre el número de habitantes, número de casas, infraestructura, etc. Ver figuras N° 5 y 6

Con la información topográfica obtenida se puede elaborar un perfil longitudinal del río en donde aparecen el nivel del agua y línea crítica de inundación. Si se obtiene información en tiempo real de niveles en los sitios de referencia y se unen estos puntos con una línea se puede observar si esta supera la línea crítica en algunos sitios se puede interpreta que en esos trayectos son de desbordamiento. Ver figura N° 7

Medidas de prevención

La ocurrencia de estos fenómenos de inundación, generalmente de gran extensión superficial, afecta no solo áreas urbanas sino también a grandes zonas agrícolas como también en áreas que son afectadas por avenidas de origen torrencial en los piedemontes de las cordilleras ocurridas en los afluentes directos del río Magdalena.

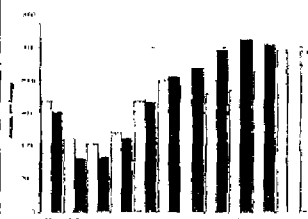
Para estos casos como medida de mitigación y prevención, el

IDEAN- Subdirección de Hidrología- H.G.A.

IDEAM adelanta un programa sobre Caracterización de Planicies Inundables. Se está elaborando una cartilla sobre metodologías para el tratamiento de la zonas que son susceptibles a inundaciones.



REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
AREAS SUCEPTIBLES A INUNDACION Y ENCHARCAMIENTO

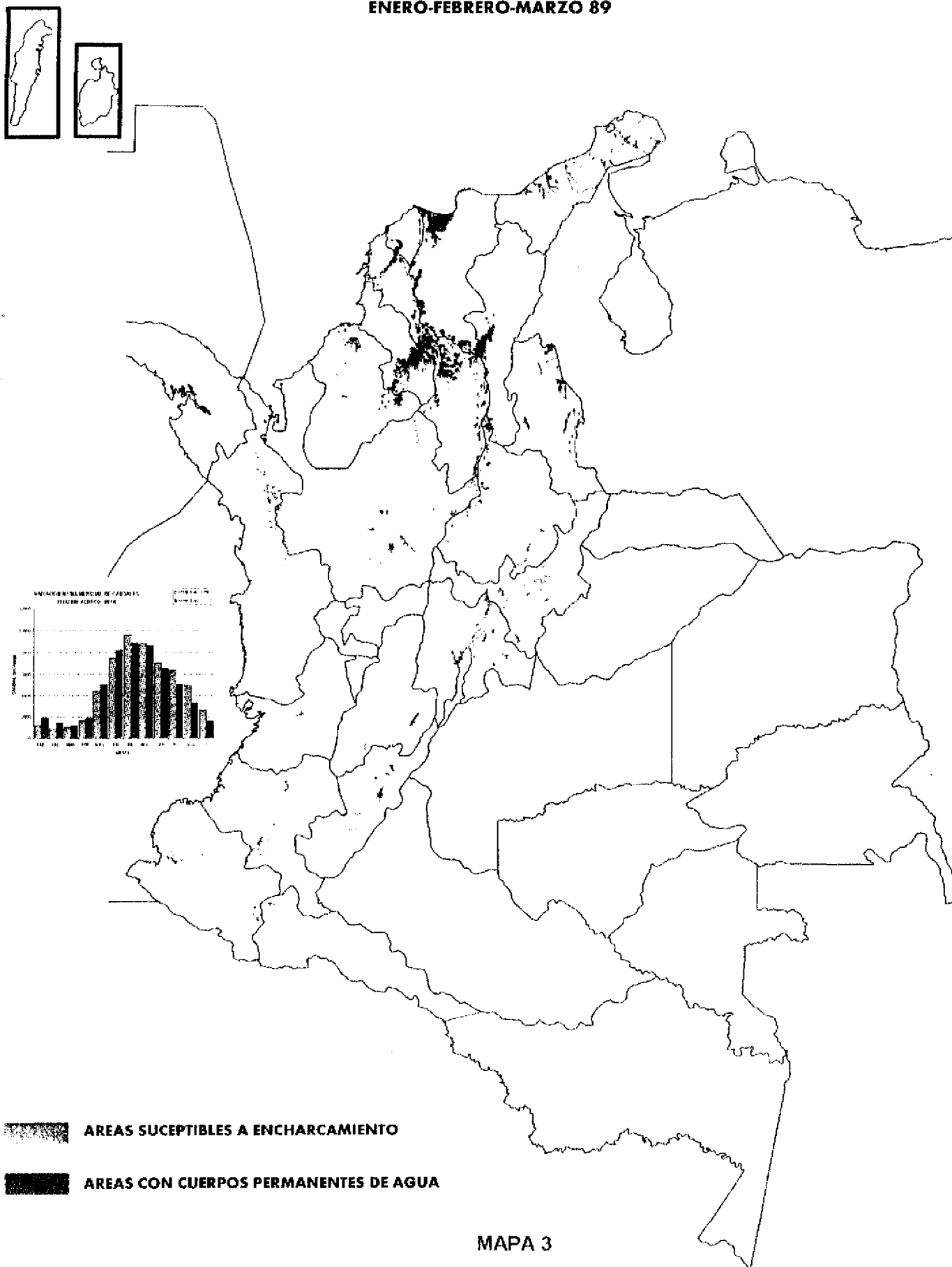


**REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE**

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

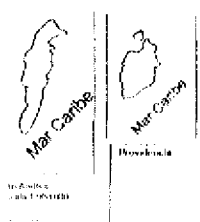
AREAS SUCEPTIBLES A INUNDACION Y ENCHARCAMIENTO

ENERO-FEBRERO-MARZO 89



FUENTE IDEAM, 1998.

Ilegible por
mal estado del
documento original



Mar Caribe

CATEGORIA DEL RIESGO
EN LOS MUNICIPIOS
A EVENTUALES INUNDACIONES
DURANTE LA EVOLUCION DEL FENOMENO FRIO
DEL PACIFICO - LA NIÑA
1.998 - 1.999

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA,
Y ESTUDIOS AMBIENTALES



VENEZUELA

Oceano Pacifico

ECUADOR

BRASIL

PERU

RIESGO

-  MUY ALTO
-  ALTO
-  MEDIO
-  BAJO
-  Sin Informacion Suficiente

MAPA 4

Escala 1:9.000.000

Fuente:
Estructuró y Elaboró
IDEAM
1.998

