

# **Acercamiento a la problemática de la inundación pluvial en Cuba. Casos de estudio.**

Wilfredo A. Pérez Zorrilla  
Miguel Sánchez Celada  
Ada R. Roque Miranda

## **INTRODUCCION.**

La región del Caribe y Cuba en particular es azotada cada año por tormentas tropicales de diferentes intensidades, cuya fuerza de los vientos y las precipitaciones a ellas asociadas producen grandes pérdidas económicas, principalmente en la agricultura, la ganadería, las viviendas, las redes de distribución eléctrica y de comunicaciones, el turismo y la industria, con las consiguientes pérdidas humanas, que en nuestro país se minimizan gracias a la actuación preventiva de los organismos encargados de ello. Ejemplos de este tipo tenemos en Cuba muchos y muy conocidos y que han dejado a su paso dolor y desolación.

No solo las tormentas tropicales pueden ser cursantes de inundaciones, también el régimen de las precipitaciones en Cuba posibilita la ocurrencia de inundaciones, principalmente durante el periodo lluvioso (mayo a octubre), aunque se han producido inundaciones importantes en la época menos lluviosa (noviembre a abril) debido a la influencia de frentes fríos (Batista et al, 2001); a esto pueden estar asociados otros problemas, tales como las modificaciones del terreno producidas por prácticas agrícolas inadecuadas, deforestación, urbanización y otras intervenciones impropias en el medio ambiente, o las combinaciones de ellas, que contribuyen a incrementar los riesgos de inundaciones (Programa Mundial de Alimentos e Instituto de planificación Física 2000).

Si bien los efectos negativos producidos por la fuerza de los vientos a ellos asociados pueden evitarse con construcciones más resistentes y por tanto la consabida erogación de recursos, los de las inundaciones producidas por las fuertes precipitaciones pueden minimizarse conociendo de antemano los lugares proclives a ello y ordenando los territorios, en la medida de las posibilidades, en este sentido.

Para esto existe una metodología, elaborada por Batista y Sánchez (1994) y que ha sido aplicada en diferentes territorios del país; la cual, sobre la base de indicadores físico – geográficos, determina áreas con condiciones favorables para que se produzcan inundaciones ante la ocurrencia de fuertes precipitaciones.

Los indicadores utilizados por ella son:

Altura sobre el nivel del mar.

Pendiente del terreno.

Tipos de suelos.

Litología.

Para la elaboración del Mapa de Peligro por inundación para el 1% de probabilidad, se introduce un nuevo elemento:  
Precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad.

### **Altura sobre el nivel del mar**

En el proceso de estancamiento de las aguas influye considerablemente la altura del lugar, es natural que los terrenos bajos sean más propensos a inundarse que los altos, lo que hace del mapa hipsométrico la base para la elaboración de otros, considerando el relieve como uno de los elementos principales para que se produzcan las inundaciones. En nuestro país existe consenso de que las llanuras llegan hasta los 150 m de altura. Por esta razón y dejando un margen de 10 m, se ha considerado como indicador una cota por debajo de 160 m.s.n.m. No obstante existen lugares que por características del relieve pueden ser susceptibles de inundarse a alturas superiores.

Tabla 1. Alturas sobre el nivel del mar.

Altura (metros)	Característica
0 – 20	Intensamente inundable
20 – 40	Muy Inundable
40 – 80	Inundable
80 – 120	Medianamente Inundable
120 – 160	Poco Inundable
Más de 160	No Inundable

### **Pendiente del terreno**

La pendiente del terreno es otro de los factores que más influye en el proceso del anegamiento de un terreno. La pendiente es la que propicia la rapidez del escurrimiento superficial y por tanto del estancamiento o no de las aguas, lo que la hace determinante en la formación de los territorios propensos a inundarse. En este caso se ha asumido que, por debajo de una pendiente de 5 grados (5.24%), existen condiciones para la inundación ante la ocurrencia de intensas y prolongadas lluvias, ya que por encima de esta pendiente las probabilidades de inundación son nulas debido a la rápida evacuación de las aguas superficiales a lugares más bajos.

Tabla 2. Pendiente del terreno.

Pendiente (grados)
mayores de 5.0
3.0 - 5.0
1.0 - 3.0
0.5 - 1.0
menores de 0.5

## **Tipos de suelo**

Las características físicas (porosidad, permeabilidad, compactación, textura, etc.) de los suelos determinan la permanencia o no de una lámina de agua durante cierto período de tiempo, por esto los tipos de suelo son determinantes en la ocurrencia o no de inundaciones. Por ello se estudiaron sus características y fueron agrupados de acuerdo con la posibilidad de que contribuyan a la inundación del terreno, es decir, atendiendo a sus propiedades físicos- mecánicas, en tres categorías de acuerdo a los objetivos de la metodología en: **Impermeables, Medianamente Permeables y Permeables.**

## **Litología.**

Este es otro factor fundamental en la formación de las inundaciones, principalmente por su grado de permeabilidad y fraccionamiento. Una roca permeable y fraccionada permitirá una rápida infiltración de las aguas, en cambio si no posee estas características, coadyuvará a la permanencia de esta en la superficie del terreno.

Por esto las distintas litologías fueron agrupadas en cuatro categorías, atendiendo fundamentalmente a su grado de permeabilidad y fraccionamiento: Muy impermeables, Impermeables, Medianamente Permeables y Muy Permeable.

## **Precipitaciones máximas diarias.**

Los indicadores señalados (Altura, Pendiente, suelos y Litología) son características propias para Cuba que, en su integralidad, constituyen el escenario natural donde se producirá o no una inundación, la cual anegará, en mayor o menor grado el territorio, en dependencia, fundamentalmente de la cantidad de precipitaciones a ocurrir. Por tanto, una precipitación máxima diaria del 1% de probabilidad o tiempo de recurrencia de 100 años, podría ocasionar una inundación de esa probabilidad y es además, un indicador importante.

La cantidad de precipitaciones máximas diarias en Cuba varía de 300 a 450 mm y más, para el 1% de probabilidad, según el mapa elaborado por el Ing. Berdó Kochiashvili (1972), no obstante es recomendable buscar los máximos de precipitación para cada área al momento de ejecutar un trabajo.

Este indicador presenta precipitaciones del 1% de probabilidad con intervalos asumidos para poder así correlacionarlos con los otros mapas. De esta forma una lluvia dada puede producir inundaciones con cierto grado de peligro.

Tabla 3. Precipitaciones máximas diarias para el 1% de probabilidad.

1% de probabilidad (mm)
300 - 350
350 - 400
400 - 450
más de 450

## ESTUDIOS DE CASO

La primera aplicación de esta metodología fue en el trabajo ANALISIS Y CARTOGRAFIA DE LA VULNERABILIDAD A LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA EN CUBA, del Programa Mundial de Alimentos y el Instituto de Planificación Física, publicado en septiembre del 2001, realizado en una escala de 1:250 000 para toda Cuba. En el se muestran, de forma general todas las zonas de Cuba proclives a inundarse, ante una precipitación del 1% de probabilidad.

A continuación se aplicó en la cuenca del río Cauto, la mayor de Cuba, con un área de 9540 km<sup>2</sup> y una población de 1 167 000 habitantes, correspondiente al 10 % de la población nacional. Esta cuenca se encuentra localizada en la región oriental de Cuba, con una orientación general de la corriente principal de Este a Oeste, donde los afluentes de la margen Sur nacen en la Sierra Maestra, en alturas mayores de 1 000 m y corren en dirección Norte y los afluentes de la margen opuesta (Norte) nacen en el parteaguas que divide a la vertiente del Atlántico de la del Caribe a una altura de más de 200 m y corren en dirección Sur. Su nacimiento se encuentra ubicado a 35 Km. de distancia aproximadamente de la ciudad de Santiago de Cuba, en la loma La Estrella, a 808 m de altura y desemboca en el Golfo de Guacanayabo, en el Mar Caribe. Este trabajo se hizo, al igual que el anterior, a una escala de 1:250 000 debido al tamaño de la cuenca.

Esta cuenca, con una red de drenaje bien estructurada presenta, a diferencia de lo que se pudiera pensar posee un bajo % de áreas inundables, casi el 60 % son territorios que no ofrecen peligro de inundación pluvial y sólo el 14 % del área se encuentra entre peligros Alto y Muy Alto. Entre estas se encuentran la confluencia del Río Salado y el Cauto y la formada por los Ríos Cauto, Bayamo y Cautillo, Es bueno destacar que a pesar de la escala se pudieron localizar algunas zonas de peligro muy bajo en la Sierra Maestra, las que coinciden precisamente con los valles intramontanos.

Una tercera aplicación se realizó en la cuenca del Mayabeque, situado en la región occidental de Cuba en la vertiente sur de la provincia de La Habana y que ocupa territorios de siete municipios, con un área de 984 km<sup>2</sup> repartida de la siguiente forma: San José de Las Lajas (253,4 km<sup>2</sup>), Jaruco (111,6 km<sup>2</sup>), Santa Cruz del Norte (6,4 km<sup>2</sup>), Madruga (132,7 km<sup>2</sup>), San Nicolás (21,5 km<sup>2</sup>), Güines (373,0 km<sup>2</sup>) y Melena del Sur (85,4 km<sup>2</sup>). Esta cuenca, con el decursar del tiempo y debido a sus características particulares (suelos fértiles y llanos y un caudal de agua alto y estable), ha sido muy modificada por la acción del hombre, al punto de que su escurrimiento ha sido controlado por embalses, compartidores y canales y su cause natural prácticamente no existe.

Debido a la extensión de esta cuenca y los trabajos realizados, el estudio se hizo en una escala de 1:50 000, lo que dio un nivel de detalle, principalmente en cuanto a pendiente se refiere, mucho mayor que los casos anteriores, lo que además permitió determinar la influencia del relieve en la formación del escurrimiento superficial, en toda el área de alimentación de la cuenca y su relación con la zona de inundación.

Tomando como punto central la presa derivadora Pedroso, la cuenca del río Mayabeque se dividió en dos, al Norte el tercio superior que esta formado por las subcuencas del río Mamposton (al noroeste) y la del Americano - Culebra (al noreste) y al Sur el tercio medio e inferior, que comprende la subcuenca Baja del Mayabeque. Esta división facilitó establecer, dentro de la homogeneidad de la cuenca, algunas diferencias que ayudaron a comprender la problemática de las inundaciones en ella; como primer paso, se delimito toda la superficie llana de la cuenca con pendiente menor a 3°, estableciendo así la diferencia entre zonas **Inundables** y **No Inundables**.

### **Subcuenca Americano- Culebra.**

Comprende la llanura Jaruco – Aguacate, la cual es potencialmente **No inundable** y teniendo en cuenta que además las precipitaciones del 1° de Probabilidad no sobrepasan los 300 mm, el peligro de inundación de la misma es de **No Peligro** y solo la ocurrencia de estas precipitaciones en un momento de saturación de los suelos y el manto freático, puede producir inundaciones ligeras; no obstante existen pequeñas zonas que, por depresiones del terreno o por la cercanía del manto freático, si se inundan, como ocurre al sudeste y al norte del pueblo de Bainoa. Cabe destacar, que al inicio del poblamiento del territorio, los lugares mencionados, se encontraban permanentemente inundados

### **Subcuenca Mamposton.**

Comprende la llanura que va de San José de las Lajas hasta la presa Pedroso, de configuración larga y estrecha (entre 3 y 6 km), Sus condiciones la sitúan como una zona potencialmente **No inundable**. En cuanto a la lluvia, solo si se toma en cuenta la estación de Tapaste, por ser la más cercana, el grado de peligro de inundación llegara a **Poco**.

Pero está subcuenca tiene la particularidad de que, como se encuentra entre zonas más altas (alrededor de los 250m), recibe el escurrimiento superficial proveniente de ellas, lo cual aumenta la posibilidad de ocurrencia de inundaciones; tal es el caso de las que ocurrían en el pueblo de San José de Las Lajas, por lo que hubo que hacer un canal para evacuar las aguas provenientes de las alturas situadas al Oeste y Sur del pueblo, hacia un afluente del río Mamposton; o las que se producían en la zona del Rotolactor y Zaragoza, con las aguas que escurrían de las alturas situadas al Norte.

Todo esto justifica la zona de inundaciones que se muestra en el mapa, donde estas ocurren con cierta frecuencia, como es hacia el Sudeste del pueblo de San José y el centro de esta llanura; en esto puede influir también las lagunas que en ella se localizan y que se encuentra a todo lo largo de la carretera central y las 8 vías, por lo que se puede deducir que la construcción de estos viales favorece su ocurrencia. Esto llevó a la conclusión de que en esta zona el peligro de inundación puede aumentar hasta **Intenso**, en dependencia del grado de humedad de los suelos, el nivel del manto freático y la intensidad y extensión de las lluvias.

## **Subcuenca Baja del Mayabeque.**

Esta conformada por una zona llana, estructurada en varios niveles a partir de la línea de costa. Los dos primeros presentan pendientes entre 0.5° y 1° y están cubiertos por un suelo poco permeable, con un sustrato poco permeable y una altura que puede llegar hasta los 20 m aproximadamente, condiciones estas que le dan una potencialidad de **Inundable**, lo que al relacionarlo con las precipitaciones del 1° de probabilidad dadas nos da un peligro de inundación de **Intenso**; el tercer nivel, con una pendiente entre 1° y 3° sobre suelos medianamente permeables), sobre una litología cársica y una altura que no sobrepasa los 60 m presenta una potencialidad de **Medianamente Inundable**, la que al relacionarse con la precipitación del 1° de probabilidad (450 mm) da un peligro de inundación de **Poco**

Como forma del relieve, existe un cuarto nivel, pero por la pendiente general que presenta, con zonas entre 3° y 5° y mayores, no está comprendido como zona de posible inundación, aunque algunas porciones de él, situadas al Noroeste (al Oeste del hospital Pediátrico) y Noreste (por el centro de Acopio) del pueblo de Güines, si se inundan: el primero, por la afluencia de las aguas provenientes de las zonas más altas situadas al Norte y la segunda, debido a la evacuación ocasional de grandes volúmenes de agua provenientes de la presa Pedroso y se produce por ser más baja la margen izquierda del río, en el lugar del compartidor de Güines.

Es conveniente destacar, que en los casos de posible ocurrencia de intensas lluvias o fenómenos meteorológicos severos, las aguas de las presas Mamposton y Pedroso, se evacúan a través de las compuertas de la presa Pedroso, hacia el río Mayabeque, pasando por el compartidor de Güines y de ahí a los tres brazos del río; esto garantiza que: primero, se disminuya notablemente el peligro de ruptura de alguna de las presas, pues los volúmenes de agua pueden ser controlados desde antes del inicio de las lluvias; y, en segundo lugar, que las inundaciones en el pueblo de Güines sean menores, ya que solo se producen por las lluvias ocurridas en esa área y no por las aguas del río que son controladas por las compuertas que dan acceso a las zanjas.

Es de destacar que en este trabajo se relacionaron, por primera vez, las inundaciones y la contaminación, por ser este un medio de extenderla a zonas no afectadas. Esta cuenca, por ser la más rica en recursos hídricos, ha tenido un gran desarrollo hidrotécnico con un complejo hidráulico compuesto por dos presas y un canal derivador, el cual suministra agua para riego a 17 municipios de la provincia La Habana, de ahí la importancia de disminuir los vertimientos de residuales a las corrientes de agua.

El último caso de estudio se realizó en la cuenca del río Itabo. Este río está situado en la región occidental de Cuba, en la vertiente norte de la provincia Ciudad de La Habana y posee un área de 36 km<sup>2</sup>, su cuenca, mucho más pequeña que las anteriores, requirió de una escala mayor para realizar el estudio de las áreas con peligro de inundación, por lo que se utilizaron las cartas del 1: 25 000, cuestión esta que dio un grado de detalle, en cuanto a la pendiente, mucho mayor que en los casos anteriores, favoreciendo de esta forma, el análisis de las formas del relieve en función de las inundaciones.

Las fuentes de información inicial fueron el mapa topográfico 1:25 000, de donde se obtuvo la pendiente y la altura sobre el nivel del mar; el Mapa Geológico de Cuba 1: 50 000 del Instituto de Geología y Paleontología y el estudio de suelos a escala 1:25 000 hecho para este proyecto por el Instituto de Suelos del Minagri; las precipitaciones se obtuvieron del mapa de Precipitación Máxima Diaria Anual del 1% de Probabilidad (Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989) así como de los recuadros de Eventos Notables, del citado atlas, donde aparecen las precipitaciones caídas durante el paso del huracán Frederik (nov. 1979) con lluvias menores de 400 mm en las cabeceras y la Honda Tropical (jul. 1982) con precipitaciones superiores a los 500 mm en el nacimiento y de más de 700 en los tercios medio e inferior.

La interrelación y análisis de estos elementos nos dió que la cuenca del río Itabo tiene áreas con cuatro categorías de peligro que son:

Áreas NO INUNDABLES, por tener pendientes superiores a 3 grados y se corresponden con las zonas de mayor nivel altimétrico de la cuenca, localizadas en las alturas costeras, a ambos lados del abra del río; en las alturas situadas al noroeste del pueblo de Justiz; en las elevaciones que se encuentran hacia el centro de la cuenca y al sur de la carretera de Bajurayabo a Campo Florido y en el tercio superior de la cuenca

Las áreas con grado de inundación MUY INTENSO ocupan las zonas más bajas de la cuenca, tanto al norte de las alturas costeras (en la zona del lagoom) como al sur, en el potrero de Justiz y todas aquellas con alturas inferiores a 20 m; estas zonas se caracterizan además por un grado de pendiente muy bajo y una muy pobre densidad de drenaje. Estas áreas son muy utilizadas para la ganadería y en menor grado por la agricultura; en ella se localiza Justiz, el mayor núcleo poblacional de la cuenca. Cabe destacar que en el extremo oeste del Potrero de Justiz y en las elevaciones que lo limitan al sur, existen pozos de petróleo sin explotar que, en caso de fuertes lluvias, pueden producir derrames que contaminen las aguas del río, llegar al lagoom y a la playa.

Con grado de inundación INTENSO se agrupan aquellas áreas con una mayor pendiente y mayor densidad de drenaje, situadas entre las curvas de 20 y 40 metros; como actividad económica la ganadería prevalece y en segundo lugar la agricultura. Y con grado de inundación MODERADO se localizan pequeñas áreas cuya diferencia básica con respecto al rango anterior es la altura, iniciándose esta a partir de los 40 m.

Como se puede ver en el mapa topográfico, el paso del Itabo hacia la laguna costera se produce a través de un abra, lo que provoca que al producirse una inundación las aguas son obligadas a pasar por un espacio muy estrecho, acción esta que hace que las aguas aumenten su presión, lo que puede afectar y de hecho afectó la estructura de la laguna en 1982 y llegó, incluso, a romper la duna de arena en la playa.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Como parte imprescindible para una ordenación ambiental, es necesario conocer las áreas susceptibles de inundarse. Esta metodología cumple su función para estos fines, por lo que se recomienda su utilización
- Aunque se demostró que puede ser utilizada a diferentes escalas, se recomienda emplear la menor escala posible con el fin de obtener un mayor grado de información.
- Como la metodología trabaja con parámetros cuantificables y ponderables, se hace necesario analizar la disposición y distribución del relieve, así como otros tipos de accidentes geográficos y las áreas de alimentación hídrica, al momento de dar los grados de peligro de inundación de un lugar.
- El tener delimitadas las posibles áreas de inundación permite conocer, previamente, los lugares con posibles afectación por contaminación.
- Para los territorios montañosos, la altura no debe tomarse tal y como propone la metodología (que esta planteada para territorios llanos). Se recomienda adaptar este parámetro a las condiciones del lugar.

### **Bibliografía**

Batista, J. L. y M. Sánchez (2001) Peligro y Vulnerabilidad en el Este de la provincia Ciudad de La Habana. inédito . Instituto de Geografía Tropical. 40 pp

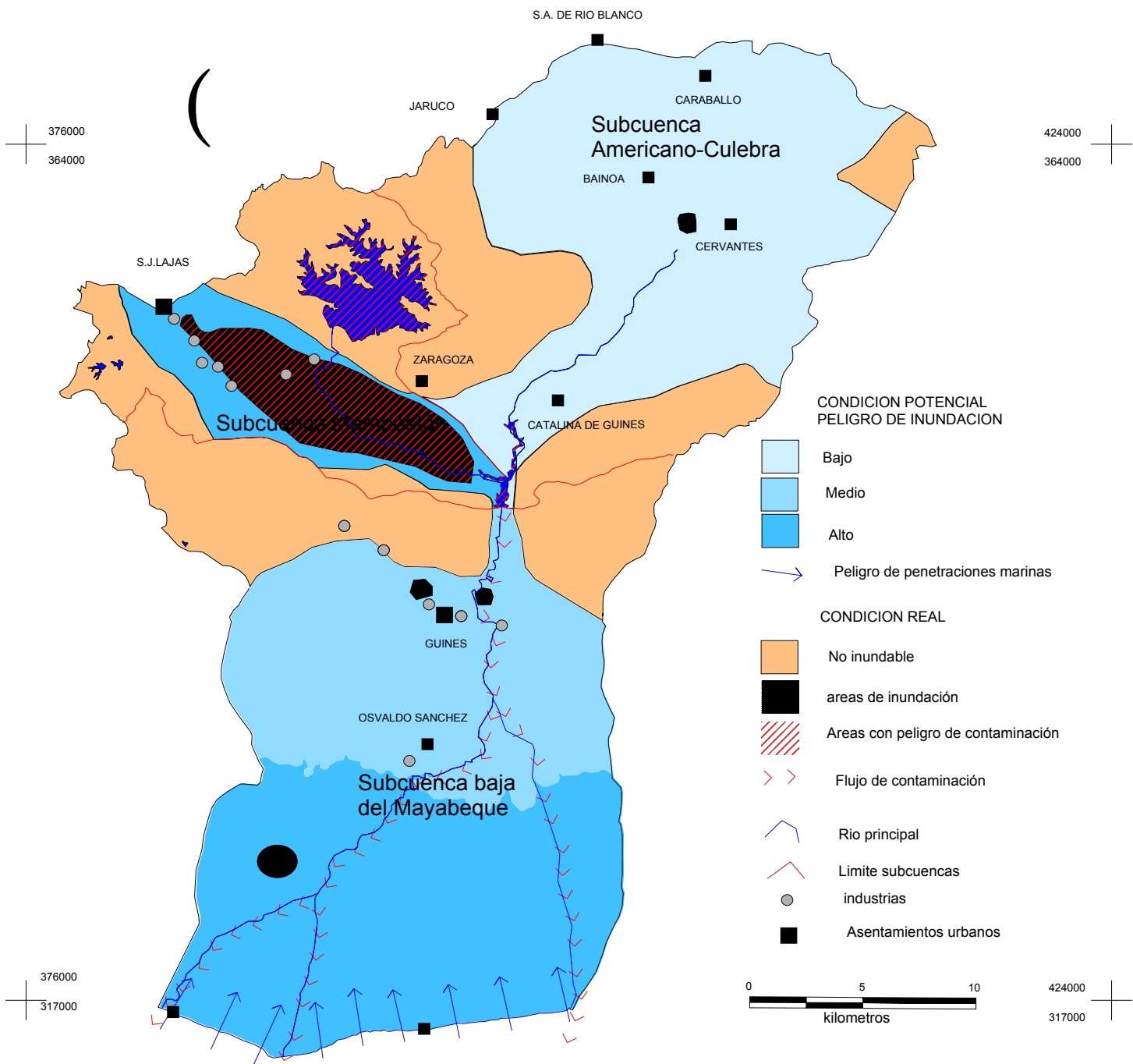
Instituto de Geografía e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (1989 : Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Edit. REA, Madrid, IV. 2.2- 3, VI. 3. 4, IX. 1.2- 3.

Programa Mundial de alimentos (PMA) e Instituto de Planificación Física (IPF) (2001): Análisis y cartografía de la Vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Cuba. Ed PMA en Cuba, capítulo III, Análisis de los factores de riesgo, pp 68-77.

Roque Miranda, Ada y Pérez Zorrilla, Wilfredo(2002) Fenómenos adversos y su localización espacial en la cuenca del río Mayabeque. Inédito. Instituto de Geografía Tropical

Pérez Zorrilla, Wilfredo (2003) Características hidrológicas del río Itabo. Inédito. Instituto de Geografía Tropical.

# MAPA DE PELIGROS



# AREAS CON PELIGRO DE INUNDACIÓN

