

Evaluación de la peligrosidad por tasa de escorrentía superficial en la Cuenca del Río Cauto. Sector Provincia Granma. Cuba

Assessment of the riskiness by surface runoff rate in the Cauto River Basin Granma Province Sector, Cuba

*Yalina Montecelos Zamora¹, Yuri Almaguer Carmentes,
Yosvanis Batista Cruz.*

Resumen

La explotación irracional, durante siglos, de las riquezas naturales existentes en la cuenca del río Cauto, la más importante de Cuba, unido a factores climáticos, han ido restándole vida a sus más de 9.600 km². En el territorio de la cuenca del Cauto, se puede comprobar que la agricultura domina el uso del terreno en la llanura de inundación del río Cauto, la vegetación de los bosques suele aumentar la precipitación por lo que debido a estas condiciones y por ser un escenario importante dentro de la geografía nacional se han desarrollado importantes evaluaciones medio ambientales, de gestión así como de diagnóstico de las inundaciones pues constituye uno de los procesos hidrológicos de mayor peligro para las actividades humanas. Por esto en la evaluación de las inundaciones se emplean varias aproximaciones, estas se basan en la determinación de los factores que influyen en la inestabilidad del medio, caracterizados por mapas de factores condicionantes, que se combinan para definir los distintos grados de susceptibilidad, obteniendo como resultado el mapa de susceptibilidad por inundación. La metodología aplicada en la investigación está basada en un Sistema de Información Geográfico (SIG), en el que se integra la información de todos los factores condicionantes que influyen en la susceptibilidad de las inundaciones en la cuenca del río Cauto (Sector Provincia Granma). Los factores condicionantes utilizados en la investigación son las precipitaciones, la pendiente, la hipsometría, la litología, usos de suelos y tipos de suelos. Los resultados muestran el mapa de susceptibilidad por inundación en la cuenca del río Cauto, (Sector Provincia Granma).

Palabras clave: Susceptibilidad por inundación; Peligro por escorrentía superficial; Río Cauto, Cuba.

Abstract

During centuries, irrational exploitation of the natural resources existent in the Cauto river basin, the most important in Cuba, together with climatic features, have been taking up life to over their nine thousand six hundred square kilometers. In the territory of the Cauto basin, it can be proved that agriculture controls the use of soil in the flooded plain of the Cauto river and woods vegetation usually increases rainfall. Due to these conditions and for being an important scenario within the national geography, important environmental, management and flood diagnosis assessments have been developed since it is one of the hydrologic processes with greatest danger for human activities.

That's why in flooding assessment, several approximations are used, based in the determination of factors influencing environment instability, characterized by conditioning factors maps which are combined to define the different susceptibility levels, obtaining as a result the flooding susceptibility map. The applied investigation methodology is based on a Geographic Information System (GIS), in which the information of all the conditioning factors that influence on the flooding susceptibility in the Cauto river basin (Granma Province Sector) is made up. The conditioning factors used in the research are rainfall, slope angle, hypsometry, litology, soil uses and soil types. The result shows the susceptibility map by flooding in the Cauto river basin (Granma Province Sector)

Keywords: Flood susceptibility; Danger in runoff; Río Cauto, Cuba.

¹ yali.zamora@yahoo.com, yalmaguer@ismm.edu.cu, espvt@eah.gram.hidro.cu,

Este trabajo puede considerarse producto de la tesis de maestría de la Master Yalina Montecelos Zamora tutorada por el Dr. Yuri Almaguer Carmentes.-Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Gaveta Postal 2140, Bayamo, Código Postal 85100. Granma, Cuba. Mail yzamora@dimitrov.cu Departamento de Geología, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Holguín, Cuba. yalmaguer@ismm.edu.cu.

Fecha de publicación: 30/06/2010. 20 páginas.

1. Introducción

La problemática de las inundaciones es una de las catástrofes naturales que mayor número de víctimas producen en el mundo. Se ha calculado que en el siglo XX unas 3,2 millones de personas han muerto por este motivo, lo que es más de la mitad de los fallecidos por desastres naturales en el mundo en ese periodo.

En Cuba están asociadas a problemas tales como: modificaciones del terreno producidas por prácticas agrícolas inadecuadas, tala de árboles, urbanización y otras intervenciones impropias en el medio ambiente o las combinaciones de ellas.

El Cauto es el mayor río de Cuba, con una longitud total de 343,4 Km, es la mayor de las llanuras fluviales y fluviomarinas de la Isla. Por lo que en gran medida se ve afectado por las inundaciones fluviales relacionadas generalmente a eventos meteorológicos con altos acumulados de lluvias, así como por las características morfológicas que posee.

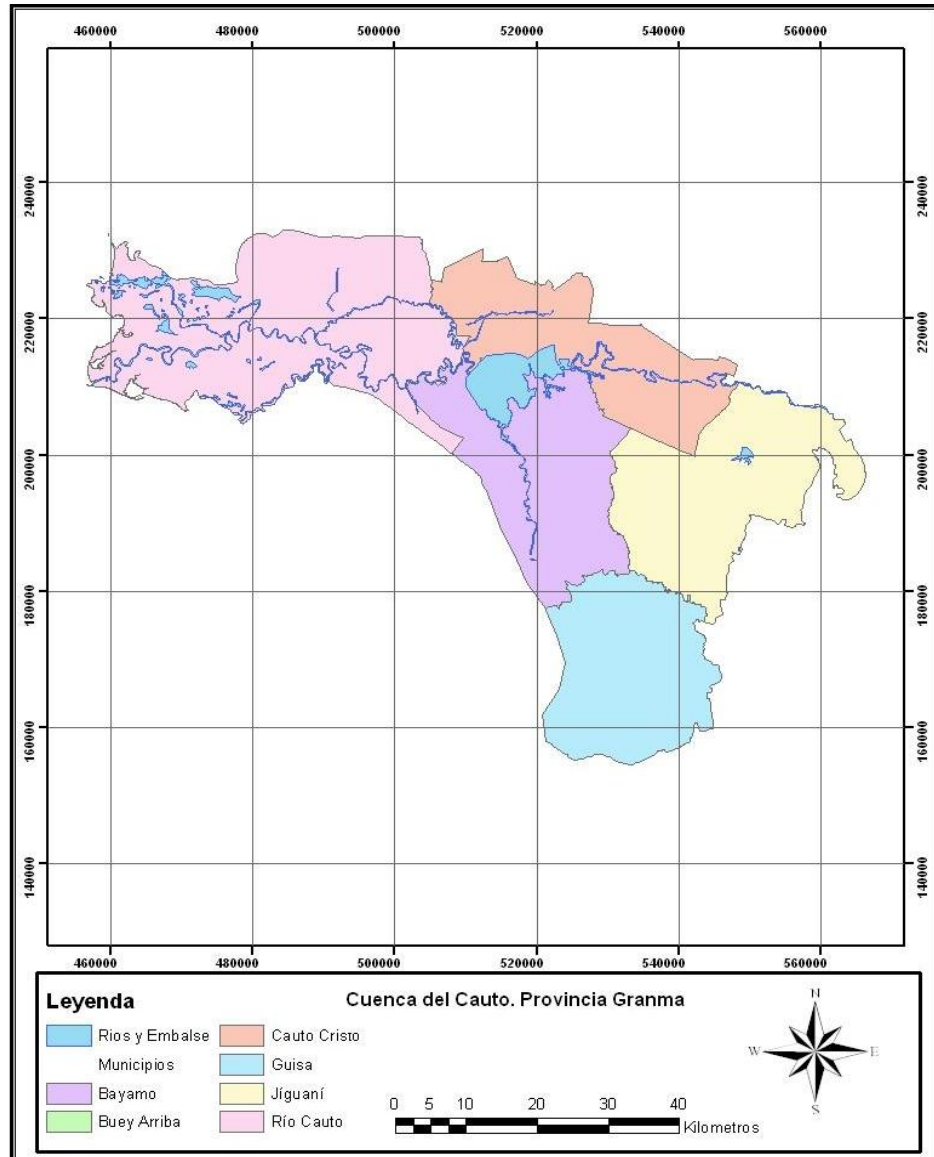
Entre los factores importantes que condicionan este fenómeno están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordes de los ríos, (Fuentes y Franco, 1997) (Figura 1).

2. Metodología empleada

Para la realización de la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones en la cuenca del Río Cauto, Sector Provincia Granma se aplica una metodología basada en los criterios de influencia integrada y la correlación de los principales factores físicos geográficos que provocan las inundaciones del terreno. Para ello se han seleccionado varios indicadores físico-geográficos que influyen en la ocurrencia de las inundaciones, implementando para su montaje, manejo e interpretación un Sistema de Información Geográfico (SIG).

Para ello se han seleccionado varios indicadores físico-geográficos que influyen en la ocurrencia de las inundaciones, implementando un Sistema de Información Geográfico (SIG) para su montaje, manejo, análisis e interpretación.

Figura 1. Ubicación geográfica del Área de Estudio



Fuente:

elaboración de Yalina Montecelos, 2010. (Escala 1:50000)

Después de definir y seleccionar todos los elementos físico-geográficos que influyen en la ocurrencia de las inundaciones, se escogieron los siguientes factores para ser utilizados en el análisis de peligrosidad por inundación:

1. Altitud del terreno
2. Pendiente del terreno
3. Tipo de suelo.
4. Hidrología del área.

Altura sobre el nivel del mar

En el proceso de estancamiento de las aguas influye tanto como la cantidad de precipitaciones la altura del lugar, considerándose la altura del relieve como uno de los factores principales para desencadenar inundaciones. A nivel mundial aún no se han puesto de acuerdo a partir de cual cota comienzan los territorios montañosos, aunque existe un amplio consenso en que éstas comienzan a partir de los 150 m de altura. Por esta razón, y dejando un margen de 30 m, se ha considerado como límite una cota por debajo de 120 m.s.n.m. para que se produzcan inundaciones (Figura 2).

Figura 2. Inundabilidad de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar

| Altura (m) | Descripción |
|------------|------------------------|
| 0 – 30 | Muy Inundable |
| 30 – 60 | Inundable |
| 60 – 90 | Medianamente Inundable |
| Más de 120 | Poco Inundable |

Pendiente del terreno

La pendiente del terreno es uno de los factores que influye decisivamente en la ocurrencia de las inundaciones. Se valora la influencia de las condiciones que presenta la pendiente del terreno sobre el proceso de anegamiento, puesto que es un elemento geomorfológico determinante en la formación de los territorios propensos a inundarse, pues el agua escurre con rapidez por terrenos que presentan buena pendiente; pero si la misma es excesiva la velocidad de escurrimiento no permite la infiltración.

En este caso se han asumido cuatro categorías. Atendiendo fundamentalmente que para que un terreno se inunde deben de existir, por lo general, pendientes pequeñas, puesto que para las altas pendientes las probabilidades de inundación son poco probables debido a la rápida evacuación de las aguas superficiales a lugares con menor pendiente (Figura 3):

Figura 3. Inundabilidad de acuerdo a las pendientes del terreno

| Pendientes (grados) | Descripción |
|---------------------|------------------------|
| 0- 2.5 | Muy inundable |
| 2.5 - 5 | Inundable |
| 5- 7.5 | Medianamente Inundable |
| 7.5- 10 | Poco Inundable |

Tipos de suelos

Algunas características de los suelos -como porosidad, permeabilidad, compactación, entre otras-, determinan la permanencia o no de una lámina de agua durante cierto período de tiempo.

En la cuenca de estudio es muy engorroso incluir todos los suelos presentes; por ello se han agrupado de acuerdo con la posibilidad de que contribuyan a la inundación del terreno; es decir, atendiendo a su coeficiente de filtración, pues los terrenos pueden ser más o menos permeables dependiendo de su estructura interna y su composición. Desde este punto de vista, existe un predominio de suelos del tipo *vertisol*, con elevado contenido de arcillas (principalmente montmorillonita).

Se definieron tres categorías de suelos en la cuenca de acuerdo a los objetivos de la investigación: impermeables, medianamente permeables y permeables, siguiendo a Sánchez y Batista (2005) (Figura 4).

Figura 4 Inundabilidad de acuerdo a los tipos de suelos.

| Tipo de suelos | Descripción |
|---|-------------------------|
| Vertisoles, gley vertico fuerte y medianamente gleyzados. Son los suelos de la ciénaga costera y los negros tropicales típicos, así como los sódicos. | Poco permeables |
| Pardos típicos humificados | Medianamente permeables |
| Ferrálíticos, fluvisoles, húmicos y fersialíticos con características arcillo- arenoso. | Permeables |

Factor hidrológico

Este factor se trabajó relacionando las precipitaciones, la infiltración y el escurrimiento superficial con respecto a las inundaciones. En el análisis nos apoyamos en el *mapa de distribución de las precipitaciones*, a las cuales se relaciona -en el proceso de su rasterización- con el nivel de peligrosidad de inundación. Se obtiene como resultado el *plano de peligrosidad* en relación a dicha densidad y distribución de las lluvias, teniendo en cuenta el grado de infiltración la de las mismas y el escurrimiento.

En este trabajo se ha tomado solamente el registro de lluvia de 8 años, comprendido entre el 2000 hasta el 2008, para integrarlo con los otros indicadores señalados y elaborar un mapa de peligro de inundaciones, utilizando el método de combinación de los factores condicionantes.

Se pudo comprobar que los municipios de la zona montañosa tienen una fuerte influencia en la cuenca pues, cuando se producen lluvias intensas, provocan que aumente los escurrimientos de los ríos, lo que conlleva al llenado de los embalses y a la ocurrencia de inundaciones en las partes más bajas del territorio.

2.1. Metodología de valoración de la susceptibilidad por inundación mediante el análisis estadístico

El análisis estadístico está basado en la relación observada entre cada factor condicionante analizado y la distribución espacial de las inundaciones. La fortaleza funcional del método aplicado es directamente dependiente de la calidad y cantidad de los datos disponibles para el análisis. La aproximación estadística puede ser aplicada siguiendo diferentes técnicas, las cuales difieren en el procedimiento estadístico aplicado (univariado o multivariado) y del tipo de unidad de terreno utilizada.

La técnica estadística aplicada en la investigación es el análisis condicional, basado en el teorema de Bayes (Parzen, 1960), que aunque es simple conceptualmente, no lo es operacionalmente; evalúa la relación probabilística entre los factores condicionantes relevantes seleccionados y la ocurrencia de inundaciones.

$$S = \frac{\text{Área_clase}}{\text{Área_cuenca}} * \frac{\text{Área_inund_clase}}{\text{Área_inund_total}}$$

Donde:

Área_ clase: Área ocupada por las clases de cada factor condicionante.

Área _cuenca: Área total de la Cuenca.

Área_ inund_ clase: Área de la clase ocupada por zonas inundadas.

Área_ inund _total: Área total ocupada por zonas inundadas.

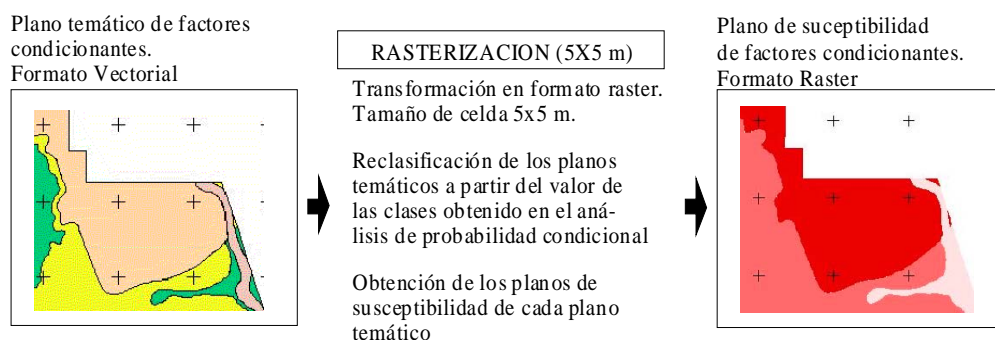
En la Figura 5 se muestra la aplicación del análisis condicional en ambiente SIG para la caracterización de los planos temáticos de factores condicionantes y posterior valoración de susceptibilidad.

La valoración de todos los factores se realizó en función de la cantidad de área ocupada por inundaciones en cada clase. Una vez valoradas todas las clases de los factores analizados, se procedió a la conversión en formato raster, con tamaño de celda de 5x5 m, y la posterior reclasificación de cada plano temático mediante el análisis de cluster. Esta es una técnica estadística multivariada, que se usa para identificar o clasificar características similares en un grupo de observaciones.

De esta forma, se determinaron las clases de susceptibilidad para cada factor, para las combinaciones entre estos y para la obtención del plano final de susceptibilidad.

La metodología aplicada en la investigación se resume en la Figura 6 donde se presenta la estructura del SIG implementado y el orden lógico de los procedimientos para la obtención del plano final de peligrosidad.

Figura 5. Proceso de rasterización y reclasificación para la obtención de planos de peligrosidad por factores



Fuente: elaboración de Yalina Montecelos, 2010

Figura 6. Metodología empleada en la investigación para la evaluación de la susceptibilidad por inundación de la Cuenca del Cauto



Fuente: Elaboración propia

3. Descripción y cartografía de las inundaciones.

Para la confección de este mapa se realizó un inventario a partir de varias campañas de reconocimiento, en las cuales se describieron todas las inundaciones desarrolladas en el área de estudio. Para esto se recorrieron todos los municipios pertenecientes a la cuenca, los cauces de los ríos, así como las áreas reforestadas.

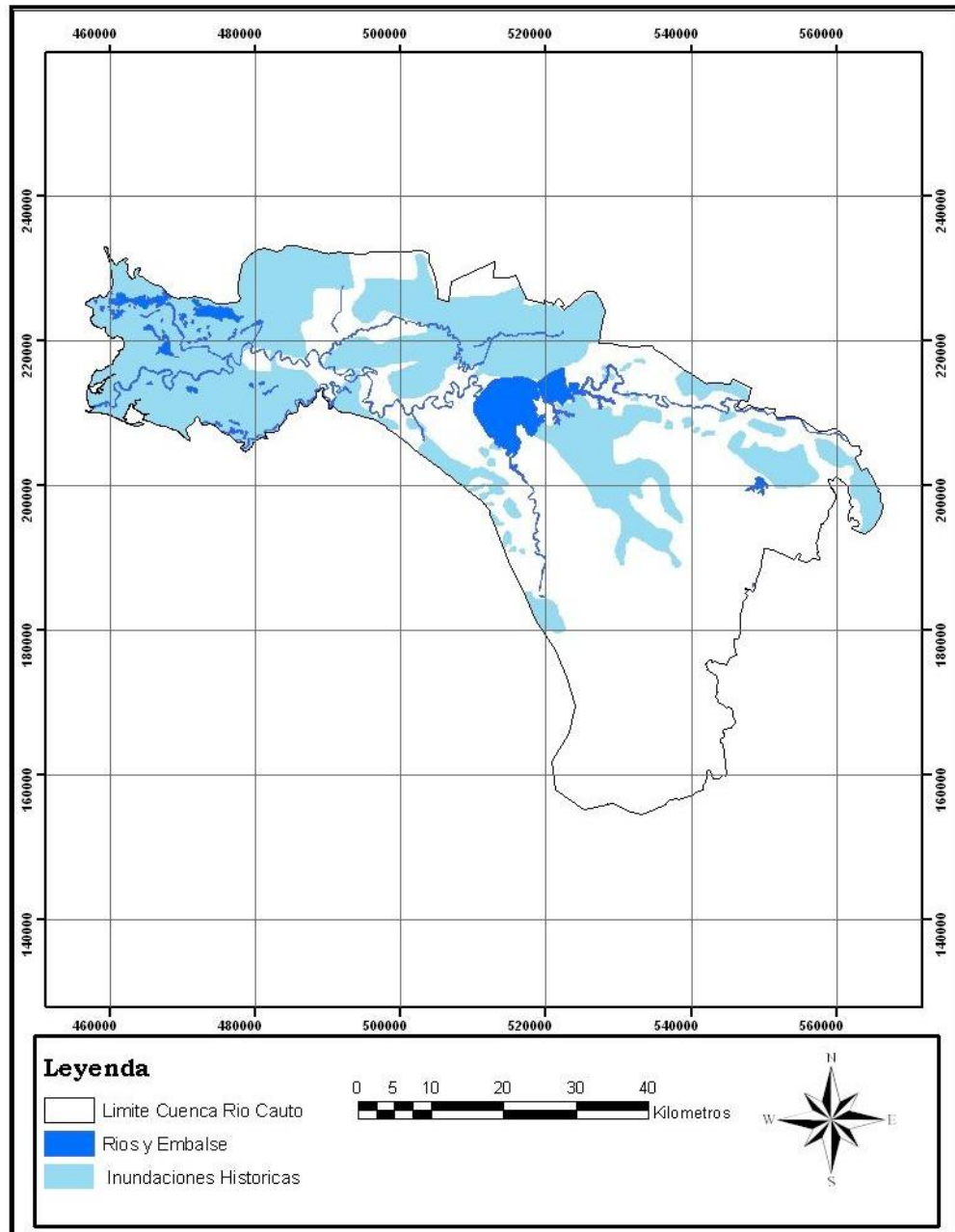
La parte de la cuenca del río Cauto investigada se localiza en la parte norte y noreste de la provincia de Granma. En esta zona el río corre en dirección Sur-Norte en la parte superior y de Este a Oeste en el resto de su curso hasta desembocar en el Golfo de Guacanayabo.

En cuanto a su hidrografía, los ríos constituyen una red bastante desarrollada y su principal fuente de agua se localiza en las elevaciones de la Sierra Maestra. En el territorio aparecen ríos con grandes caudales, entre ellos se encuentra el río Cauto que juega un papel importante en cuanto a la regulación de las aguas superficiales.

En la cuenca completa el patrón de drenaje, a nivel general, es dendrítico, volviéndose angular debido al alto control tectónico, sobre todo en los límites de los bloques, siendo típicos los valles en forma de V con pendientes fuertes, los que se hacen más amplios y menos profundos cuanto mayor es su orden.

De acuerdo al mapa actual de inventario de inundaciones de la cuenca, podemos observar que el desarrollo de las inundaciones están relacionadas principalmente con la zona de la desembocadura del río Cauto, así como en la parte central y noreste de la misma. Estas ocupan un área de 1386,37 (Km²) que representa el 40, 51% del área total de la cuenca que pertenece a la provincia Granma (Figura 7)

Figura 7. Mapa de zonas inundadas en la cuenca del río Cauto, Sector Provincia. Granma.



Fuente:
elaboración de Yalina Montecelos, 2010 (Escala 1:50000)

En la Figura 8 se observa que el río Cauto corre de nore

ste al sureste antes de llegar al poblado de Río Cauto y justamente en este municipio cambia de dirección bruscamente hacia el suroeste, cambiando nuevamente hacia el noreste.

Este cambio de dirección, prácticamente de 90 grados, provoca durante grandes avenidas el represamiento por retardo del escurrimiento a través del cauce, causando inundaciones en la llanura.

Como se puede observar en la foto, hay rasgos morfológicos, como meandros abandonados, hacia el noreste del río Cauto, lo cual es una evidencia de la dinámica fluvial del río en estudio.

Figura 8. Características morfológicas del cauce del río Cauto frente al poblado



Fuente:
Google Earth, 2008

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad,

se manifiesta en este caso un alto grado de exposición a los riesgos por parte de la comunidad, frente a los fenómenos naturales de inundación del Río Cauto. Esta problemática es una evidencia de planes y políticas de ordenamiento no adecuadas, que no tienen en cuenta los peligros y riesgos potenciales -así como la capacidad de acogida del terreno- en el área de estudio.

Caracterización de los planos de peligrosidad por inundación

El paso siguiente es la reclasificación de cada plano en función de los valores obtenidos en el paso previo; es decir, en el proceso de valoración de cada factor a partir de la técnica probabilística utilizada, antes descripta.

Peligrosidad por la altitud del terreno

Para la evaluación de la susceptibilidad por hipsometría se tuvo en cuenta las zonas que eran propensas a inundarse. Con tales fines, se clasificaron cinco zonas:

- susceptibilidad muy alta,
- susceptibilidad alta,
- susceptibilidad media,
- susceptibilidad baja
- susceptibilidad muy baja.

Las zonas con *muy alta, alta y media susceptibilidad* se encuentran en la parte más baja de la cuenca, con alturas del relieve menores de 30 m, en las cuales se acumulan con mayor facilidad las aguas de escorrentía de la parte superior de la cuenca durante los períodos lluviosos; morfológicamente se encuentran en la llanura de inundación de la cuenca.

Con *susceptibilidad media, baja y muy baja* se encuentran zonas espacialmente distribuidas en toda la parte central y noreste de la cuenca, con intervalos desde 60 hasta 90m de altitud. En la parte más alta de la cuenca, en intervalos superiores a 120 m, estos lugares se relacionan también con zonas de altas pendientes en las cuales los flujos de aguas se mueven con mayor velocidad o aceleración impidiendo la infiltración y escurriendo hacia las zonas más bajas de la cuenca.

Peligrosidad por la pendiente del terreno

Teniendo en cuenta los valores de pendiente a partir de los cuales eran propensos a inundarse, se clasificó en cuatro categorías: zonas de muy alta susceptibilidad, alta, media y baja.

Estas zonas de *muy alta y alta susceptibilidad* a las inundaciones, se encuentran en la parte mas baja del área, con pendiente menor de 5°. Es la porción noroeste, donde la aceleración de los flujos es menor y permite la acumulación y permanencia de la lámina de agua. Este fenómeno se incrementa, teniendo en cuenta la saturación de los sedimentos aluviales y depósitos de llanuras.

Las zonas de media y baja inundabilidad están relacionadas con valores de pendiente mayores de 7, 5° en su parte sureste. En estos sitios los flujos se mueven en torrentes

con grandes aceleraciones, provocando mayores inundaciones en las partes más bajas de la cuenca.

Peligrosidad por tipo de suelo

El plano de uso de suelo se reclasificó en cuatro clases:

- las zonas con *susceptibilidades muy altas* se localizan en toda la parte central de la cuenca, así como al noreste y suroeste del territorio, que ocupa un 48.49% del área total.
- las zonas con *susceptibilidades bajas y medias* ocupan el 0,54 y 4,94 % del área, respectivamente.

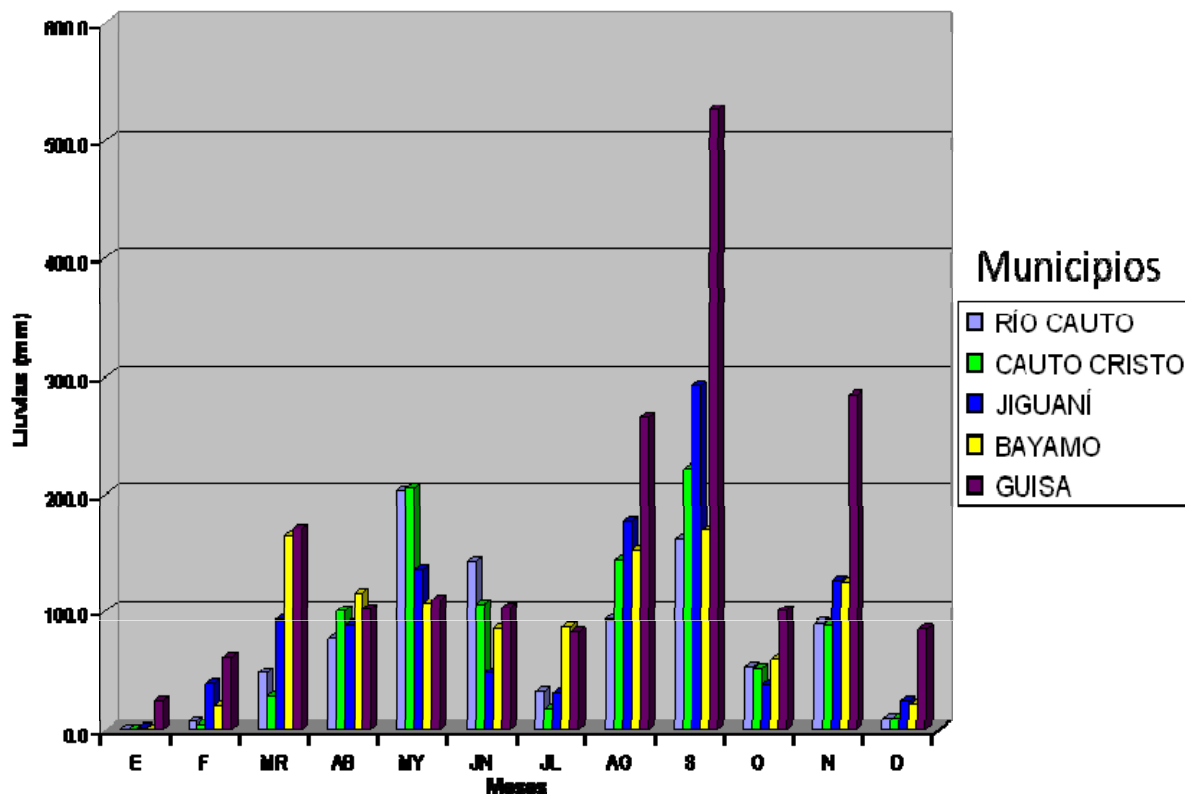
Las mayores susceptibilidades, de acuerdo al tipo de suelo, se relacionan con los *vertisoles* -que presentan un alto predominio y poseen un elevado contenido de arcillas, principalmente montmorillonita-, los Sódicos y los Gley vérticos. Estos suelos se caracterizan por ser muy plásticos y adhesivos, propiedades estas que acentúan los problemas de mal drenaje.

Caracterización Pluviométrica.

Las precipitaciones en la cuenca son bastante abundantes durante todo el año, con valores superiores a los 600mm; los mayores valores coinciden donde la red fluvial se hace más densa. La caracterización de las precipitaciones de la cuenca aportó que los mayores cúmulos se producen en el municipio de Guisa, (figura 9 y 10). Esta situación provoca grandes avenidas en los ríos y el correspondiente llenado de los embalses presentes en la región oriental. Las lluvias intensas en las zonas montañosas, indiscutiblemente, aumentan el escurrimiento de los ríos, lo que conlleva a la ocurrencia de inundaciones en las partes más bajas del territorio. Los resultados pluviométricos en el área de la cuenca se muestran una intensificación de los eventos pluviales en los meses de agosto-septiembre-noviembre en el año 2008 y mayo-junio en el 2009.

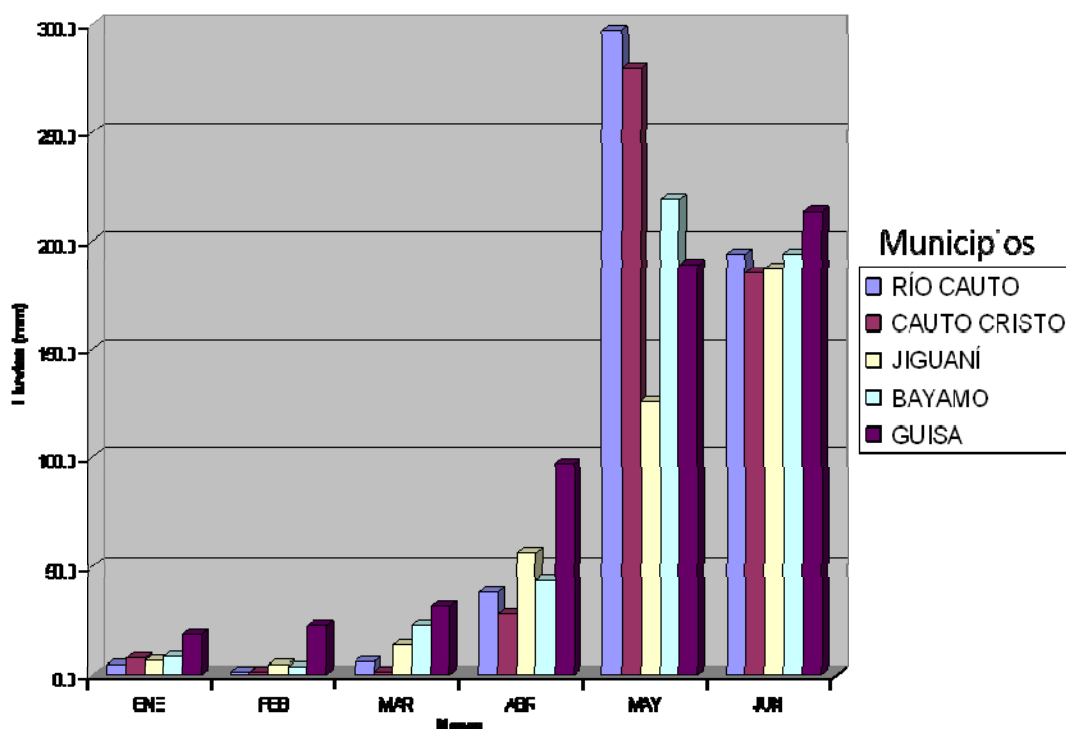
Castañeda y Guardado (2006) han señalado que para la identificación de los escenarios de peligros por inundaciones debido a lluvias intensas, es necesario considerar las zonas montañosas, pues las mismas pueden afectar a los pisos altitudinales más bajos, debido a la esorrentía de la red fluvial, aspecto este que se materializa en la zona de estudio

Figura 9. Comportamiento de las precipitaciones en el año 2008, Cuenca del Río Cauto



Fuente: elaboración de Yalina Montecelos, 2010

Figura 10. Comportamiento de las precipitaciones en el primer semestre del año 2009, Cuenca del Río Cauto



Fuente: elaboración de Yalina Montecelos, 2010

5. Caracterización del mapa de inundabilidad de la cuenca del río Cauto. Sector Provincia Granma.

A partir de la combinación de los mapas raster, que integran cada factor condicionante analizado y el empleo de un Sistema de Información Geográfico, se construyó el mapa de susceptibilidad por inundación en la cuenca del río Cauto. El mismo muestra que existe una geometría, que depende en gran medida de su red fluvial y se presenta en dos áreas de sedimentación:

- el de piedemonte y
- la llanura fluvial.

El sistema fluvial localizado en el frente montañoso de la cuenca está relacionado con el municipio de Guisa, que posee características geomorfológicas vinculadas a altas pendientes que favorecen una susceptibilidad baja. Sin embargo, este elemento geométrico de la cuenca, a su vez, propicia que se produzca un cambio brusco en la entrega de agua a la llanura fluvial y se expanda gran cantidad de líquido, proveniente de la montaña, hacia la parte central del territorio.

Esta es una de las causas, unidas al desarrollo de pendientes bajas (2,5m a 5,0m), que propician una mayor susceptibilidad de las inundaciones en el territorio. Un comportamiento similar fue descrito por CIGEA (2007) al analizar los riesgos provocados por inundación debido a las afectaciones de la Tormenta Tropical Noel en esta zona del país.

El mapa (Figura 11) posee un alto valor práctico desde el punto de vista geoambiental, porque delimita las áreas en las que pueden ocurrir con mayor probabilidad este fenómeno natural, desde el punto de vista espacial.

Se establecen niveles de susceptibilidad, a partir del valor de cada clase de factores condicionantes. La cuenca se divide en cinco categorías fundamentales: zonas extremadamente inundables, muy inundables, medianamente inundables, baja inundabilidad, no inundables

Zona extremadamente inundable

Se corresponden con áreas totalmente cubiertas por agua durante los eventos pluviométricos extremos. Desde el punto de vista topográfico, se relaciona con áreas más deprimidas del terreno.

Se ubican espacialmente en la parte NE y SE de la cuenca, donde se puede destacar que el principal municipio afectado es Río Cauto, que se encuentra dentro de la llanura de inundación, constituyendo la zona de mayor riesgo ante este tipo de fenómeno. En este sentido, son fuertemente afectados los Consejos Populares: Guamo, Guamo Viejo, Santa Rosa y las 1009.

Comparado con los registros de inundaciones del Centro de Gestión de Riesgos de la Defensa Civil, existe coincidencia con las áreas de inundación en las cuales han tenido que realizar actividades de evacuación con los pobladores.

En esta zona existe un rasgo morfológico del cauce del río, relacionado con el cambio de dirección (sur-oeste, cambiando hacia el norte-este), lo cual provoca, de forma natural, un retardo del escurrimiento fluvial durante grandes avenidas, elevando el nivel de las aguas y aumentando las áreas inundadas.

Zonas muy inundables

Se relacionan con áreas inmediatamente vecinas al cauce y cuerpo de agua principal del río Cauto, y desde el punto de vista hidrológico, recibe en primer término el excedente hídrico que no es capaz de transportar el cauce.

Espacialmente se encuentran ubicadas en la llanura de inundación, donde existe un amplio desarrollo urbano, principalmente relacionado con el municipio Bayamo en su parte nordeste, el municipio Cauto Cristo y Jiguaní en su porción oeste y noreste. Quedan afectados por este fenómeno principalmente los Consejos populares Vado del Yeso, Cayama, Cauto Embarcadero, Cauto del Paso, El Batey, Grito de Yara, del municipio Río Cauto y Dos Ríos, Palmarito y las Palmas (en su parte oeste- noreste) del municipio de Jiguaní:

Zonas Medianamente inundables

Esta zona se ubica en áreas más elevadas que las anteriores. Se caracterizan como áreas con capacidad de transferir o conectar excedentes hídricos una vez alcanzado el nivel de máximo.

Cuando ocurren intensas inundaciones se afecta una pequeña porción del este de Bayamo con los Consejos Populares de las Tamaras, el Horno y el Almirante, la parte central y sureste de Jiguaní con las comunidades de: Charco Redondo, La Rinconada, Santa Rita, Las Delicias, Jiguaní Norte y Sur y Cautillo, así como la parte norte de Guisa, afectando principalmente a Loma de Piedra, Monjara, Corralillo y Urbano 1 y 2.

Zonas de baja inundabilidad

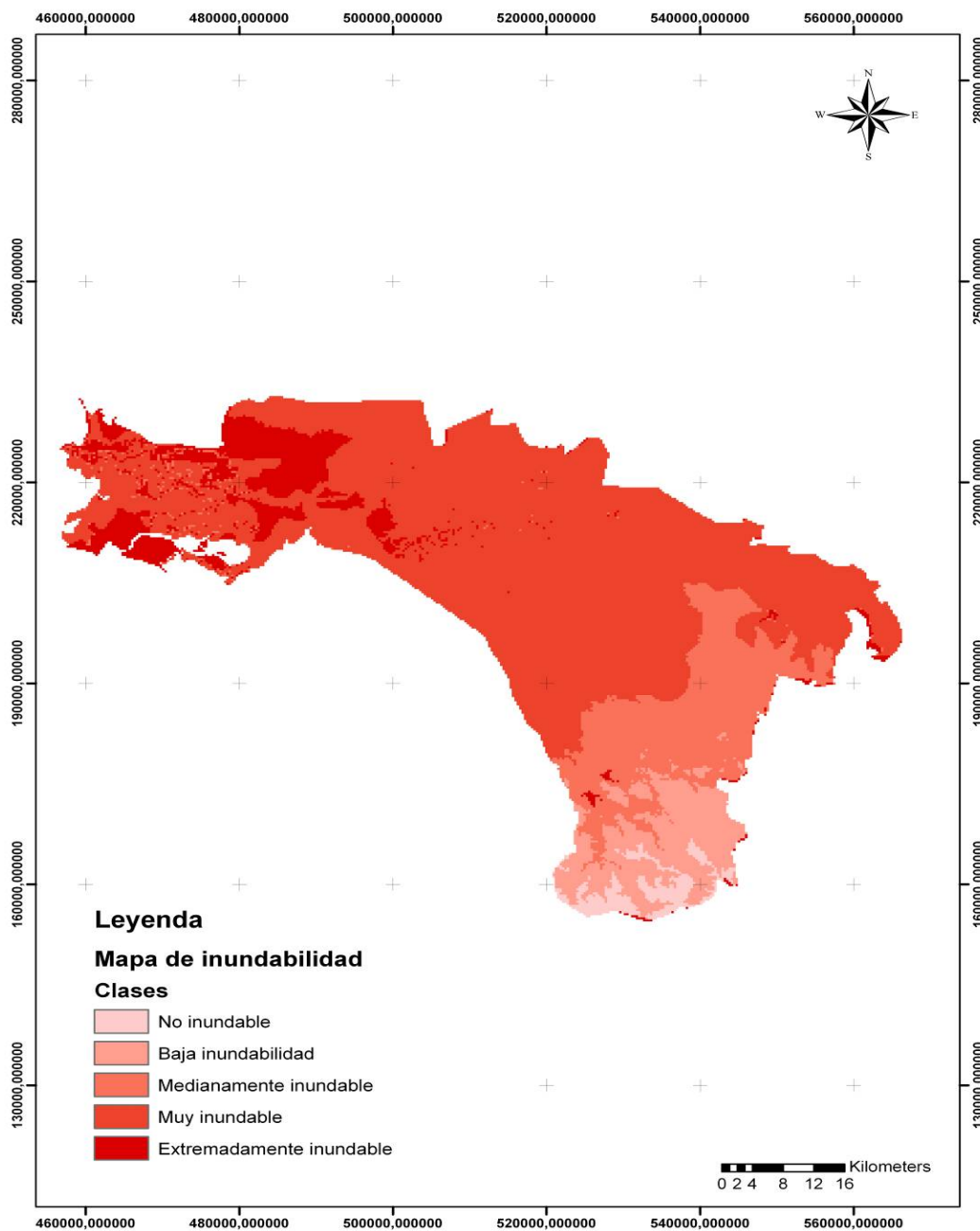
Son las áreas topográficamente más elevadas, alcanzadas por las aguas sólo en forma muy ocasional y de forma transitoria. Es la zona libre de inundación.

Es decir, que cuando ocurren intensas lluvias, como es una zona extremadamente alta, no se ve afectada por la permanencia de la acumulación de aguas en su superficie. Espacialmente se relaciona con el municipio de Guisa, en toda su parte central, con los Consejos Populares de Victorino, Los Horneros, Palma del Perro y el Bombóm.

Zonas no inundables

Son zonas que no cumplen con las condiciones anteriores y que además topográficamente están muy elevadas. En el área de estudio se relacionan con los Consejos Populares: La Plata, los Números y los Horneros, del municipio Guisa. (Figura 11).

Figura 11. Mapa de inundabilidad de la Cuenca del Cauto. Sector Provincia Granma. (Escala 1:50000)



Fuente: elaboración de Yalina Montecelos, 2010 (Escala 1:50000)

Conclusiones

En el territorio de la cuenca del Cauto, la más importante de Cuba, se ha explotado irracionalmente, durante siglos, los recursos naturales existentes y se ha hecho un uso predominantemente agrícola del suelo sobre la llanura de inundación del río. Estas circunstancias unidas, a factores climáticos, han ido restándole vida a sus más de 9.600 km².

Por ser un escenario significativo dentro de la geografía nacional se han desarrollado importantes evaluaciones medio ambientales, diagnósticos y proyectos de gestión de las inundaciones, pues constituye uno de los procesos hidrológicos de mayor peligro para las actividades humanas.

Como se ha mencionado, la cuenca del río Cauto, desde el punto de vista geológico, se caracteriza por una alta complejidad, representada litológicamente por rocas de la Fm Cauto, que presentan un coeficiente de permeabilidad muy bajo. Las condiciones geomorfológicas que predominan -pendientes y bajas del terreno- y las características hipsométricas de la cuenca, condicionan la existencia de áreas de alta susceptibilidad frente a las inundaciones durante intensos períodos lluviosos.

A partir del estudio presentado en este artículo se determinaron y evaluaron los factores condicionantes de las inundaciones para el área de la cuenca. Los de mayor influencia sobre el fenómeno analizado son la altitud del terreno, las pendientes, y la cantidad de precipitaciones que caen en el territorio.

El mapa final de inundabilidad de la cuenca del río Cauto, elaborado para este trabajo, muestra las zonas de susceptibilidad o predisposición del terreno a las inundaciones, caracterizándose las zonas del municipio Río Cauto como "extremadamente inundable". Por su parte, el municipio Bayamo en su parte nordeste, Cauto Cristo y Jiguaní en su porción oeste y noreste, fueron tipificadas como "muy inundable" mientras que el este de Bayamo y norte de Guisa se caracterizó como "inundable". Las categorías de zonas de "baja inundabilidad" se relacionan con el municipio Guisa en su parte central.

Según los resultados de la valoración de los factores condicionantes de las inundaciones, se estableció un plan de prevención y mitigación de riesgos por inundaciones que comprende medidas estructurales y no estructurales y otras dirigidas fundamentalmente a la educación de la población.

Entre dichas medidas se destacan: la restauración forestal, la regulación de los usos del suelo en los sectores inundables, el perfeccionamiento de las estaciones meteorológicas del territorio y la canalización de los ríos. Para esto y para la creación de líderes se cuenta con el apoyo de los órganos estatales y los gestores de la defensa civil, entre otros.

La facilidad de actualizar permanentemente las bases de datos que integran un SIG y los mapas resultantes, a medida que las inundaciones se desarrollan en el tiempo; asegura la reproducción de los resultados y la aplicación regional de la metodología utilizada; la rapidez del análisis de los factores que inciden en las inundaciones y la obtención de un *mapa de susceptibilidad* siempre vigente.

Bibliografía

Batista, L & Sánchez M (2003). *Peligro y Vulnerabilidad en el Este de La Habana*. En "Revista Internacional de Ciencias de la Tierra", pps. 86-98, Madrid: Revista Mapping, S:L:.

Castañeda, S. y Guardado, R (2006). *Zonación Ingeniero Geológica de peligrosidad y riesgo por inundación del territorio de Sagua de Tanamo*. En "Revista Geología- Minería", pps. 22. 2, v. 22 n. 2. Cuba: Holguín.

CIGEA (Centro de Información ambiental y gestión ambiental) (2007). *Informe sobre estudio de Impacto Ambiental en la Cuenca del Cauto*. Ciudad de la Habana.

Fuentes, A. y Franco, H. (1996). *Modelo matemático de Riesgo Hídrico*. pps. 81-91. En Revista Ciencia de la Tierra. España: AEPECT

Giraut, M. y Minotti, P. (2002). *Aporte metodológico para la definición de la Gobernación sobre Técnicas aplicadas a la Gestión de emergencias para la Reducción inundación*. En "Cuadernos de Investigación", N° 41. Argentina: CEMLA.

Sánchez, M. y Batista, J. (2005). *Evaluación del peligro ante la ocurrencia de Inundaciones. Cuenca del Cauto. Cuba*. En "Revista Internacional Ciencias de la Tierra". N.103, pps.112. Cuba: Instituto de Geografía tropical.