

ZONACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DE PELIGROSIDAD Y RIESGO POR INUNDACION DEL TERRITORIO DE SAGUA DE TÁNAMO

Engineering geological zoning of danger and risk of inundation of Sagua de Tanamo region

Sulma CASTAÑEDA-HERRIS¹; Rafael GUARDADO-LACABA²

(1) Geocuba Email: sulma@geocuba.cu (2) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

RESUMEN- Se realiza una zonación ingeniero geológica de peligrosidad y riesgos por inundación en el territorio de Sagua de Tánamo, mediante el análisis e interpretación de las principales condiciones y causas condicionantes del medio físico que propician el desarrollo de este fenómeno, con el empleo de las técnicas de cartografía digital y SIG. El método adoptado, a diferencia de los métodos de trabajos tradicionales de cartografía ingeniero – geológica y la confección de proyectos SIG, plantea la solución del problema a partir de la conjugación de ambos, considerando entre los métodos y técnicas de representación cartográfica digital la informatización a partir del trabajo con mapas bases y superposición de sus capas. Se obtuvo el mapa de riesgos por inundación como expresión de la influencia de las condiciones naturales e hidrometeorológicas imperantes.

PALABRAS CLAVE: Inundación, Sagua de Tánamo, Peligrosidad, Riesgo, Zonación.

ABSTRACT- The investigation was guided to establish a geologic zonación engineer of danger and risks for inundation in the territory of Sagua of Tánamo, by means of the analysis and interpretation of the main conditions and conditioning causes of the physical means that propitiate the development of this phenomenon, with the employment of the techniques of digital cartography and SIG. The adopted method, contrary to the methods of traditional works of cartography engineer - geologic and the making of projects SIG, outlines the solution of the problem starting from the conjugation of both, considering among the methods and technical of digital cartographic representation the informatización starting from the work with maps bases and overlapping of its layers. The inundation risk map of Sagua de Tánamo is shown.

KEY WORDS: Inundation, Sagua of Tánamo, Dangerousness, Risk, Zonación.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, los costos anuales de los desastres naturales en América Latina y el Caribe han sido, un promedio de 6 000 vidas, 3 millones de personas afectadas y 1 800 millones de dólares en daños físicos y pérdidas económicas. En el pasado siglo, durante los años 60, resultaron muertas lesionadas, desplazadas o afectadas de alguna u otra manera, 10 millones de personas; el número para los años 70 fue seis veces mayor y para los 80 tres veces mayor. (OEA/DDRMA, 1993).

La información existente sobre las inundaciones raramente es suficiente para evaluar el potencial de inundación en una área de estudio, pero haciendo uso de la interpretación a través de los SIG, se puede realizar una evaluación del peligro de inundación que satisface las limitaciones de tiempo y presupuestales de un estudio de planificación para el desarrollo o propiamente zona de desarrollo. (<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch04.htm>.)

La aplicación de las técnicas de SIG en el manejo de los peligros naturales y la planificación del desarrollo, sólo están limitadas por la cantidad de información disponible y por la imaginación del analista. (<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch04.htm>.)

El río Sagua se encuentra ubicado en la región oriental del país, provincia Holguín, municipio Sagua de Tánamo. Sus principales afluentes confluyen con el río principal en un tramo relativamente corto, lo que conjuntamente con el cambio brusco de pendiente y el estrechamiento del cauce del río en la parte que bordea la ciudad provoca grandes inundaciones en las áreas urbanizadas.

Según encuesta verbales a la población se pudo conocer las reiteradas crecidas que han ocurrido a lo largo de decenas de años, por ejemplo en 1835 y 1868 se produjeron crecidas superiores a la de 1963 (asociadas éstas últimas al ciclón Flora), 1904, 1935, 1937 y 1948, no existiendo afectaciones de consideración debido a que el cauce del río se encontraba libre de obstáculos. La crecida acaecida en noviembre de 1993 produjo inundaciones en unas 3 000 viviendas (GEOCUBA, 2002).

De esta manera, en áreas expuestas a peligros, el uso de un SIG sobreponiendo información de peligros, datos socio-económicos y de infraestructura, puede revelar el número de personas o el tipo de infraestructura en riesgo. Se demuestra a través de este sistema que aproximadamente, 8 872 personas se encuentran en zonas de riesgo potencial por inundación, 3

170 personas se encuentran en zonas que por su estado técnico desfavorable están expuesta a sufrir afectaciones severas por las inundaciones y que 196 personas, viven dentro de zonas inundables con viviendas cuya tipología constructiva constituye un riesgo para su hábitat. (GEOCUBA, 2002).

El objetivo de esta investigación fue elaborar el mapa de riesgo por inundación en el territorio de Sagua de Tánamo.

TECTÓNICA Y ESTRATIGRAFÍA

La cuenca Sagua de Tánamo está delimitada al este por la falla Miraflores y al sur por el bloque elevado de la sierra del Maguey, al norte continua en la costa del océano Atlántico. El bloque Sierra Maquey se limita al norte y al noroeste por el hundimiento de la cuenca de Sagua de Tánamo, al noreste está cortado por fallas Miraflores-Riito. La falla Miraflores es el principal elemento de subducción regional del territorio, tiene dirección NW-SE con un ligero arqueamiento hacia el SE.

La información referente a las formaciones geológicas que se describen seguidamente y que están presentes en el área de estudio ha sido tomada del mapa a escala 1:250 000 modificado de Albert y otros en 1988.

Formación La Picota

J. L. Cobiella (1975).

En el territorio de trabajo estas rocas se encuentran en franjas discontinuas del río Sagua, aparece en el valle del río Santa Catalina en forma de restos erosionales aislados y la encontramos cerca del arrollo la Novilla, Serrajon y San Mateo. Constituida por sedimentos clásticos, los clastos, basaltos, diabasas, gabro, rocas ultrabásicas serpentinizadas, etc.

Formación Mícara

M. Iturralde Vinent, 1975.

Se propaga en toda la depresión de Sagua de Tánamo y en el borde norte de la Sierra de Cristal entre Collazo y Sagua de Tánamo. Se compone de fases terrígenas y terrígenas carbonatadas de edad Maestrichtiano a Daniana. Las secuencia inferior tienen un marcado carácter molásico mientras que la superior es flichoides.

Formación Sagua de Tánamo

Albert y otros, 1988, Quintas C, 1989,1996.

Su localidad tipo se encuentra al SE de la ciudad de Sagua de Tánamo entre los ríos Sagua y el arroyo Lindero. La serie terrígena- carbonatada ocupa un área en los alrededores de las confluencias de los ríos Santa Catalina, Castro y Sagua. La formación está constituida por alternancia de margas, etc.

Sedimentos cuaternarios

Están representados fundamentalmente por aluviones depositados por los ríos de la zona, los cuales alcanzan un área notable en las partes más llanas y se componen de una variedad litológica de clastos de rocas calcáreas, serpentinitas, calizas estratificadas que en algunos casos alcanzan hasta 2.00m de potencia en la llanura de inundación. (Mapa Geológico de Cuba, escala 1: 500 000. 1985).

Ofiolitas septentrionales

Los contactos observados por las estructuras circundantes son tectónicos. La estructura es compleja debido al emplazamiento tectónico, estando afectadas tanto por dislocaciones plicativas como disyuntivas de diferentes tipos y ordenes de importancia. Las secuencias ofiolíticas representadas por serpentinitas, wherlithas, cúmulos ultramáficos, diques de diabasas, niveles efusivos sedimentarios. Estas secuencias constituyen la denominada faja ofiolítica Mayarí- Baracoa (Iturralde- Vinent, 1996).

MATERIALES Y METODOS

Se realizó el levantamiento del grado de inundación y cota de nivel de piso de los inmuebles afectados, así como la determinación de las causales y condicionales que provocan la peligrosidad y riesgo por inundación en el área. Se hicieron tres compuestos temporales de cambios con el tiempo, a lo largo de determinados tramos del río Sagua, para servir como indicadores de cambios en las llanuras de inundación y en el canal del río.

Para observar los cambios en el curso del río, se prepararon dos imagen de alto contraste a escala de 1:50 000 del año 1955 y 1987 y la imagen de la foto del año 2000 tratada por métodos

fotogramétrico de la escala 1: 37 000, rectificadas a escala 1: 5 000 y 1: 2 000. En la mayoría de los tramos el curso cambiante del río nos muestra el comportamiento dinámico del canal del río donde este cambia de posición en la llanura de inundación, el curso del río en el año 1955, el curso de 1987 y el del año 2000; teniendo en cuenta el estudio de la dinámica del cauce en la se muestra un comportamiento dinámico de la llanura de inundación la cual es modificada periódicamente por las inundaciones, a medida que el canal se desplaza de un lugar a otro.

Aunque los análisis temporales no cubren todo el tramo del valle del río Sagua al lado del área en estudio, claramente demuestran la naturaleza altamente dinámica de las llanuras de inundación y de las áreas de depósitos sedimentarios.

Trabajos de campo

Los trabajos de campo se comenzaron teniendo en cuenta las áreas que se encontraban mapeadas a escala 1: 2 000 para los asentamientos urbanos y 1: 25 000 para los asentamientos rurales, como Sistema de coordenadas: Cuba – Sur y Alturas: Siboney, ubicada en 5 consejos populares, Sagua Norte, Sagua Sur, Marieta, El Jobo y La Plazuela. Para darle solución a las zonas abiertas y que no poseían mapificación a escala 1: 2 000 se utilizó como material base las imágenes ampliadas del vuelo realizado entre los años 1999-2001, las que se rectificaron y ampliaron a escala 1: 2 000.

Para el desarrollo de la Red de Puntos Altimétricos se utilizó la Nivelación Técnica con doble puesta de instrumento, apoyando ambos extremos de las líneas en las CF. Actualización de las construcciones nuevas que no aparecían en los planos a escala 1: 2 000.(GEOCUBA, 2002).

Determinación de los niveles de piso (NP) de los inmuebles afectados

La investigación del estado técnico constructivo se realiza según planilla diseñada para la investigación de los inmuebles sobre su estado técnico a la cual se le agregaron datos como fue el grado de inundación, y sus niveles de piso utilizando un plano de cada Consejo Popular y dentro de cada Consejo Popular por manzanas.(GEOCUBA, 2002). El método geodésico utilizado para el desarrollo de la Red de puntos Altimétricos se utilizó la Nivelación Técnica con doble puesta de instrumento.

Equipos utilizados y comprobaciones realizadas a estos

El nivel Wild NI 495830, los taquímetros RDS 135290, 204208 y la Plancheta KA-2T 00462, los cuales fueron verificados en el Órgano Metrológico de la Empresa GEOCUBA Holguín.

Trabajos de gabinete

El análisis parte de considerar que para cumplir el objetivo general de la investigación se hace necesario tener en cuenta las influencias que ejercen sobre el medio, las condiciones naturales, condiciones climáticas y la infraestructura del área que no es más que el resultado de las actividades humanas modificadoras del medio ambiente (obras civiles, industriales, actividades agrícolas, mineras y otras formas de uso y ocupación del suelo).

Digitalización

Los planos topográficos a escala 1: 2 000 existentes del año 1987 se digitalizaron, editaron e imprimieron a escala 1:2000. Estos planos se llevaron a formato digital por el método de las imágenes escaneadas, las cuales se obtuvieron en formato BMP, con 150 dpi y tamaño natural. Las imágenes se cargaron sobre AutoCad Map, con unidades en milímetros y factor de escala 2.0.

Se procedió a la digitalización de los mapas catastrales escala 1:10 000, los mapas topográficos a escala 1: 25 000 y 1: 50 000 del territorio, este último (1: 50 000) tomado del año 1955 con el objetivo de evaluar la dinámica del río. El conocimiento de anteriores inundaciones es una información, si no fundamental, si muy importante a la hora de determinara valores cuantitativos en zonas potencialmente inundadas por lo que se procedió a la digitalización del mapa de las inundaciones súbitas o severas como las ha llamado el autor a escala 1:25 000, tomado de IPF del municipio Sagua, otros mapas como los de la Red Pluviométrica, Hidrométrica, Red Hidrológica, definiendo por cada uno de estos las capas de trabajo.

Tecnología SIG

Concluida la operación de digitalización, georreferenciación y eliminación de los errores, la asignación de la información no espacial a cada objeto geográfico digitalizado y correctamente identificado se efectuó importando las bases de datos creadas en Access y otras tecleadas directamente desde MapInfo 5.5 y 6.5 como software utilizado. Como resultado de esta primera

etapa de automatización de la cartografía, se obtienen en plataforma SIG los mapas temáticos primarios (topográficos y geológicos) y mapas auxiliares (de ubicación de estaciones hidrometeorológicas y pluviométricas, construcciones, entre otros) y posibilitando la modelación y gestión más cómoda, rápida y barata de los procesos naturales, económicos y sociales de la realidad.

RESULTADOS

Entre las condiciones y causas que generan el riesgo por inundación para la zonificación están:

Condiciones naturales

Relieve y Geomorfología

Mapa altimétrico: En función de las particularidades propias del territorio en estudio y conociendo que la mayor altura presente es de 170m, teniendo en cuenta las clasificaciones altimétricas del relieve tenemos presente Rango (m) de 100 a 300 y menores de 100 a 200 cuyas características se corresponde con Alturas y Llanuras respectivamente.

Mapa de Pendiente: Las pendientes comprendidas entre 0 – 2 se corresponde para las zonas de peligro potencial por inundación.

Mapa de Disección Vertical: La ausencia de curvas de nivel en el Km² analizado es considerado como desnivel cero y la presencia de algunas de las área con desnivel de 0 m/Km², la denominamos óptima cuando coincidían con zonas elevadas, la que se encontraban a nivel del mar la denominamos potencialmente inundada.

Mapa de Red Fluvial: Se ha podido apreciar un mayor desarrollo de la red hidrográfica sobre la formación Mícará, el desarrollo de cuatro alineaciones tectónicas bien definidas, en dirección N-S, E-W, NE-SW y NW-SE.

Evaluación del SIG

Se dan a conocer 4 zonas en función del peligro que representa la inundación para el uso del suelo y dos en función del desarrollo comunitario:

Zona 1: Uso potencialmente afectado: Las áreas de cultivos que inundados en todas las crecidas, ubicados no más de 200 m del cauce del río. ***Zona 2: Uso Ocasionalmente afectados:*** Las áreas de cultivos que inundados en todas las crecidas, ubicados a más de 200m del cauce del río y solo se inundan en épocas lluviosas. ***Zona 3: Uso menos afectados:*** Las áreas de cultivos

que se encuentran en pendientes entre 4 - 8% y sólo son afectados por inundaciones severas como la de 1993. **Zona 4: Usos no afectado:** Las áreas de cultivos que nunca han sido inundados.

Para estas cuatro zonas propuestas como característica fundamental se encuentra la no garantía del desarrollo los cultivos durante las arriadas y un determinado tiempo después de ocurrida esta.

Zona Ub1, Construcciones mal ubicadas: Aquellas construcciones que ha sido inundada en todos los eventos históricos ocurridos. **Zona Ub2, Construcciones bien ubicadas:** Construcciones que no han sido inundadas por los eventos ocurridos.

Se definen 3 unidades morfoestructurales, atendiendo a grado de alteración que pueden sufrir las secuencias rocosas: **Unidad 1**, compuesta por rocas que van desde carbonatadas hasta depósitos terrígenos, aluviones depositados por los ríos de la zona, con intercalaciones de clastos de rocas calcáreas; **Unidad 2**, compuesta por rocas carbonatadas, alternancia de margas, predominando los colores blanco cremoso o grisáceos, las variedades arcillosas son más friables y la **Unidad 3**, compuesta por serpentinitas, conglomerados vulcanomícticos de granos gruesos mal seleccionados, clastos, guijarros lateríticos, raramente calizas.

Se delimitan en esta zona cuyas características están en correspondencia en mayor medida con las unidades propuestas anteriormente y que es coincidente con la geología del área. **Zona A**, predominan las secuencias cuaternarias, por consiguiente la más vulnerable al peligro ya que se encuentran sobre la llanura de inundación y su periferia, caracterizada por un desarrollo urbanístico medio y de mayor desarrollo de cultivos temporales. **Zona B**, comprende aquellas secuencias rocosas que se desarrollaron en el cretácico, rocas ultrabásicas serpentinizadas las cuales ocupan las mayores alturas del área.

Infraestructura Económica

Estos son el resultado de las actividades humanas modificadoras del medio ambiente (obras civiles e industriales, actividades agrícolas o mineras y otras formas de uso y ocupación del suelo). Las instalaciones son señaladas dentro de la base cartográfica planimétrica utilizada en el SIG, por lo que no se muestra ningún esquema.

ZONIFICACION INGENIERO GEOLOGICA DE LOS PELIGROS DE INUNDACION DEL RIO SAGUA

Causales y condicionales

La ocurrencia de todo fenómeno geológico va acompañado de causas y condiciones que propician y que determinan la duración e intensidad del mismo.

Causas:

Aumento del tiempo de descarga. La explotación de una arenera (Arenera Miguel). Colmatación del cauce. Disminuye el área y la capacidad de evacuación. Formación de islotes. Ocurrencia de lluvias intensas y prolongadas. Cambios en el canal principal. Aumento brusco de los niveles. Mayor escurrimiento superficial en las montañas, debido al desarrollo. Mayor área de inundación. Mayores Caudales. Cambios en los parámetros físicos del río (profundidad, ancho, pendiente, cauce).

Condiciones:

Desarrollo urbanístico sobre la llanura de Inundación. Desarrollo urbanístico en las montañas. Desarrollo intensificado de la Agricultura sobre la llanura de Inundación. Convergencia de los afluentes al río principal en una corta distancia. Cuenca montañosa con pendientes elevadas. Sinuosidad del cauce. Deforestación de la llanura de inundación. Deforestación y pérdida del potencial vegetativo en zona de montaña. Proceso de sedimentación. Fuertes procesos de erosión. Cambios en las propiedades físico mecánica de suelos y rocas. Cambios climáticos.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

La aplicación del SIG en la estimación de personas y estado constructivo de los inmuebles expuestos parte de la utilización de coberturas que contengan información georreferenciada de ambos elementos en riesgo, fundamentalmente procedente de la base cartográfica del SIG realizado a la unidad inversionista de la vivienda en el territorio de Sagua de Tánamo.

El 70 % del territorio estudiado está expuesto potencialmente a los fenómenos meteorológicos. Como consecuencia de los factores destructivos de estos (vientos, precipitaciones e inundaciones), así como por la ubicación de los asentamientos humanos y sus características constructivas, se consideran vulnerables: Por derrumbe, por inundación.

Existen 5 asentamientos distribuidos en 5 consejos populares que están a menos de 200m de los ríos del área y en elevaciones mínimas con respecto a este se encuentra en casi en su totalidades consejo popular de Marieta.

Se puede revelar el caso estudiado el número de personas o el tipo de infraestructura en riesgo. Se demuestra a través de este sistema que aproximadamente, 8872 personas se encuentran en zonas de riesgo potencial por inundación, 3170 personas se encuentran en zonas que por su estado técnico desfavorable están expuesta a sufrir afectaciones severas por las inundaciones y que 196 personas, viven dentro de zonas inundables con viviendas cuya tipología constructiva constituye un riesgo para su hábitat.

El autor propone tres zonas vulnerables al peligro, estas han sido representadas a escala 1: 2 000 para obtener mayor representatividad del área, por lo que se restringió solo a los dos asentamiento urbanos.

ANÁLISIS DEL RIESGO

En la actualidad, no solo el análisis del riesgo es una actividad obligada y exigible, sino necesaria que viene impuesta a los criterios de valoración ingeniero geológica de los terrenos, es una herramienta que permite tomar decisiones para el racional uso y empleo de los territorios. Durante el mismo se tiene en cuenta (Según Defensa Civil, 1997):

-Bajas humanas (heridos, muertos y desaparecidos); Pérdidas (entre los animales y cultivos); Destrucciones (industrias, instituciones, viviendas); Daños (redes comunales, electricidad, comunicaciones, alcantarillado); Efectos secundarios (en objetivos económicos, almacenes); Plazos de respuesta; Evaluación de los daños ocasionados por fenómenos similares con anterioridad.

Se definen en el mismo 5 zonas de riesgo: Estas han sido representadas a escala 1: 2 000 para obtener mayor representatividad del área, por lo que se restringió solo a los dos asentamiento urbanos.

- I. Zona de riesgo potencial.
- II. Zona de alto riesgo.
- III. Zona de riesgo medio, no asumible.
- IV. Zona de riesgo bajo asumible.
- V. Zona libre de riesgos.

Zona I: Responde a una diferenciación natural tanto geológica (trata de las secuencias Eoceno Cuaternarias), como por su comportamiento y las condiciones para el desarrollo agrícola, ocupando casi el 45% de la superficie estudiada.

Zona II: Se trata de la urbanización que se encuentra dentro de la llanura de inundación, que constituye la zona de mayor riesgo potencial.

Zona III: División arbitraria dentro de las áreas de mayor riesgo potencial, basada en los niveles de piso de los inmuebles (plantas altas).

Zona IV: La urbanización ubicada en la periferia de la zona III, que ocasionalmente es inundada por la ocurrencia de inundaciones muy severas como la del Flora en 1963 y la de noviembre de 1993. (Si tenemos en cuenta la probabilidad de ocurrencia dada por el Instituto de Planificación Física, 50 y 100 años respectivamente).

Zona V: Se trata del desarrollo urbanístico que posee mayor altura el cual nunca ha sido inundado.

Se divisiones dentro de las zonas de riesgo allí donde el costo y la peligrosidad lo han indicado, se trazan directrices generales permitiendo definir zonas para ratificar, cambiar o utilizar para determinados usos.

ZI₁: Ubicada en la llanura de inundación, escaso desarrollo urbano principalmente área rural, con un amplio desarrollo de cultivos (temporales y permanentes, caña, maíz, cítricos y abundantes pasto naturales) como directriz fundamental se plantea la eliminación de los inmuebles más próximos al río, limitar el crecimiento del asentamiento e intensificar la siembra de cultivos temporales.

ZII₁: Casi totalmente urbanizada, como directriz general se destaca la eliminación de los inmuebles en estado más crítico y de mayor cantidad de personas, el mejoramiento técnico de los inmuebles en estado regular que tenga solución ingenieril, el estudio de las aguas de consumo de los pozos y la consolidación de lo ya urbanizado antes de permitir el avance de la mancha urbana, lo que implica la ocupación de los vacíos existente y no es más que la llanura de inundación del río.

ZIII₁: Totalmente urbanizada, en plantas altas (hasta 4), como directriz general se destaca la consolidación de lo ya urbanizado, la eliminación de los inmuebles en estado más crítico y el mejoramiento técnico de los inmuebles en estado regular que tenga solución ingenieril.

ZIV₁: Totalmente urbanizada, como directriz general se la consolidación de lo ya urbanizado y el mejoramiento técnico de los inmuebles en estado regular que tenga solución ingenieril.

ZV₁: Se encuentra totalmente urbanizada, como directriz general se la consolidación de lo ya urbanizado y el mejoramiento técnico de los inmuebles en estado regular que tenga solución ingenieril.

Las Zonas de Riesgos fueron evaluadas para los asentamientos urbanos, con el objetivo de lograr mayor nitidez en la representación gráfica, teniendo en cuenta diferentes atributos de las temáticas tratadas.

CONCLUSIONES

1. La deforestación que existe en la llanura de inundación del río Sagua de Tánamo, aumenta los procesos de erosión, la cual desarrolla una fuerte sedimentación en el cauce del río. Esto unido a la sinuosidad del cauce provocan cambios en el canal principal.
2. Los rellenos artificiales, la urbanización y otras intrusiones en la llanura de inundación del río Sagua reducen la capacidad del canal, lo que eleva la altura de la inundación y con ello el riesgo de que éstas ocurran.
3. La inundación de los asentamientos urbanos Sagua Norte y Sagua Sur no se debe solamente a la migración del cauce principal, sino también al avance del desarrollo urbanístico sobre la llanura de inundación.
4. Las mayores afectaciones desde el punto de vista económico - social se encuentran en los consejos populares Sagua Norte y Sagua Sur.
5. El desarrollo urbanístico, la deforestación y la pérdida del potencial vegetativo en las montañas han aumentado el escurrimiento superficial, posibilitando la mayor afluencia de agua y el aumento de los caudales.

RERERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT y otros, 1988.. Mapa Geológico de la Región Mayarí- Sagua- Moa, 1: 250 000.
- CASTAÑEDA HERRIS, S. et al. Mapa Informe Sagua de Tánamo. Informe Final. GEOCUBA, Moa, 2002: 15 h.
- CASTAÑEDA HERRIS, S. et al. Mapa Informe Sagua de Tánamo. Proyecto Técnico Ejecutivo. GEOCUBA, Moa, 2002: 20 h.
- COBIELLA J. Sobre el origen del Extremo Oriental de la Fosa de Bartlet. Editorial Oriente. Cuba. 1984
- COLECTIVO DE AUTORES. <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch04.htm>. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. 1993.

- COLECTIVO DE AUTORES. <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch06.htm>. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. 1993.
- GEOCUBA, 1999. Procedimiento Normalizativo Operacional HOP-09-11 "Diseño e implementación del SIG de la vivienda. 8 h
- GEOCUBA, 2002. Procedimiento Normalizativo Operacional GMP-004 "Digitalización de mapas topográficos y catastrales con el empleo del Autocad. 13 h.
- GONGORA, M. L. et al. Informe técnico sobre la creación de las bases de datos topográficas digitales a escala 1: 250 000 de la República de Cuba en formato de SIG para MapInfo. Empresa GEOCUBA La Habana, Agencia de Cartografía Digital. 1999.
- GONZALEZ ESPINDOLA, L. et al. Hidrológica superficial para ingenieros. CIH. ISPJAE. 2001. Habana.
- GUARDADO LACABA, R. et al. Zonificación de los Fenómenos Geológicos que generan Peligros y Riesgos en la Ciudad de Moa. *Revista Geología y Minería*, 1999, 16(2): 21-23 p.
- GUARDADO LACABA, R. Evaluación Ingeniero Geológica de las áreas con peligro y riesgos geambientales de la ciudad de Moa. *Revista Geología y Minería*, 1997, 13(3).
- HERNÁNDEZ SAMPIÉN R. Metodología de la Investigación. Ed. McGraw-Hill. Ediciones Cubanas. 2002. (2Tomos).
- HERRERO DIEZ, A. Aplicaciones de los SIG al análisis del riesgo de inundaciones fluviales. Serie: Medio Ambiente. *Riesgo Geológico*. 3. 2002: 87-109 p.
- ICGC, 1980. Instrucción Técnica para levantamiento a escala 1: 2 000, 1: 1 000 y 1: 5 000. 10 h.
- Inundaciones. Interdisciplina en la Gestión del Riesgo por Inundación: 1996. http://www.Ceit.es/Asignaturas/Ecología/Hipertexto/08_RiesgoN/130inund.htm.
- Mapa Geológico de la República de Cuba, escala 1: 500 000. 1985
- OEA/DDRMA, 1993. Organización de Estados Americanos. Departamento de Desarrollo Regional y del Medio Ambiente. Informe
- QUINTAS CABALLERO, F.J. Análisis Estratigráfico y Paleogeográfico del Cretácico Superior y del Paleógeno de la Provincia de Guantánamo y áreas cercanas. Tesis de Doctorado. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 1989: 145 h.
- RODRIGUEZ INFANTES, A. Manual de Geomorfología. Instituto Superior Minero Metalúrgico: 1987: 114 h.
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. Estudio hidrológico Presa Sagua. Sagua de Tánamo. EIPH. 1991. Holguín.
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. et al. Análisis de la avenida del río Sagua el 24 de noviembre de 1993. EIPH. 1994. Holguín.
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. et al. Estudio hidrológico para la ETE: Protección contra inundaciones de Sagua de Tánamo. EIPH. 1993. Holguín.
- Hays, W.W. Facing Geologic and Hydrologic Hazards, Earth-science Considerations. Professional Paper 1240-B. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981.
- U.S. Office of Coastal Zone Management. Natural Hazard Management in Coastal Areas. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, 1976.

FIGURAS

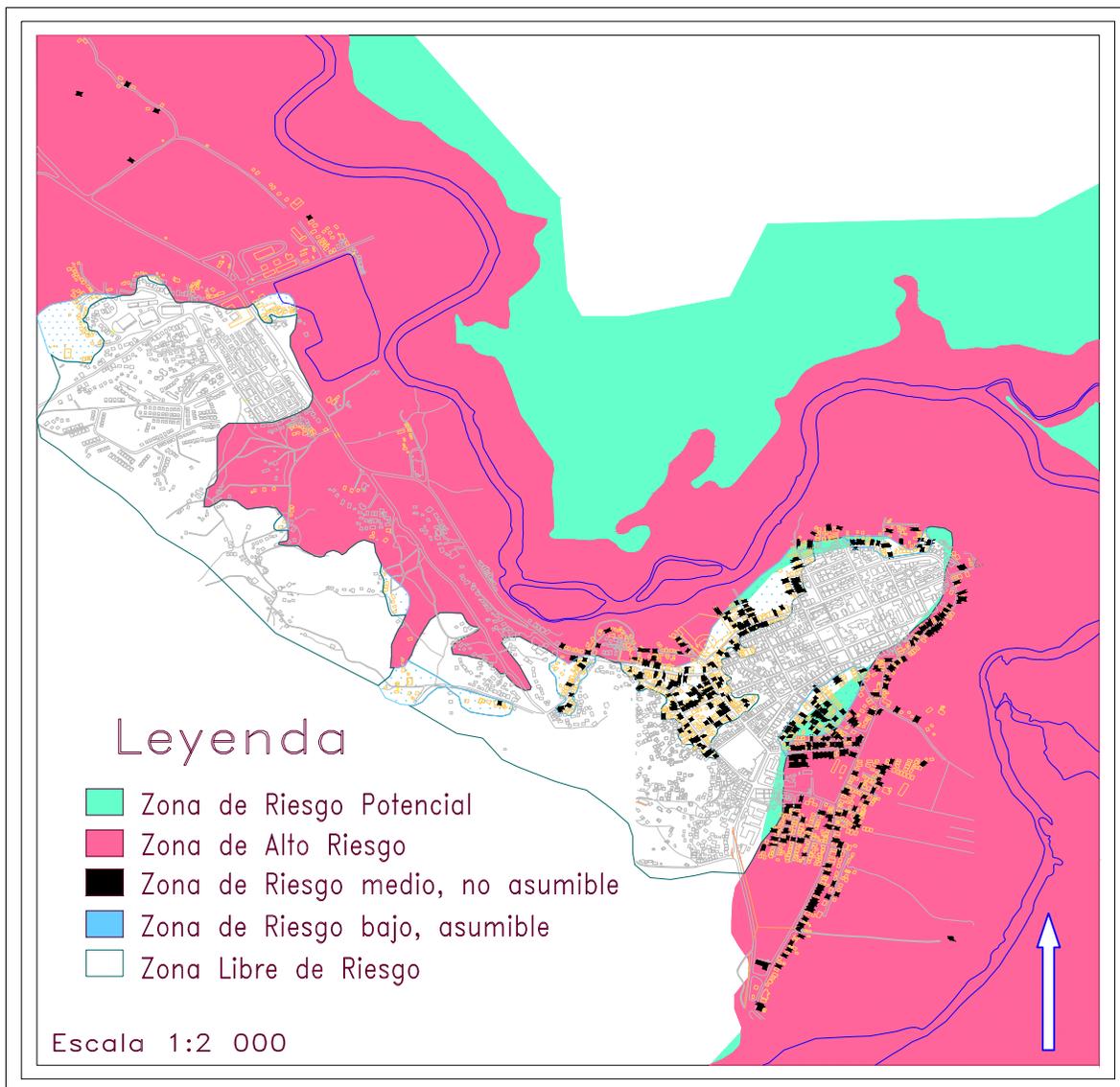


Figura 1. Mapa de riesgos por inundación en el territorio de Sagua de Tánamo