

RIESGOS POR INUNDACIONES PLUVIALES EN CUBA.

En publicación PNUD (2001): "Análisis y Cartografía de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria en Cuba". PNUD, IPF. Proyecto Vam Cuba.

Dr. José Luís Batista Silva
MsC. Miguel Ángel Sánchez Celada

1. INTRODUCCIÓN.

Las inundaciones que se presentan generalmente por lluvias torrenciales que acompañan a los ciclones y fenómenos meteorológicos extremos constituyen la causa principal de catástrofes en algunas zonas. A nivel global cada año las inundaciones representan alrededor del 40% de los cataclismos y afectan grandes territorios ocasionando algunas decenas de muertes. (Roche, 1989).

Las inundaciones son provocadas por lluvias intensas, asociadas a otros problemas, tales como: modificaciones del terreno producidas por prácticas agrícolas inadecuadas, tala de árboles, incendios, urbanización y otras intervenciones impropias en el medio ambiente o las combinaciones de ellas, las mismas constituyen los acontecimientos catastróficos más frecuentes y aumentan más rápidamente que otros desastres. Independientemente del evento natural que las propicia, ya sea fuertes lluvias o penetraciones del mar, las causas desencadenantes están en muchos casos relacionadas con la ruptura de diques o cortinas de presas, la obstrucción por falta de mantenimiento de los sistemas de desagüe, la construcción de amplias superficies asfaltadas, que no permiten la infiltración, y donde el coeficiente de escurrimiento superficial tiende a 1, no respetar en el diseño constructivo las vías de desagüe natural, etc.

En el caso de los grandes centros poblados debe haber una labor periódica de mantenimiento a los sistemas de alcantarillados y remoción de los áridos, escombros y otros materiales que puedan obstaculizar la entrada del agua pluvial a las alcantarillas en su arrastre mecánico por el flujo de agua. En lo que se refiere a las zonas costeras el nivel del mar podría elevarse y agravar las inundaciones en los territorios litorales; para las condiciones específicas de Cuba en algunas áreas existen penetraciones del mar debido a la conjunción de la dirección y velocidad del viento - con relación a la línea de la costa- y la situación de las mareas o por la influencia de ciclones o fenómenos meteorológicos extremos.

El régimen de precipitaciones del país posibilita la formación de inundaciones, sobre todo durante el período 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. En ocasiones tienen lugar lluvias súbitas con una alta intensidad que producen la abrupta crecida de pequeños arroyos y ríos con la consecuente inundación y destrucción de todo lo que encuentran a su paso

en la llanura o plano de inundación y primeras terrazas de las corrientes fluviales. En el mes de mayo de 1994 una intensa lluvia localizada en la cuenca del río Mayarí, produjo daños considerables a las edificaciones y a la agricultura de la zona; parecido a las inundaciones producidas por el paso de la tormenta "Gordon" en noviembre del mismo año, ya a finales de la temporada ciclónica.

Los efectos de las inundaciones puede traer consigo otro tipo de desastres, como es el ejemplo de 1993 en la llanura central de los EE.UU, a raíz de unas inundaciones, unos tanques de gas líquido navegaron río abajo en la cuenca del Mississippi, creando una situación de máxima alerta tecnológica. La sequía y los huracanes por un período de 20 años, han favorecido la difusión de material radioactivo en una vasta zona de Rusia. Además de que prácticas antrópicas inapropiadas favorecen la permanencia de una lámina de agua en lugares que naturalmente no debía ocurrir, por ejemplo, en las ciudades, el suelo se sustituye por cemento y, así, se pierde la capacidad natural que tiene el terreno para absorber, favoreciendo la aparición de inundaciones repentinas.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FORMACIÓN DE LAS INUNDACIONES.

La posición latitudinal de Cuba y su configuración alargada y estrecha, condicionan determinadas particularidades en la disposición de su red fluvial, distinguiéndose un parteaguas principal, situado al centro y a todo lo largo del territorio, que lo divide en dos vertientes, la norte y la sur, esto hace que los ríos tengan sus fuentes hacia el centro del país y casi todos corran de Sur a Norte o viceversa, según estén situados en una u otra vertiente.

En Cuba todos los procesos asociados al escurrimiento fluvial, sus componentes genéticas, su variabilidad y el escurrimiento sólido están determinados por una sola fuente de alimentación: la precipitación; ésta generalmente cae en cualquier época del año, pero durante los meses de mayo a octubre, suele registrarse alrededor del 80% de la lámina de precipitación anual, mientras que en el período comprendido entre noviembre y abril, precipita el resto. Asimismo, su variabilidad en el tiempo muestra una alternancia de períodos que da lugar a prolongadas e intensas sequías y períodos de elevada actividad pluvial, comportamiento éste que influye sensiblemente sobre la formación de los recursos hídricos y en el manejo del agua en el país.

Tabla 1. Clasificación de las cuencas hidrográficas según sus áreas colectoras hasta las desembocaduras.

Intervalo del área (Km ²)	Cantidad de Cuencas	(%)
5-50	385	59.7
51-100	105	16.3
101-200	70	10.8
201-300	22	3.41
301-400	11	1.71
401-500	11	1.71
501-600	8	1.25
601-700	7	1.08
701-800	3	0.46
801-900	4	0.62
901-1000	3	0.46
1001-1500	12	1.86
1713	1	0.16
2187	1	0.16
2393	1	0.16
8969	1	0.16

La lámina de precipitación media para Cuba ha sido calculada en 1375 mm; sin embargo, la distribución espacial de esta lámina no es homogénea, ya que en algunas zonas precipita más de 300 mm y en otras sólo alcanza unos 500-600 mm al año.

Los períodos de ocurrencia de las lluvias también determinan el régimen hídrico de los ríos, esto da lugar a que en el período lluvioso se produzcan las mayores crecidas. Pequeños arroyos y ríos aumentan su caudal de forma súbita y producen inundaciones en el territorio de sus cuencas fluviales. De continuar las lluvias, el terreno anegado se extiende, y en lugares con poca pendiente del terreno, a veces se unen varias corrientes formando extensas zonas inundadas.

La influencia de lluvias intensas y prolongadas se refleja de diversas formas en el terreno. Así, en las zonas rurales con deficientes condiciones de drenaje (poca pendiente, suelos de baja infiltración), las aguas anegan campos agrícolas que en ocasiones producen pérdidas de las cosechas y dificultan la aplicación de la técnica agrícola.

En zonas urbanizadas la aglomeración de edificios y otros objetivos construidos por el hombre hacen que sean mayores las probabilidades de inundaciones, por lo cual también aumentan las probabilidades de pérdidas de vidas humanas y la destrucción de bienes.

Tabla 2. INTENSIDADES MÁXIMAS DE LLUVIAS REGISTRADAS EN CUBA

Intervalos de tiempo, minutos

Nombre y fecha del ciclón	Unidad	5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440	2800	4320
Habana 20/X/1926	mm.	28	47	72	96	115	130	162	216	280	-	-	-
	mm/min	5.70	4.70	3.60	2.40	1.92	1.45	1.08	0.72	0.39	-	-	-
"Flora" 4-7/X/1963	mm.	11	19	32	56	72	99	138	240	446	691	1176	1555
	mm/min	2.20	1.90	1.60	1.40	1.20	1.10	0.92	0.80	0.62	0.48	0.42	0.36
"Laura" 14- 18/XI/1971	mm.	22	36	65	110	150	200	240	321	396	-	644	-
	mm/min	4.40	3.60	3.25	2.75	2.50	2.22	1.60	1.07	0.55	-	0.23	-
"Frederick" 9-10/IX/1979	mm.	8.00	14.4	24.8	46.0	64.2	90.0	132	222	418	490	532	-
	mm/min	1.67	1.44	1.24	1.15	1.07	1.00	0.88	0.74	0.58	0.34	0.19	-
"Alberto" 2-3/VI/1982	mm.	14	25	49	90	127	172	255	400	620	740	-	-
	mm/min	2.80	2.50	2.45	2.25	2.12	1.91	1.70	1.33	0.86	0.52	-	-
"Onda Este" 18-19/VI/192	mm.	13	26	52	88	126	157	232	393	518	547	-	-
	mm/min	2.6	2.6	2.6	2.2	2.1	1.75	1.55	1.31	0.72	0.38	-	-
Cienfuegos 1-2/VI/1988	mm.	-	-	64	125	180	235	3.40	515	717	867	-	-
	mm/min	-	-	3.21	3.12	3.00	2.61	2.27	1.72	1.00	0.60	-	-
Pinar del Río 24-/VI/1992	mm.	11.1	21.7	37.1	67.1	94.3	136	194	309	428	579	-	-
	mm/min	2.22	2.17	1.86	1.68	1.57	1.51	1.29	1.03	0.59	0.4	-	-

Los casos en que las pérdidas de vidas y propiedades durante una inundación resultan evitables son numerosos, pero esas pérdidas ocurren con frecuencia cuando no son trasladadas las personas ni las propiedades, porque se considera que existe una protección adecuada o porque simplemente se desconoce la magnitud del evento (percepción del desastre), tal y como ocurrió en el año 1963 durante el paso del ciclón Flora por las provincias orientales.

El peligro de tomar medidas insuficientes está presente. Los vasos de los embalses pueden estar llenos cuando ocurra una avenida, las basuras y desperdicios acumulados en un puente pueden originar niveles inesperados o tener lugar avenidas mayores que las de diseño. En una ciudad pueden ocurrir inundaciones considerables que son capaces de destruir bienes y propiedades de barrios enteros (como ha sucedido en el Reparto Sevillano en la Ciudad de La Habana) o dejar flotando los aviones en un aeropuerto.

Dadas las características de país tropical, con el paso frecuente de tormentas o la generación de fuertes e intensos aguaceros durante el período lluvioso, es obvio que el problema de las

inundaciones debe tenerse en cuenta, por esta razón una de las primeras tareas a resolver es conocer y cuantificar todos los territorios inundables en Cuba.

Para lograr el objetivo propuesto se ha tomado la característica físico-geográfica más importante que determina el estancamiento de las aguas durante cierto período de tiempo: el relieve. Por tanto, la topografía del terreno es un influyente elemento de formación de inundaciones, por esta razón se ha considerado como primer indicador una cota por debajo de 100 m.s.n.m. y una pendiente máxima de 3 grados (5.24%) elementos geomorfológicos determinantes en la formación de territorios propensos a inundarse, para la escala de trabajo determinada.

Sobre el proceso de estancamiento de las aguas influye considerablemente la topografía; es natural que los terrenos bajos se inunden más rápidamente que los altos, no obstante las condiciones del relieve y la extensión del territorio no son uniformes en todo el país.

En la región Occidental -incluye las provincias de Pinar del Río, La Habana, Ciudad Habana, Matanzas y parte de las provincias villaclareñas- los terrenos son relativamente llanos interrumpidos solamente por la cordillera de Guaniguanico en Pinar del Río y las alturas de La Habana-Matanzas.

Desde el punto de vista físico-geográfico un elemento general para esta región es el largo y ancho de su extensión territorial. Si no se considera la subregión de la Ciénaga de Zapata, desde el Cabo de San Antonio hasta el pueblo de Colón, resulta que el ancho máximo es de 75 kilómetros (Punta Cayo Mono y Ensenada de Tortugas) y el ancho mínimo es de Mariel a Majana (32 kilómetros).

El territorio de la región Central comprende las provincias de Villa Clara, Sancti Spiritus, Cienfuegos, Ciego de Ávila, Camagüey y parte de Las Tunas, se caracteriza por extensas llanuras interrumpidas solamente por las montañas del Escambray y las Alturas del nordeste de Villa Clara.

La región Oriental comprende todas las provincias orientales desde la divisoria de las aguas que separa las cuencas de los ríos La Cana y Naranjo, al norte, y Cauto-Aguas Blancas, al sur.

La región se caracteriza por tener los sistemas montañosos más altos de Cuba, valles extensos, regímenes de precipitaciones distintos a las otras regiones, ríos caudalosos como el Toa, el Cauto y el Yara, entre otros; zonas con los más espesos bosques cubanos y otras de vegetación típica de zonas áridas, como la cuenca de Guantánamo. En esta región se presentan los mayores gradientes de altura y las cimas más importantes de toda la Isla (Pico turquino -2000 m.s.n.m).

En esta región se presentan los mayores gradientes de altura y las simas más importantes de toda la Isla. La mayor distancia desde la costa norte a la sur (187 kilómetros) se encuentra entre la Punta Camarón Grande, al sur de la Sierra Maestra y Playa Tararacos, en Santa Lucía.

Con relación a las pendientes se tendrá en cuenta la comparación entre dos subregiones hidrológicas de Cuba para mostrar la influencia de este indicador en la formación de inundaciones.

La subregión Vertiente Sur de la Sierra Maestra se extiende desde Cabo Cruz hasta la cuenca del río Baconao, inclusive, por todo el sur de la Sierra Maestra. La característica más importante son las extraordinarias pendientes que presentan los ríos desde su nacimiento en el sistema montañoso y durante su recorrido de unos kilómetros para desembocar inmediatamente en el mar. Durante la ocurrencia de crecidas los ríos arrastran piedras, fango, árboles y todo lo que encuentran a su paso, para formar corrientes de agua, piedra y fango, únicas en Cuba y en algunos casos dando origen a "cauces errantes".

Una descripción de la subregión (Núñez J.) dice: *"Los ríos de la Sierra Maestra corren en líneas generales, de sur a norte, engrosando el caudal del Cauto, como ocurre con los ríos Jíbaro, Bayamo, Cautillo, Contramaestre y otros; los que corren a la inversa, es decir, de norte a sur, son mucho más pequeños y esto se debe a que sus cursos respectivos quedan detenidos en el mar a pocos kilómetros de sus fuentes, como sucede con el río Turquino, para sólo citar uno de los muchos que por allí corren; en ellos son frecuentes los pequeños saltos y cascadas. Todos estos ríos han labrado profundos valles transversales en la gran cordillera; cada uno está separado de los otros por espolones orográficos que con sus frentes meridionales presentan formas de triángulos hacia el mar".*

Es comprensible que no existan condiciones para acumulación de láminas de agua en este territorio, a pesar de que precipita alrededor de 1500 mm anualmente y valores máximos diarios de más de 400 mm.

No ocurre lo mismo en el territorio de la Ciénaga de Zapata, donde la lluvia anual es prácticamente la misma de la subregión antes señalada, aunque las pendientes del terreno son menores de 0.5 grados.

El territorio de la Ciénaga de Zapata ocupa un 70% de tierras bajas y pantanosas y presenta malas condiciones para la formación del escurrimiento superficial, destacándose solamente el río Hatiguanico, que desemboca en la Ensenada de la Broa. Algunos aforos realizados en la temporada menos lluviosa del año 1972 muestran un gasto de 30-35 m³/s. afectado por la

influencia de las mareas y por manantiales de agua salada localizados a 10-15 kilómetros de la desembocadura.

Una descripción de este territorio plantea que *"...los procesos tectónicos que ocurrieron en esta región de la península de Zapata, originaron una amplia depresión en las calizas, que en la actualidad afloran solamente a lo largo del perímetro de los pantanos.*

El papel principal en el abastecimiento de los pantanos de la Ciénaga corresponde al escurrimiento superficial de los ríos que se estancan en la parte hundida y empantanada durante un período largo que, junto a las condiciones climáticas favorables contribuyeron al desarrollo de la vegetación de pantanos y a su aglomeración en la parte deprimida del relieve, con el consecuente resultado de la formación de potentes espesores de turba.

Sobre este proceso de empantanamiento influyó mucho la tala de los bosques en el declive septentrional de la cuenca, porque los productos de la erosión produjeron la acumulación de fango en los cauces de los ríos y el aumento de los bancos a lo largo de las orillas, provocando el ascenso del nivel del agua y aumentando el área empantanada. Este proceso continúa en la actualidad.

A causa de la acumulación de fango en el cauce de los ríos, en la desembocadura del río Hatiguanico y el aumento de los niveles del agua en la parte empantanada de su desembocadura, se unieron áreas pantanosas antes separadas y fueron originando un gran macizo pantanoso que recibió el nombre de Ciénaga de Zapata.

Las aguas subterráneas a presión que brotan desde las calizas a lo largo de todo el territorio donde éstas se hallan directamente debajo de la turba y, en especial, en la parte más profunda de la depresión, ejercen gran influencia sobre el abastecimiento de agua de esta región y en el desarrollo de los procesos de empantanamiento.

En la bahía de Cochinos brotan fuentes de agua con gran precisión y el agua dulce surge a la superficie del mar después de atravesar una masa de agua marina hasta de 5 metros de espesor. Estos datos revelan la existencia de cauces subterráneos de origen cársico, por los cuales el agua dulce se dirige al mar atravesando distancias con presión suficiente", (Acevedo, M. 1980).

Los tres indicadores descritos anteriormente no constituyen todos los elementos que condicionan la formación de inundaciones, por tanto, es importante la superficie subyacente, donde puede ocurrir la inundación, por tanto, se introducirán dos indicadores más: la litología y los suelos.

La porosidad, permeabilidad, compactación y otras características de los suelos determinan la presencia o no de una lámina de agua durante cierto período de tiempo. Es imposible considerar todos los suelos, por tanto, éstos fueron agrupados de acuerdo a la posibilidad de que incidan o no en la inundación del terreno, es decir, atendiendo a sus propiedades físico-mecánicas.

Los suelos pueden ser más o menos permeables dependiendo de su estructura interna y su composición mecánica. Entre los suelos impermeables se encuentran los vertisuelos oscuros plásticos gleizados gris amarillento, vertisuelos oscuros plásticos no gleizados negro grisáceos y los hidromórficos pantanosos laterizados. Poco permeables son, por ejemplo, los suelos hidromórficos gley ferralítico cuarcítico concrecionario y los hidromórficos gley ferralítico concrecionario laterizado.

La característica geológica en Cuba está dada, no sólo por la formación litológica, sino por el grado de fractura e intemperismo que ésta presenta. Es significativo que el 70% del territorio cubano esté constituido por rocas carbonatadas y que presentan un desigual desarrollo cársico.

“La influencia del carso sobre la formación del escurrimiento y por ende en las inundaciones se manifiesta de forma compleja, mediante la combinación de intercambio de aguas superficiales y subterráneas, positiva y negativamente, en general y puede afectar el balance hídrico de una cuenca de diferentes formas:

- *Redistribución interna del escurrimiento dentro de los límites de la cuenca de recepción, sin alteración del escurrimiento medio anual.*
- *Integración al escurrimiento de la cuenca de aguas procedentes de cuencas de acuíferos vecinos, ocasionando un balance positivo del escurrimiento medio anual.*
- *Entrega de parte de las aguas de la cuenca, subterráneamente a otras cuencas o acuíferos vecinos, provocando un balance negativo del escurrimiento medio anual.*

Lógicamente, como todo proceso natural, la influencia del carso sobre el escurrimiento no se limita sólo a los tipos básicos antes mencionados. En las zonas cársicas pueden encontrarse ríos cuyos índices de escurrimiento no se someten a una acción concisa, sino a la combinación de diferentes tipos de afectación cársica.

Dependiendo del tipo y del grado de desarrollo cársico, su influencia puede manifestarse tanto en todos los parámetros del escurrimiento fluvial (escurrimiento medio anual, distribución en un año,

fluctuaciones de muchos años, inundaciones del territorio, etc.) como por alguno de ellos en particular”, (Batista y Rodríguez, 1993).

Todas las condiciones antes mencionadas se tuvieron en cuenta en la utilización de los métodos de superposición y comparación con el objetivo de obtener las áreas de los territorios inundables de la forma más confiable, aunque no se utilizaron todos los indicadores determinantes en la formación de inundaciones, pero sí los más significativos para la escala de trabajo seleccionada de 1:250 000.

Generalmente el efecto directo de las inundaciones es asociado con la pérdida de vidas humanas, las evacuaciones, la destrucción de obras civiles, etc., pero no son menos importantes las afectaciones que tienen lugar ante lluvias torrenciales normales durante el período húmedo. Como ya se ha expresado anteriormente, la combinación de diversos factores físico-geográficos y de origen antrópico puede producir serios daños en la agricultura ante lluvias de cierta magnitud.

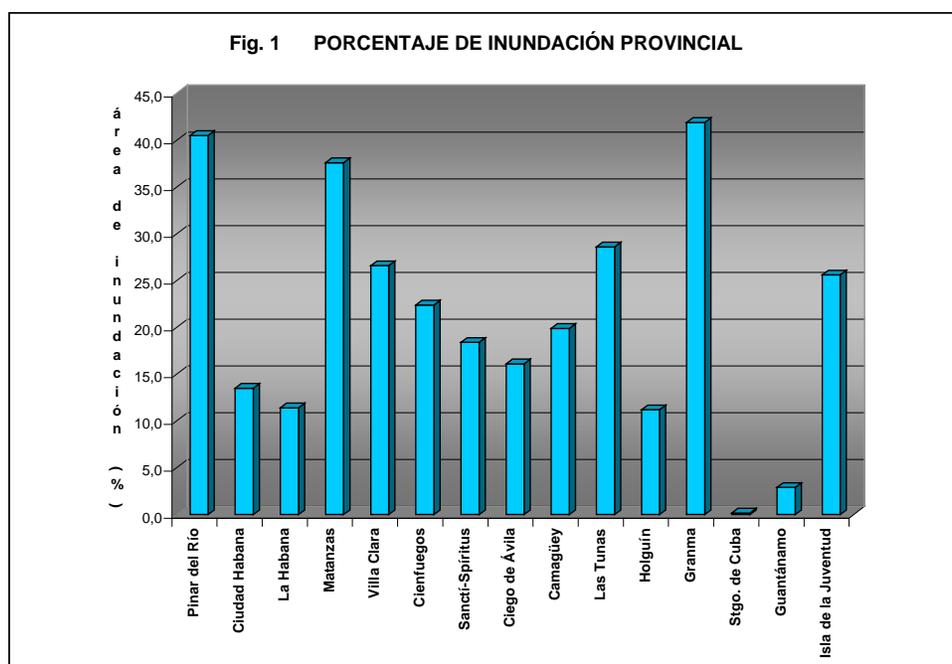
Un ejemplo de lo antes expuesto es la formación de inundaciones en la provincia más occidental del país. Debido a los resultados del amplio plan de desarrollo socioeconómico realizado durante los últimos años se han obstaculizado, en muchos casos, las vías de evacuación de las aguas. Por otra parte, en un territorio llano cultivado, donde se aplican técnicas de riego (aspersión, microjet, anegamiento), si no son resueltos los problemas de drenaje y de riego sin control y planificación, pueden ocurrir inundaciones que ocasionen la pérdida de las cosechas y al retirarse las aguas, la salinización de los suelos.

Es necesario considerar como la lluvia, el relieve, el suelo y la mano del hombre pueden cambiar e influir de forma negativa para afectar considerablemente la economía de un territorio. Según L. Hernández (1987), *“en la provincia de Pinar del Río ocurrieron lluvias intensas de unos 140 a 180 mm durante los últimos días del mes de diciembre de 1986 (período seco o menos lluvioso). Hasta mediados del citado mes el territorio estaba padeciendo una intensa sequía. Por tanto, se suponía que la humedad del suelo era mínima y que las reservas freáticas estaban en una situación crítica, es decir, ante estas lluvias (muy superiores al promedio de diciembre), era lógico esperar que esto no trajera grandes consecuencias. Sin embargo, hubo afectaciones considerables en los cultivos, fundamentalmente en las áreas cañeras. El Complejo Agroindustrial “30 de Noviembre” que comenzó su molida normalmente el 25 de diciembre tuvo que detener su producción por la suspensión de los cortes de caña que se reiniciaron el 6 de enero de 1987.*

El tabaco resultó muy afectado, se perdieron 352 caballerías y 616 quedaron muy dañadas. Otros cultivos como la papa y los frijoles sufrieron una pérdida de 53 y 57 caballerías respectivamente.”

Pero estas condiciones pueden encontrarse en la región oriental, en las llanuras de Camagüey o en diversos lugares del territorio. Por esta razón se entiende que, el conocimiento y mapeación de los territorios propensos a inundarse tiene suma importancia. Con esta información podrá tenerse una idea de las medidas a tomar en cada caso particular para mitigar consecuencias, a veces desastrosas.

La provincia que tiene más territorio inundable es la de Granma (42%) debido a las inundaciones que se producen en la Llanura del Cauto por condiciones naturales ya que la construcción de los embalses ha mitigado en parte el problema (Fig. 1), (Batista y Sánchez, 1994).



La Llanura sur y la zona de la costa norte de la provincia de Pinar del Río presentan un 41% de territorio propenso a inundarse. Precisamente el autor citado anteriormente señala:..."*En Pinar del Río los campos dedicados al cultivo de la caña con problemas de suelo y de drenaje se inundan rápidamente, entre lánimas de lluvias de no mucha consideración sobre todo en la llanura sur, permaneciendo el agua estancada por varios días, produciendo grandes pérdidas a la zafra. Entre los factores que más inciden en las inundaciones están los siguientes:*

- *La presencia de fuertes lluvias y su consecutividad.*
- *Llanuras generalmente estrechas con un sistema montañoso próximo que vierte parte de sus aguas a éstas.*
- *Suelos con una composición arcillosa.*

- *El uso inadecuado de los territorios por la acción antrópica*". (Hernández, L., 1987).

En la provincia de Matanzas el 38% del territorio es inundable con relación al total nacional; en este caso influye considerablemente el área ocupada por la Ciénaga de Zapata y la Llanura de Colón.

Por último, el territorio del municipio especial de la Isla de la Juventud tiene 564 Km.² inundable, lo cual representa el 26 % de su superficie total.

El área inundable para todo el territorio cubano es de 26 132 Km.² (25%), cifra notable si se tiene en cuenta la configuración del país. Es interesante comparar el territorio inundable con el uso de la tierra. Si la superficie sembrada de caña de azúcar, cultivos temporales y permanentes de los sectores estatales y privados es de 34 639 Km.² y se le añade aproximadamente las áreas agrícolas no controladas, resultan 40 000 Km.², es decir, esto representa el 38% de la superficie total de la Isla. (Batista y Sánchez, 1994).

Tabla 3. Territorios inundables por provincias (en Km.²) (Según Batista y Sánchez, 1994)

Provincia	Superficie provincial	Territorio inundable**	Inundable (%)
Cuba	104 945*	26 132	24.9
Pinar del Río	10 861	4 397	40.5
Ciudad Habana	727	98	13.5
La Habana	5 691	650	11.4
Matanzas	11 739	4 414	37.6
Villa Clara	7 944	2 113	26.6
Cienfuegos	4 177	936	22.4
Sancti-Spíritus	6 732	1 236	18.4
Ciego de Ávila	6 321	1 650	16.1
Camagüey	14 158	2 818	19.9
Las Tunas	6 584	1 885	28.6
Holguín	9 295	1 043	11.2
Granma	8 362	3 502	41.9
Stgo. de Cuba	6 170	10	0.16
Guantánamo	6 184	180	2.9
Isla de la Juventud	2 200	564	25.6

*Sólo la Isla de Cuba. **Incluye los espejos de los embalses.

Por tanto, al hacer la comparación correspondiente se aprecia con mucha claridad que el 25% del territorio inundable es una cifra indudablemente preocupante para la Isla de Cuba.

Esta primera aproximación de la determinación de las áreas inundables de Cuba es sólo el punto de partida para trabajos posteriores. En el futuro se tratará de precisar con más detalles los territorios inundables, utilizando escalas mayores, que permitan la delimitación de puntos que no han sido representados en este trabajo.

Además de esto, es necesario establecer comparaciones cuantitativas y areales de los territorios inundables y el uso de la tierra lo más detalladamente posible. Todo ello permitirá y contribuirá a conocer mucho mejor las condiciones de formación de las inundaciones, lo cual hará posible la preparación de planes de evacuación y tomar medidas adecuadas para evitar las posibles consecuencias.

Como antecedente se determinaron las áreas inundables en Cuba (escala 1:1000 000) lo que ha servido de base para continuar el estudio y análisis del proceso de inundación y presentar el riesgo por inundaciones de origen pluvial en todo el territorio a escalas mayores y empleando comparaciones cuantitativas y areales de los territorios inundables y el uso de la tierra. En realidad este primer acercamiento a esta problemática constituye una representación del peligro por inundación para todo el territorio nacional. Todo lo realizado permitirá conocer mucho mejor el peligro de las inundaciones, lo cual hará posible la preparación de planes de evacuación y tomar medidas adecuadas para evitar las posibles consecuencias de este desastre.

3.PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO.

La ocurrencia de desastres, en gran medida ocasionados o acelerados por la acción antrópica, es una preocupación inevitable de la humanidad, desconociéndose antecedentes de que esta especialidad, bajo un enfoque teórico-metodológico y aplicado, sea objeto de estudio en instituciones superiores. Hasta el momento los conocimientos sobre los eventos naturales extremos, están parcializados dentro de diferentes disciplinas, como la Geología, Geomorfología, Hidrología, Biogeografía y otras. *“Por otra parte, los distintos niveles de vulnerabilidad propiciados por la actividad humana son estudiados a partir de la recopilación y experiencia de los desastres ocurridos y sus consecuencias. Es importante, por tanto, la comprensión teórica y las correspondientes aplicaciones prácticas sobre los procesos geográficos, que ocasionan los desastres mono y poligenéticos, desde un punto de vista integral y multidisciplinario”*, (Hernández, J.R. y otros, 1994).

En muchos países, el vertiginoso crecimiento de la población supone, por si solo, un incremento del número de personas que probablemente estarán afectadas por eventos naturales potencialmente destructores. Otro factor importante, que guarda relación con este problema, es la creciente presión que obliga a la población, en la mayoría de los países, a habitar y utilizar tierras marginales, muchas veces, altamente vulnerables, lo cual conlleva grandes riesgos para los habitantes y las infraestructuras socioeconómicas. Las rupturas del equilibrio ecológico y del medio ambiente han de tenerse en consideración como una de las causas principales de mayor vulnerabilidad para la biosfera en toda su extensión.

Si bien el grado de riesgo parece, en general, ir en aumento los aspectos negativos están parcialmente neutralizados por ciertas tendencias positivas entre las que son de señalar: la mejor comprensión de las leyes del desarrollo de los eventos naturales extremos y de sus consecuencias; el progreso en los pronósticos y acrecentada capacidad en la preparación de los sistemas de alarma; una conciencia creciente de las consecuencias de los desastres y una mayor sensibilidad, en cuanto a las consecuencias de la degradación ecológica y del crecimiento de la población.

Estudios realizados por las Naciones Unidas sobre las tasas de crecimiento de la población muestran que a comienzos del siglo XXI más de la mitad de la población mundial vivirá en zonas urbanas. A diferencia de los países desarrollados gran parte de los subdesarrollados duplican sus poblaciones urbanas cada 12-15 años y, en el caso de barrios insalubres y en asentamientos ilegales, generalmente se duplica cada siete años aproximadamente.

Por una parte, el hombre, desde épocas remotas, ha tratado de vivir cerca de fuentes de aguas interiores y del mar. Esto hace vulnerables los asentamientos humanos -con sus edificaciones y construcciones- ante la presencia de determinados eventos naturales como las penetraciones del mar, inundaciones, deslizamientos de tierra, entre otros. En segundo término la actividad humana -acompañada de un intenso desarrollo industrial en los últimos decenios- ha originado grandes desastres ecológicos de origen tecnológico. La superpoblación de algunas ciudades, las necesidades materiales del hombre y la construcción de diversas y complejas fábricas contaminadoras están creando problemas derivados que son atendidos desde distintos puntos de vista; es decir, la vulnerabilidad no es la misma en países desarrollados ricos, con recursos y con amplias posibilidades para evitar o mitigar las consecuencias ante los desastres, que en los países pobres o subdesarrollados.

Esa vulnerabilidad presenta diversas caras, a juzgar por la situación político-económica de los países, y por supuesto de la exposición de éstos a las catástrofes.

A estos desastres compuestos los investigadores los denominan, a veces, "na-techs" (natural/technological disasters). Los "na-techs" son un claro ejemplo de que las diferencias entre "desastres naturales" y "desastres tecnológicos" son cada vez menos nítidas..." (Ciudades en Peligro - Ciudades más Seguras... antes de un Desastre (DIRDN): Parte I: Los desastres en las ciudades).

Históricamente el hombre ha padecido y se ha preocupado por las alteraciones del medio en el cual vive, bien sea por causas naturales o no. Diversos especialistas han manifestado sus criterios para describir estos cambios; algunos consideran que los desastres no deben tener apellidos, es

decir, no existen desastres de origen natural o de otra índole. Simplemente son desastres, es decir, las consecuencias del evento natural extremo en un territorio vulnerable.

Por otra parte, existen variadas definiciones de peligro, vulnerabilidad, desastres y riesgo y, no es necesario abordar aquí cuales son las mejores. Lo cierto, lo evidente es que, al ocurrir inundaciones -por ejemplo- se altera la vida normal del hombre, son destruidos o dañados sus bienes y la recuperación o vuelta a la posición antes del desastre es costosa y en ocasiones no hay soluciones concretas.

De la necesaria revisión de la literatura para la elaboración de este trabajo resultó interesante el enfoque de Wilches-Chaux (1989), que explica el problema basado en la teoría de los sistemas:

*“Un sistema debe poseer la flexibilidad intrínseca necesaria para permitir su adaptación, para **“absorber”**, mediante cambios grandes o pequeños en sus estructuras (que se traduzcan en cambios equivalentes en los ritmos y direcciones de sus procesos), los cambios del sistema superior; de lo contrario, surge la crisis. Cuando la crisis acarrea pérdidas materiales y víctimas humanas, le llamamos **desastre**”.*

De acuerdo con la terminología internacional utilizada por la “Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre”, (UNDRO, 1991):

Peligro: es la probabilidad de que un área en particular sea afectada por algún elemento perturbador (inundaciones, ciclón, explosiones, penetraciones marinas, incendios contaminación).

Vulnerabilidad: es la probabilidad de resultar destruido, dañado o perdido cualquier elemento estructural físico, social o económico expuesto a un peligro. La vulnerabilidad puede modificarse. *“El término riesgo se refiere a las pérdidas esperadas por un peligro dado a un sistema bajo riesgo, para un futuro período de tiempo. De acuerdo con la forma en que el elemento bajo riesgo sea definido, éste puede ser medido en término de pérdidas económicas esperadas o de vidas perdidas, o la extensión del daño físico a las propiedades”,* (Coburn, et al., 1991).

De estos conceptos se desprende que el peligro es una realidad objetiva. La vulnerabilidad puede evaluarse, modificarse e inclusive eliminarse, y por tanto reducir el riesgo, ya que éste es directamente proporcional a la vulnerabilidad, pues en su forma más simple:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} * \text{Vulnerabilidad.}$$

Muñoz, 1989, propone la siguiente relación:

Riesgo = Peligrosidad * Vulnerabilidad * Valor económico

Sin embargo Montero y González, 1990, proponen una transformación de esta relación planteada por Muñoz, argumentando que el riesgo implica mucho más que sólo el valor económico, proponiendo la relación como:

Riesgo = Peligrosidad * Vulnerabilidad * Valor social

"La vulnerabilidad ante un desastre dado es la capacidad de respuesta ante el fenómeno, es decir, que un objeto sea vulnerable a un fenómeno natural determinado es, en primera instancia, que sea susceptible de sufrir daños por la acción de este fenómeno; ahora bien, si se entiende como objeto cualquier objetivo social o económico, entonces la vulnerabilidad estará en dependencia de las características específicas del fenómeno, así como del objeto cuya vulnerabilidad se desee evaluar. La vulnerabilidad no es estática, sino un proceso dinámico en dependencia de las condiciones tanto naturales como sociales. Es evidente que no presenta la misma vulnerabilidad un edificio ante una inundación que ante un terremoto, sin embargo, para este último la vulnerabilidad no será la misma en un área rural que en una ciudad, de ahí la importancia de definir el objeto de evaluación."(Sánchez, 1994).

4. PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS.

Cuando se aborda el problema de la ocurrencia o riesgo por inundaciones es conveniente definir espacio, frecuencia, la magnitud del fenómeno y los sectores o esferas socioeconómicas sujetas a afectaciones.

La obtención de un mapa de riesgo por inundación es un proceso largo que incluye una recopilación o elaboración de una adecuada base topográfica, la recopilación y/o generación de información hidrológica y un análisis exhaustivo que, generalmente consume mucho tiempo.

Teniendo en cuenta que un mapa de riesgo por inundación puede tener varias facetas socioeconómicas, es necesario disponer de una información razonablemente confiable, de manera que los resultados a obtener también puedan ser considerados seguros.

Las posibilidades actuales de levantamiento de información-topográfica, geológica, uso del terreno, vegetación, etc.-utilizando técnicas derivadas del extraordinario auge alcanzado por el hombre en las investigaciones espaciales (fundamentalmente imágenes cósmicas)- ofrece resultados satisfactorios y rápidos. No obstante, las técnicas tradicionales y las fotos aéreas

constituyen herramientas muy útiles y de fácil acceso, sobre todo para los países que no disponen de un alto desarrollo en las investigaciones espaciales.

En las condiciones particulares de Cuba, y más concretamente en el Instituto de Geografía Tropical, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, no existen posibilidades -por el momento- para realizar un levantamiento exhaustivo del terreno. No están disponibles los recursos humanos y materiales para esa costosa tarea. Por esas razones, se ha decidido utilizar la información recopilada en mapas temáticos, a escala 1:250 000 para todo el territorio nacional.

En esta etapa inicial del trabajo se buscan resultados que sirvan de punto de partida para realizar investigaciones futuras utilizando otros medios técnicos más potentes y al mismo tiempo, ampliar la escala de trabajo.

5. RIESGO POR INUNDACIONES.

El objetivo es la elaboración de un mapa de peligro por inundaciones, teniendo en cuenta criterios de influencia integrada y la correlación de los principales factores físico-geográficos que provocan las inundaciones del terreno; esto se obtiene a partir de la superposición de mapas de lluvia máxima diaria, litología, tipos de suelos, pendiente y altura del terreno. La correlación y comparación de estos mapas con la vulnerabilidad definida de un territorio deviene en el mapa de riesgo por inundaciones.

El resultado, después de procesados los cinco mapas antes enumerados, es un mapa de peligro de inundaciones para el 1% de probabilidad. Con un sexto mapa -el uso de la tierra- se introduce el concepto de vulnerabilidad y finalmente al superponer éste con el de peligro resulta el mapa de riesgo por inundación de la misma probabilidad a escala 1:250 000 para toda Cuba.

La tarea más laboriosa para lograr los objetivos propuestos es la introducción de la información en un soporte magnético para posteriormente utilizarla en el proceso de superposición automatizada de los mapas.

Después de analizados y definidos todos los elementos físico-geográficos que influyen en el peligro, y considerando además la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas a las inundaciones, se han seleccionado los siguientes mapas:

1. Altura sobre el nivel del mar.
2. Tipos de suelos.

3. Litología.
4. Pendiente del terreno.
5. Precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad.
6. Uso de la tierra.

Inicialmente es necesario proceder a la digitalización de todos los mapas básicos a una escala de 1:250 000, con una cuadrícula de 1 minuto (5 Km.² aproximadamente); con esto se logra una representación aceptable en esta etapa de trabajo para los mapas resultantes.

A continuación se presenta una breve descripción del tratamiento previo que se le dio a cada mapa para la posterior utilización del método de superposición y los correspondientes cruzamientos y correlaciones.

1. Altura sobre el nivel del mar. (Fig. 2)

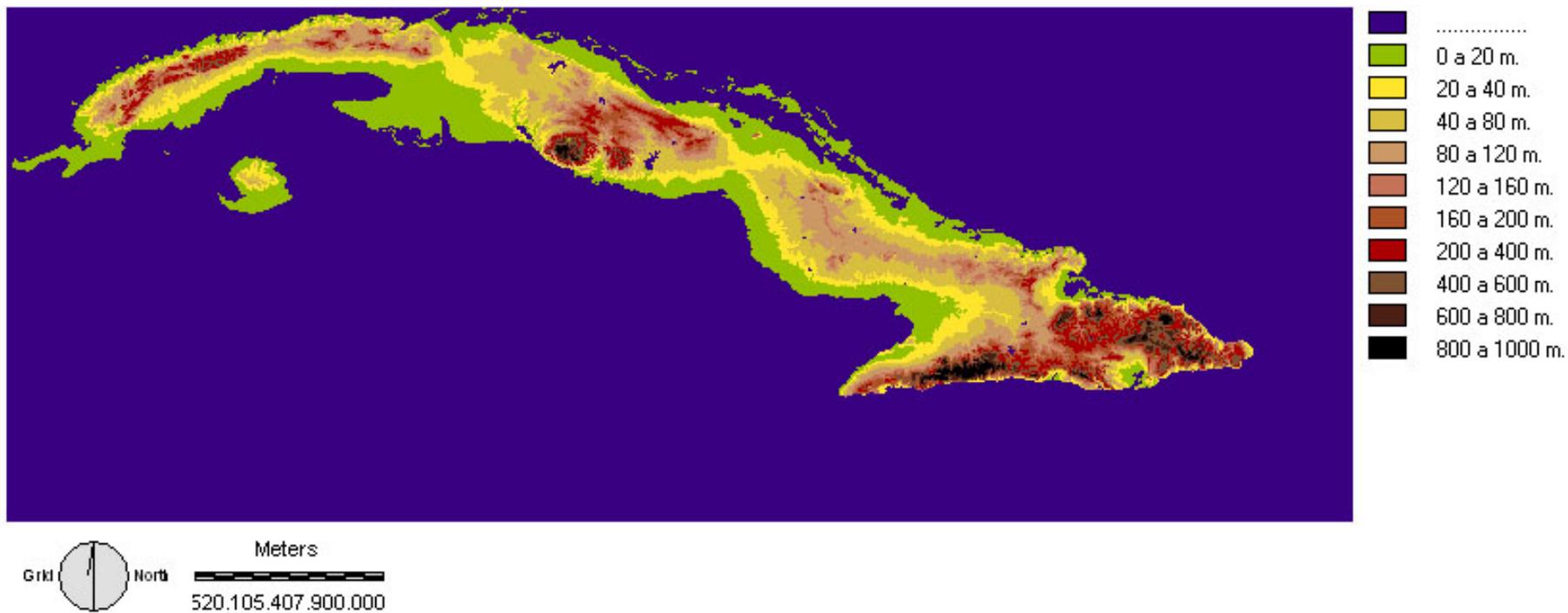
En el proceso de estancamiento de las aguas, así como la cantidad de precipitaciones, influye la altura del lugar, es natural, que los terrenos bajos estén más propensos a inundarse que los altos.

El mapa hipsométrico es el mapa base que considera el relieve como uno de los factores principales para la formación de inundaciones.

Altura (metros)	Característica
0-20	Intensamente inundable
21-40	Muy inundable
41-80	Indudable
81-120	Medianamente inundable
121-160	Poco inundable
más de 160	No inundable

Figura 2.

HIPSOMETRIA



2. Tipos de suelos. (Figura 3)

La porosidad, permeabilidad, compactación y otras características de los suelos determinan la permanencia de una lámina de agua durante cierto período de tiempo. Es imposible considerar todos los suelos, por tal motivo se hizo una agrupación de los mismos de acuerdo con la posibilidad de que contribuyen a la inundación del terreno, es decir, atendiendo a sus propiedades físicas.

El mapa base utilizado fue elaborado por el Instituto de Suelos (Hernández y otros, 1971), que representa una clasificación genética de los suelos. A partir de esta información se hizo la conversión a la clasificación de Bennett y Allison, por considerarla la más conocida.

Se definieron tres categorías para los suelos cubanos: ***Impermeables, medianamente permeables y permeables.***

Algunos ejemplos de suelos agrupados son:

- Amarillo tropical pseudohidromorfo -gley ferráltico típico desaturado de materiales silicios finos transportados (**Impermeables**).
- Amarillo tropical típico ferráltico cuarcítico amarillo lixiviado típico desaturado, eluvio de esquistos micaceos, cuarcíticos o similares (**Permeables**).
- Gley tropical medianamente gleizado -gley ferráltico concrecionario de materiales silicio fino transportados de esquistos (**Medianamente permeables**).

3. Litología.(Figura 4)

Igualmente las distintas litologías han sido agrupadas en cinco categorías, atendiendo fundamentalmente a su grado de permeabilidad: **muy impermeable, impermeable, medianamente permeable, permeable y muy permeable.**

Ejemplo de algunos agrupamientos de la litología es el siguiente:

Para el Cretácico Superior Maestrichtiano, la formación Cacarajicara, que está compuesta por brechas, calcarenitas calcilutitas fue considerada **muy permeable.**

Figura 3.

PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS

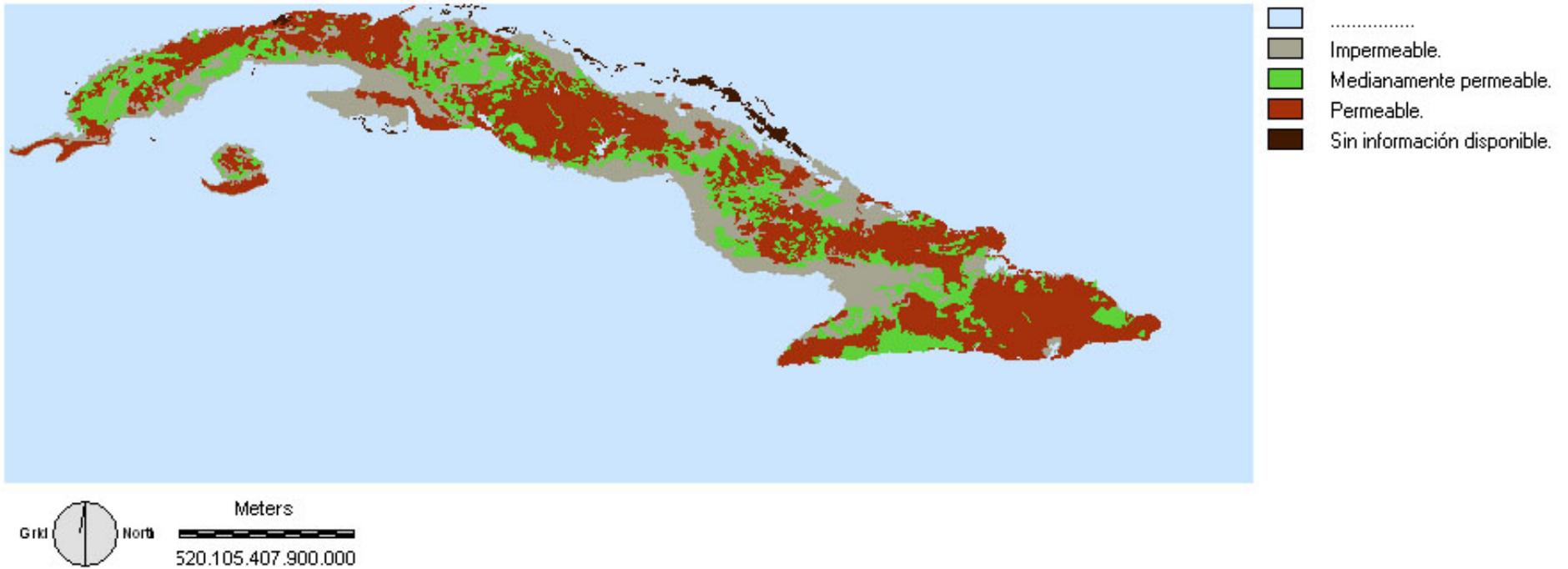
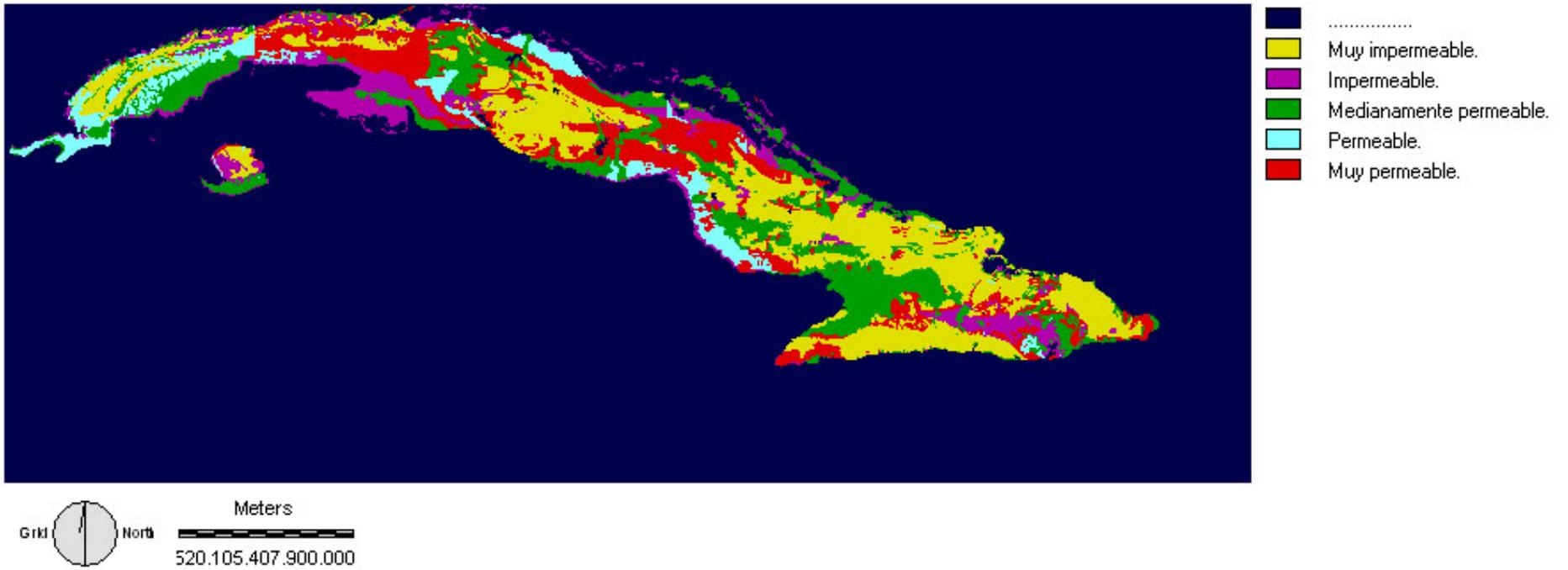


Figura 4.

PERMEABILIDAD LITOLOGICA



La formación Peñalver constituida por calciruditas, calcarenitas y margas se agrupó como **muy impermeable** y las formaciones Guanaja, Esperanza II, San Pedro, Cantabria e Isabel -formada por conglomerado, areniscas, aleurolitas, margas, calizas, tobas y vitroclásticas- fue considerada como **impermeable**, mientras la formación Lutgarda, compuesta por calizas (biomicritas, calcarenitas) y silicitas intercaladas fue considerado como **permeable**.

Cretácico Superior Campaniano-Maestrichtiano, formación Vía Blanca, constituida por aleurolitas y argilitas, areniscas, margas, conglomerados, horizontes de olistostromas (**impermeable**).

La formación San Juan y Martínez formada por calizas biodetríticas, conglomerados y margas es **medianamente permeable**.

Para la formación Yaquimó, compuesta por margas, calizas, areniscas, rocas clásticas, tufitas, aleurolitas tefroides es **muy impermeable**, mientras que la formación Bacunayagua de conglomerados, tobaceas, calizas arenosas, está considerada como **permeable**.

Para este agrupamiento geológico no sólo se tuvo en cuenta las propiedades físico-químicas de las formaciones geológicas, sino también las características geomorfológicas y el gado de fractura de las mismas.

4. Pendiente del terreno

La pendiente del terreno -en grados- es uno de los factores que más influye en el anegamiento de un terreno. Generalmente un terreno con una pendiente alta no se inundará debido a la rápida evacuación de las aguas superficiales a lugares con menor pendiente.

Pendiente en grados

menos de 0.5
0.5 - 1.0
1.0 - 3.0
3.0 - 5.0
mayor de 5.0

Esta es la escala de pendientes en el mapa base, sin embargo fue considerado que un territorio que presente una pendiente superior a los 3 grados es un territorio no inundable.

5. Precipitaciones máximas diarias. (Figura 5)

Las precipitaciones en Cuba constituyen la fuente principal de las inundaciones por tal motivo se tomó el mapa de precipitaciones máximas diarias elaborado por Konchasvili. Este mapa presenta precipitaciones del 1% de probabilidad con intervalos asumidos para poder así correlacionarlos con los otros mapas. La frecuencia del 1% es de 1 vez en 100 años de ocurrencia y es un valor estadístico probabilístico, pero es un buen indicador cuantitativo en el estudio de la formación de las inundaciones. De esta forma una lluvia dada puede producir inundaciones con cierto grado de peligro.

Lluvia del 1% de probabilidad(mm)	Características
menos de 300	Moderada
350	Fuerte
400	Muy fuerte
450	Intensa
más de 450	Muy intensa

7. Uso de la tierra. (Figura 6)

Realmente el procesamiento previo de este mapa -que presenta 28 usos distintos de la tierra- representa el mapa de vulnerabilidad agrícola de Cuba. El criterio básico que se asumió para elaborar esta clasificación desde el punto de vista agrícola, es que la vulnerabilidad por inundación resulta inversamente proporcional al humedecimiento, es decir, a partir del hecho de que ciertos cultivos soporten más o menos tiempo el anegamiento de los campos, se consideran tres categorías de vulnerabilidad: **baja, media y alta.**

Teniendo en cuenta la importancia del agrupamiento por vulnerabilidad se presentan algunos ejemplos para ilustrar los criterios asumidos.

Cultivos de baja vulnerabilidad.

Arroz - Requiere un anegamiento de la zona cultivada durante todo el período de cultivo hasta el drenaje final, por tanto los suelos imprescindibles para este cultivo deben ser los plásticos con un alto porcentaje de retención de humedad.

Caña - En Cuba se encuentra sembrada (casi el 30%) del territorio) en suelos motmorilloníticos y en menor escala en suelos latosólicos, en suelos no calcáreos y arenosos, y en un 39% en suelos calcáreos. Sin embargo, la planta permite hasta 7 días de anegamiento sin dañarse. Las

Figura 5.

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS PARA EL 1% DE PROBABILIDAD

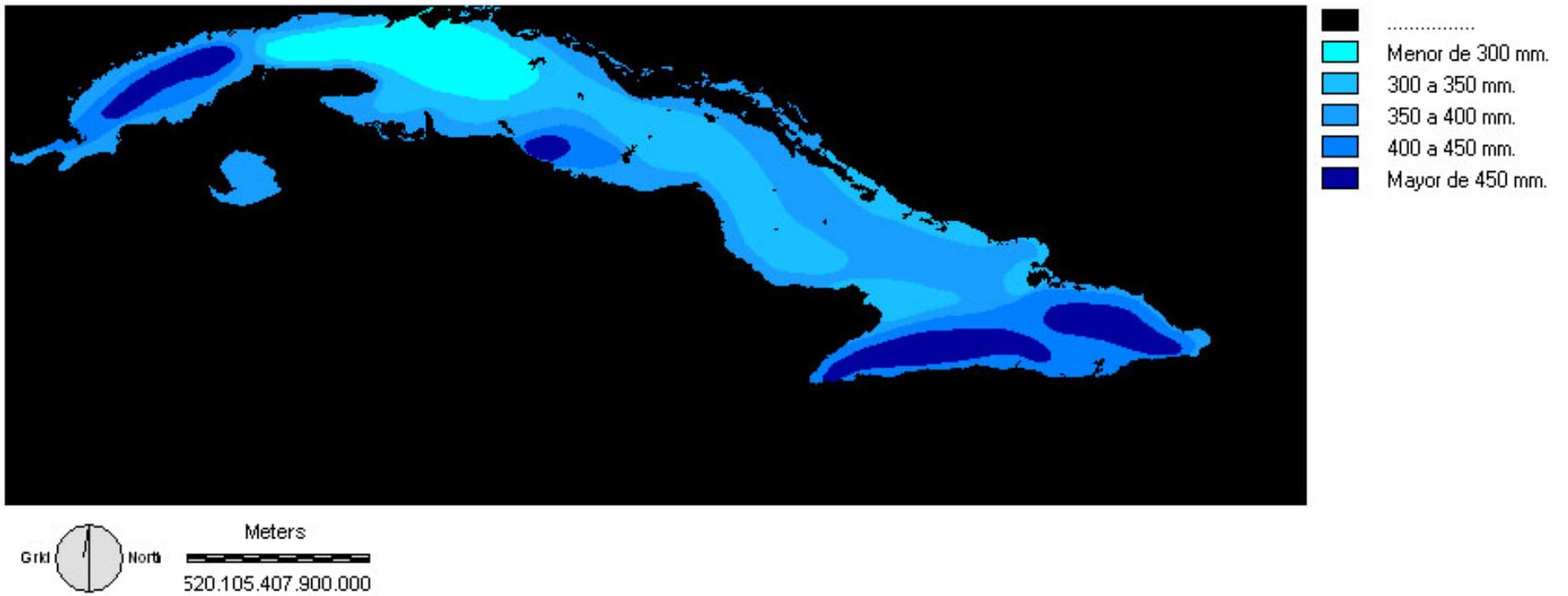
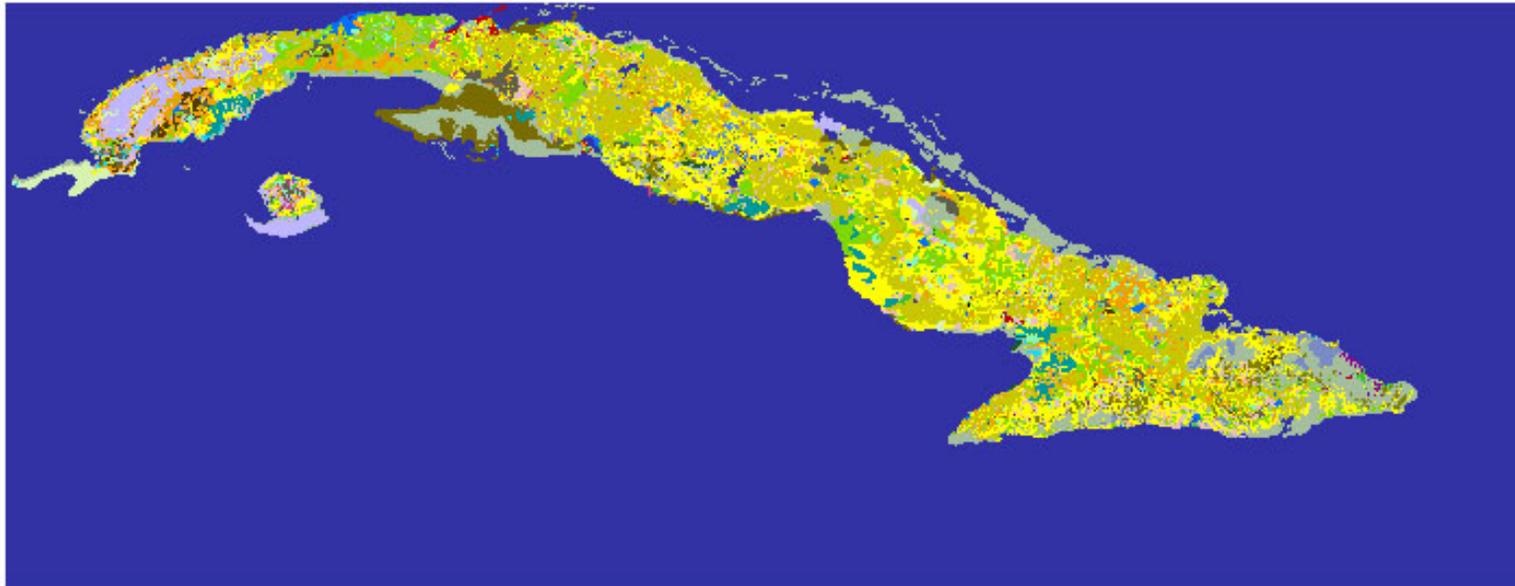
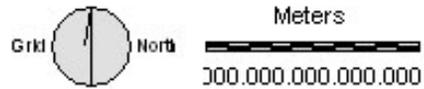


Figura 6.

USO DEL SUELO



- Caña de azúcar.
- Café.
- Cacao.
- Fibras.
- Pastos y forrajes.
- Platano.
- Citricos.
- Frutales.
- Arroz.
- Cultivos varios.
- Tabaco.
- Pasto natural.
- Tierra ociosa.
- Bosques naturales.
- Bosques de coníferas.
- Bosques latifólios.
- Plantaciones.
- Desforestadas.
- Tierra no apta.
- Ciénaga de herbazal.
- Hidriga natural.
- Embalses.
- Explotación minera.
- Centros urbanos.



condiciones óptimas de precipitación son de 1250 mm al año acrecentando este humedecimiento con la utilización del riego.

Forestal - Admite alto régimen de humedecimiento.

Cultivos de mediana vulnerabilidad.

Tabaco - Se siembra en suelos de buen drenaje, de textura areno-arcillosa, donde no predomine la arcilla y en suelos llanos. Atendiendo a las precipitaciones, la cosecha puede afectarse por defecto o por exceso de humedad, por lo que se utiliza el riego como medida de control de la humedad del suelo.

Café y Cacao - El café se siembra en lugares donde la altitud favorece el desarrollo de la planta, con elevadas pendientes que no permiten la acumulación de agua. Por otra parte los suelos donde se siembra el cacao son de espesores mayores de 60 cm con precipitaciones de más de 1500 mm o en su defecto en tierras bajo riego.

Cultivos de alta vulnerabilidad.

Cítricos - Es productivo en suelos arenosos, ferralíticos rojos y en los aluviales, en arcillas pesadas en los profundos y de buen drenaje. Debe evitarse el suelo de mal drenaje pues de lo contrario merma el rendimiento de la planta.

Henequén - Es conveniente cultivarlo en suelos arenosos-loamosos con buen drenaje, rojos ferralíticos y pardos. Se desarrolla muy bien en suelos friables de buen drenaje. Las precipitaciones medias oscilan entre 1000 y 1250 mm anuales.

Son también considerados cultivos de alta vulnerabilidad los pastos naturales y los cultivados, los frutales, los cultivos menores y el kenaff.

Podría parecer innecesaria la utilización de tantos y variados mapas para obtener como resultado un mapa de riesgo para cada categoría de vulnerabilidad, sin embargo, se ha tratado de ajustar integralmente los indicadores físico geográficos a la realidad existente.

Por ejemplo, al interrelacionar la litología con la altura, resultan unos territorios inundables cuya litología es impermeable y que presentan alturas menores de los 150 m, pero esto por si solo no se ajusta a la realidad, ya que es posible que un territorio con estas características no se inunde

por tener una elevada pendiente. Por esta razón, se hace necesario la inclusión de otros indicadores, como los suelos y las pendientes, de forma tal que el resultado sea mucho más verosímil.

La utilización de estos cuatro indicadores permite la elaboración del mapa de territorios inundables, que es la base de todo el trabajo ulterior. En este mapa fueron decantados numerosos territorios ya que cumplían con algunos requisitos de los anteriormente citados, pero que no lo hacían con otros.

A esto debe agregarse que los mapas no se “cruzaron” de forma anárquica, por el contrario, se tomaron criterios muy bien definidos y dándole un peso a cada uno de los indicadores, es decir, para que se produzcan las inundaciones se requiere la conjunción de varios factores, aunque siempre predominen unos sobre otros.

Siguiendo el criterio de la influencia integrada y de correlaciones entre los principales factores físico geográficos que favorecen las inundaciones, el procedimiento de superposición de pares de mapas y la comparación con los siguientes, se obtiene el mapa de peligro por inundación para el 1% de probabilidad, de forma relativamente fácil, si se utiliza un sistema de Información Geográfica.

Inicialmente se compararon (cruzaron) los mapas de agrupamiento de suelos con el de pendientes para obtener un tercer mapa que representa la relación entre el agrupamiento de suelos y pendientes, con mayor peso del primero.

De la misma manera se han comparado los mapas de agrupamiento de la litología con el de altura sobre el nivel del mar, ponderando el mapa litológico.

A partir de estos 2 mapas se obtiene un mapa de territorios potencialmente inundables atendiendo a sus características físico-geográficas con leyenda de territorio **intensamente inundable, muy inundable, inundable, medianamente inundable, poco inundable y no inundable**. Posteriormente, la incorporación de la lluvia del 1% de probabilidad genera el mapa de peligro para todo el territorio nacional. Esto significa que el mapa resultante representa los territorios de peligro “muy intenso”, “intenso”, “moderado” y “poco” para la probabilidad del 1%, (Figura 7).

Figura 7.

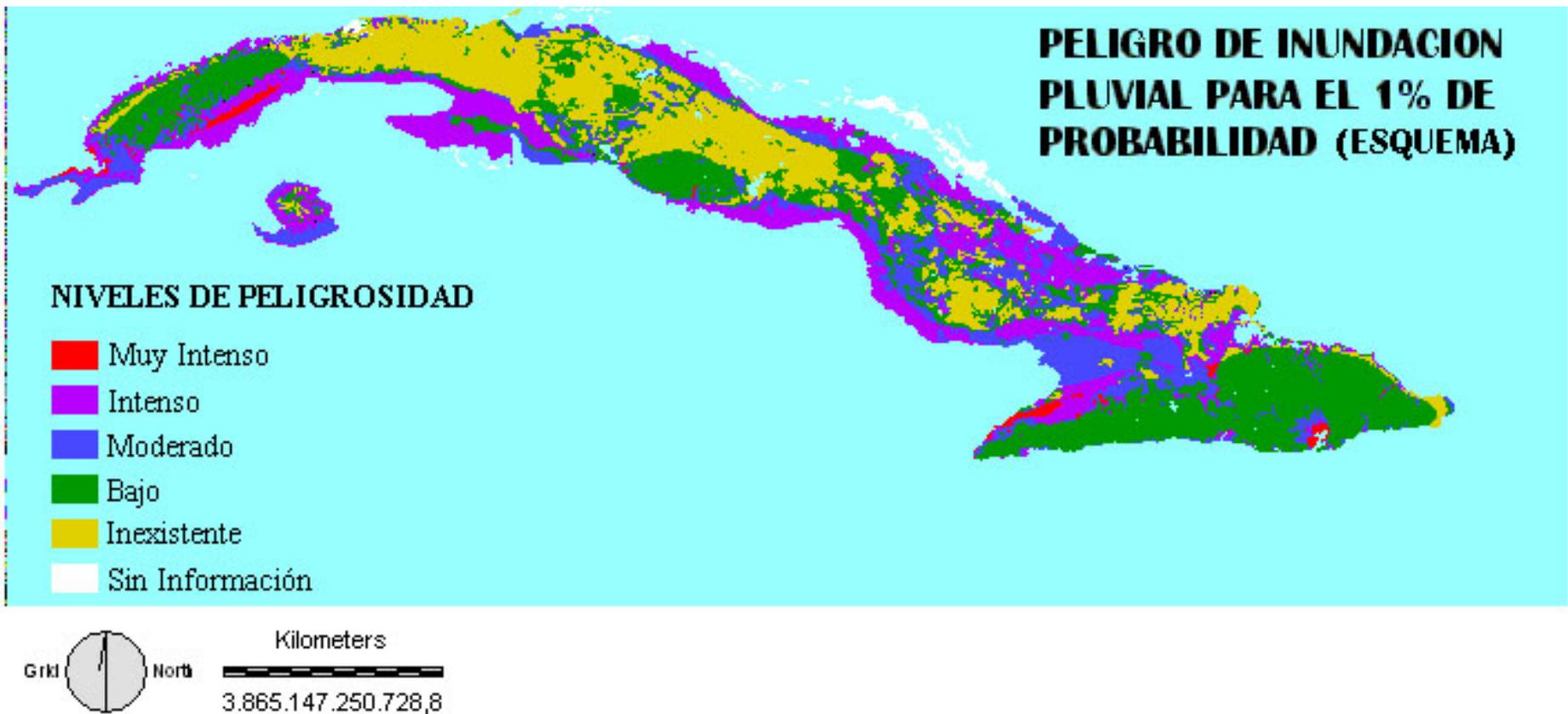


Tabla 4. Cruzamiento (Overlay) realizado para la obtención del mapa de peligro para el 1% de probabilidades.

Territorios .Inundable	Precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad				
	<i>Moderado</i>	<i>Fuerte</i>	<i>Muy Fuerte</i>	<i>Intenso</i>	<i>Muy Intenso</i>
Intensamente Inundable.	Moderado	Intenso	Intenso	Muy Intenso	Muy Intenso
Muy Inundable Inundable.	Poco	Moderado	Intenso	Muy Intenso	Muy Intenso
Inundable.	Poco	Moderado	Intenso	Intenso	Intenso
Medianamente Inundable.	No Peligro	Poco	Moderado	Moderado	Intenso
Poco Inundable.	No Peligro	No Peligro	Poco	Moderado	Moderado
No Inundable.	No Peligro	No Peligro	Poco	Poco	

El procesamiento del mapa del uso de la tierra, según los criterios expresados anteriormente, -de cultivos de baja, mediana y alta vulnerabilidad-, se convierte en el mapa de vulnerabilidad agrícola, que a su vez se compara con el mapa de peligro para obtener por este medio el mapa final de **RIESGO POR INUNDACIONES DEL 1% DE PROBABILIDAD** (Figura 8).

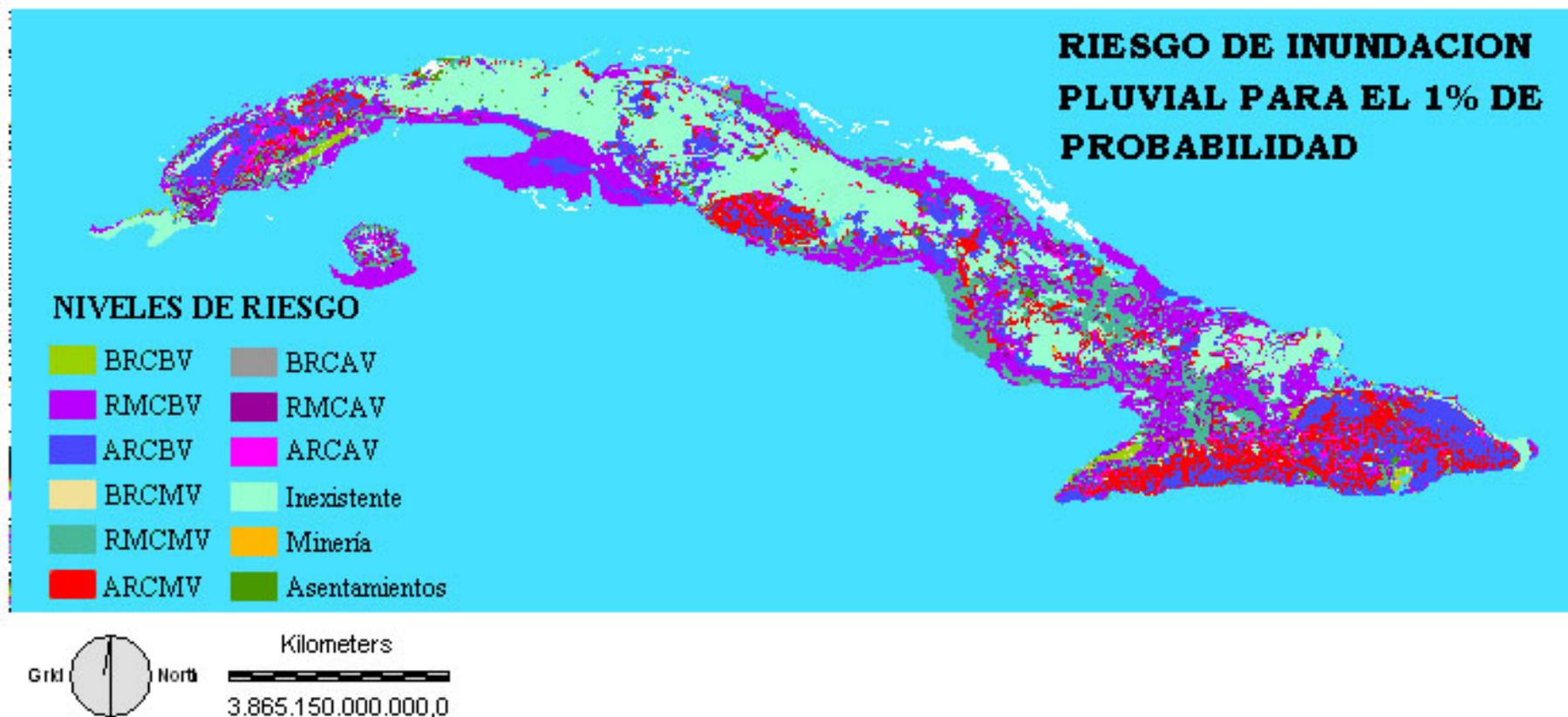
El mapa de riesgo agrícola por inundaciones que se ha obtenido muestra una distribución de zonas con características de inundación según la leyenda adjunta. Como se ha expresado en el desarrollo del trabajo, diversos factores influyen en la formación de las inundaciones, sin embargo, la precipitación máxima y su intensidad es un indicador “disparador” clave.

Independientemente de la vulnerabilidad del territorio, intensas lluvias ocasionan daños cuantiosos e inclusive cientos de muertes, como ocurrió al paso del ciclón “Flora” en el año 1963 en las provincias orientales, no obstante, parece existir una tendencia de aumento de la intensidad y cantidad de lluvias máximas en las últimas décadas.

En la tabla 2 se observa que, desde el año 1926 hasta 1994 la cantidad de precipitaciones máximas registradas por los pluviógrafos ha aumentado hasta valores de 740 mm (Ciclón Alberto, 1982), 867 mm (Cienfuegos, 1988), todos ellos superiores a lo registrado durante el ciclón “Flora” (684 mm), valor considerado difícil de superar para lluvias máximas diarias en 24 horas. En el año 1994 se registraron lluvias máximas extremas en la provincia de Guantánamo, superando los valores extremos históricos para ese territorio, lo cual ocasionó daños considerables en la citada provincia.

Precisamente en el mapa de peligro (Fig. 2) aparece el territorio de Guantánamo como intensamente inundable, lo cual comprueba la confiabilidad de la metodología aplicada.

Figura 6.



Los cultivos de baja vulnerabilidad agrícola pueden tener, de acuerdo a su distribución espacial, un riesgo bajo, medio o alto; lo mismo ocurre con los cultivos de mediana y alta vulnerabilidad que presentan iguales riesgos. Por tanto, se elaboraron 3 mapas de riesgos diferentes, es decir, uno para cada categoría de vulnerabilidad (**Baja, Media y Alta**), con posterioridad se agrupa cada mapa con las nuevas leyendas de riesgo -bajo, medio y alto- para cultivos de baja, mediana y de alta vulnerabilidad, quedando conformado el mapa final de riesgo agrícola por inundación pluvial para todo el territorio (Fig. 3).

Tabla 5

Vulnerabilidad de cultivos agrícolas	Precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad				
	<i>Muy Intenso</i>	<i>Intenso</i>	<i>Moderado</i>	<i>Poco Peligro</i>	<i>No Peligro</i>
Baja	Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Bajo Riesgo	Sin Riesgo
Media	Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Bajo Riesgo	Sin Riesgo
Alta	Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Bajo Riesgo	Sin Riesgo

Para una mejor comprensión de lo explicado anteriormente se detalla la Leyenda:

BRCBV: Bajo Riesgo para cultivos de baja vulnerabilidad.

RMCBV: Riesgo Medio para cultivos de baja vulnerabilidad.

ARCBV: Alto Riesgo para cultivos de baja vulnerabilidad.

BRCMV: Bajo Riesgo para cultivos de mediana vulnerabilidad.

RMCMV: Riesgo Medio para cultivos de mediana vulnerabilidad.

ARCMV: Alto Riesgo para cultivos de mediana vulnerabilidad.

BRCBV: Bajo Riesgo para cultivos de alta vulnerabilidad.

RMCAV: Riesgo Medio para cultivos de alta vulnerabilidad.

ARCAV: Alto Riesgo para cultivos de alta vulnerabilidad.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La obtención de mapas de riesgos para los cultivos por inundación en Cuba, tiene una aplicación práctica en los planes de prevención y mitigación de desastres que llevan a cabo los Estados Mayores Provinciales y Nacional de la Defensa Civil.
2. La aplicación de criterios de influencia integrada y de correlación de los principales factores físico-geográficos que producen las inundaciones de origen pluvial es una metodología confiable para la elaboración de mapas de riesgos por inundación. Sólo se requiere una buena información, tanto espacial como alfanumérica, en dependencia de la escala de trabajo y un sistema de Información Geográfica (SIG) para obtener resultados satisfactorios.
3. El mapa de riesgo por inundación para una probabilidad del 1% (una vez en 100 años de ocurrencia), aplicado -en este caso- a los cultivos agrícolas y con categorías de bajo, medio y alto riesgo, constituye una valiosa información para el país y en específico para el Ministerio de la Agriculturaal poderdeterminarse,no sólo los territorios inundables, sino también los cultivos más óptimos a sembrar en cada caso.
4. La metodología aplicada y la utilización de un Sistema de Información Geográfica muestra las posibilidades de obtener innumerables variantes del estado de territorios inundables, teniendo en cuenta varios indicadores e introduciendo conceptos probabilísticos y de vulnerabilidad.

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Acevedo, M.(1980): Geografía física de Cuba, Tomo I, Editorial Pueblo y Educación, 313 p.
2. Agrotecnia de Cuba (1981): Volumen 13 N° 1, enero-junio.
3. Batista Silva, J.L. 1972): Precipitaciones del ciclón "Laura", Rev. Voluntad Hidráulica N° 24, La Habana, Cuba, pp. 16-23.
4. Batista Silva, J.L. (1973): División del territorio en regiones hidrológicas (I), Rev. Voluntad Hidráulica N° 28, La Habana, Cuba, pp. 14-27.
5. Batista Silva, J.L. (1974): División del territorio en regiones hidrológicas (II), Rev. Voluntad Hidráulica N° 29, La Habana, Cuba, pp. 9-22.
6. Batista Silva, J.L., Pérez Monteagudo, O. (1980): Precipitaciones producidas por el fenómeno meteorológico "Frederick", Rev. Voluntad Hidráulica N° 52, La Habana, Cuba, pp.2-6.
7. Batista Silva, J.L., Rodríguez Rubio, J. (1986): Influencia del carso en el régimen de escurrimiento de los ríos de Cuba, Revista Ciencia de la Tierra y del Espacio N° 12, Academia de Ciencias de Cuba, pp. 56-84.
8. Batista Silva, J.L.; Sánchez Celada; Díaz, M.(1992): Territorios inundables en Cuba, (III Congreso Internacional sobre desastres), La Habana, 17 pp.
9. Batista Silva, J.L. (1994): Elaboración del proyecto para la especialidad de riesgos, 74 pp. (Inédito).
10. Bennett, H.H.; Allison, R. V. (1966): Los suelos de Cuba y algunos nuevos suelos de Cuba. Edición Revolucionara, La Habana, Cuba, 125 pp.
11. Biosca, L.; González, L.; Díaz, J.L.)1986): Mapa geomorfológico de Pinar del Río (1980), a escala 1:250 000, Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, 37 pp.
12. Cafeto, cultivo y fertilización, Instituto Internacional de Potasa. P.O. Box. 121 CH-3048 Worblaufen-Bern/Suiza.
13. Coburn, A.W.; Spence, R.J.S.; Pomonis, A. (1991): Vulnerability and Risk Assessment, United Kingdom, UNDRO, 57 pp.
14. Comité Estatal de Estadística (1979): Fichas técnicas de cultivos seleccionados de la agricultura. Dirección de Agropecuario y Silvicultura. Ciudad de La Habana, pp. 200.
15. Comité Estatal de Estadística (1988): Anuario Estadístico de Cuba. Editorial Estadística, La Habana, 692 pp.
16. Dirección Nacional de café y cacao(1974): Instrucciones técnicas para el cultivo y cosecha del café y cacao. Ministerio de la Agricultura de La Habana.
17. Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (1990): Desarrollo científico-técnico de la Defensa Civil. Conferencia, 45 pp.
18. FAO (1971): Principales variedades de hortalizas para América Latina (1971-1972). Roma.
19. González, E.C.; Mosquera, C. (1972): Geografía matemática de Cuba. Serie Geográfica N° 4. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, 43 pp.

20. Hernández, A.; Pérez Jiménez, J.M.; Ascanio, O. (1971); Mapa genético de suelos de Cuba 1^{ra} Edición, escala 1:250 000, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, La Habana.
21. Hernández, L.(1985):Influencia negativa de la interrelación lluvia-relieve en la economía agrícola. (Inédito).
22. Hernández Santana, J.R.; Batista Silva, J.L.; Ortíz Pérez, M.A.; Oropeza Orozco, M. (1993): Desastres mono y poligenéticos complejos: ruptura gradual y súbita de los umbrales críticos intra e intergeosféricos. 1^{er} Coloquio geográfico sobre América Latina, UAE, Toluca, México, pp.195-201.
23. Hernández, A.;Pérez Jiménez, J.M.;Ascanio, O.(1971): Mapa genético de suelos de Cuba. 1^{ra} Edición. Escala 1:250 000, ICGC, La Habana.
24. Instituto de Suelos (1973): Génesis y clasificación de los suelos de Cuba (texto explicativo del mapa genético de los suelos de Cuba, escala 1:250 000), 315 pp.
25. Instituto Nacional de Reforma Agraria (1975): Suelos de Cuba, Tomo I, Resumen de los trabajos investigativos, marzo 1964-marzo 1968. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. Editorial Orbe, 352 p.
26. Instituto de Suelos (1980): Antología de suelos. Academia de Ciencias de Cuba.
27. Instituto de Geología y Paleontología (1988): Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250 000. Instituto de Geología, Moscú.
28. Instructivo técnico para el cultivo de la piña (1989).Ministerio de la Agricultura, La Habana, 68 p.
29. Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú (1988): Mapa geológico de Cuba.
30. Instituto de Geografía (1989): Atlas Nacional de Cuba, Editora Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid.
31. Magaz, A. y otros (1988): Mapa de ángulos de las pendientes a escala 1:100 000. Archivo del Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.
32. Ministerio de la Industria azucarera (1982):Instructivo tecnológico para la agrotecnia de la caña de azúcar. Dirección de Agrotecnia.
33. Ministerio de la Agricultura (1988): Instructivo técnico del plátano. Dirección Nacional de Cultivos Varios, La Habana, 160 p.
34. Núñez Jiménez, A. (1963): Geografía de Cuba. Editora Pedagógica, 112 pp.
35. Portela et al. (1987): Mapa geomorfológico de la Habana y Ciudad Habana a escala 1:250 000. Instituto de Geografía e Instituto de Geodesia y Cartografía. La Habana.
36. Roche, P.A. (1989): Les inondations: L'Exemple de Nimes. Recherche. Environnement N° 212, pp. 17-21.
37. Trusov, I.I.; Izquierdo, A.; Díaz Cisneros, L.R. (1983): Características espaciales y temporales de las precipitaciones en Cuba. Editorial Academia, La Habana, 150 pp.

38. UNDRO (1977): Análisis de vulnerabilidad combinada. Metodología y estudio de la zona metropolitana de Manila, Ginebra, 74 pp.
39. UNDRO (1992): Drought emergency in Southern Africa. May- June, 24 pp.
40. Wilches-Chaux, G. (1989): La Vulnerabilidad Global. En Desastres, ecologismo y formación profesional, SENA, Colombia, pp. 9-50.
41. World Meteorological Organization (1984): Climate, drought and desertification. Nature and Resources. Vol. XX. Number 1, January-March, pp. 2-9.

8. ANEXOS.

Tabla 6. **ALGUNOS DE LOS DESASTRES MÁS SIGNIFICATIVOS OCURRIDOS EN CUBA**

Evento	Fecha	Perdidas Humanas	Perdidas económicas				
			Edificaciones	Agricultura	Ganadería	Otras	Datos de Interés
Inundación	26/X/1810	Decenas de víctimas	S/D	S/D	S/D	S/D	Tormenta de la escarcha salitrosa. Llovió durante 12 días en la capital
Penetración del mar por ciclón	9/XI/1932	3500	Numerosas viviendas destruidas	S/D	S/D	Nafragaron 60 barcos en puerto. de La Habana	Ras de mar en Camagüey
Terremoto	11/II/1679	S/D	Destruído Santa.Cruz del Sur	S/D	S/D	Los daños económicos fueron altos	Fuerte terremoto en La Habana
Terremoto	3/II/1932	13 muertos y más de 200 heridos	Numerosas casas arruinadas entre ellas la Catedral de La Habana	S/D	S/D	S/D	Elevadas pérdidas materiales en Stgo. de Cuba
Epidemia	1883	En sólo 54 días 8315 víctimas	S/D	S/D	S/D	S/D	Epidemia de cólera en La Habana
Epidemia	1981	344 230 contagiados 150 muertos de ellos 101 niños	S/D	S/D	S/D	S/D	Epidemia de dengue hemorrágico que afectó a toda la Isla
Incendio	29/IX/1858	108 muertos y más de 300 heridos	S/D	S/D	S/D	S/D	Gran explosión del polvorín de la Marina en La Habana
Terremoto	13/XII/1938	3 muertos y 12 heridos	S/D	S/D	S/D	S/D	Temblor de tierra en Stgo. de Cuba
Huracán	19/X/1926	600 muertos y más de 3000	S/D	S/D	S/D	Pérdidas por más de 75 mil pesos	Vientos entre 235 y 250 Km../ en

		heridos					La Habana
Inundación	29/V/1993	En total 8 muertos	Guantánamo : 6 tiendas y 3 escuelas afectadas y 15 kilómetros de líneas eléctricas Yateras: 3 acueductos y 8 puentes, 5 865 viviendas afectadas.	En Granma severas afectaciones en la agricultura	En Yateras bajas en la ganadería. En Stgo. de Cuba evacuadas 222 cabezas de ganado	S/D	Las provincias más afectadas fueron Guantánamo, Granma, Stgo de Cuba, Las Tunas y Holguín.
Inundación	V/1994	12 muertos	4370 viviendas destruidas o dañadas parcialmente . Afectados más de 9 mil kilómetros de viales y 38 puentes	Inundados 4500 Km. ² de terrenos de ellos el 50% de suelos agrícolas	Se protegieron alrededor de 172 450 animales	Evacuadas más de 38 mil personas. Se dañó seriamente la producción agrícola y afectaciones en presas y acueductos	Lluvias intensas en las provincias de Guantánamo Holguín y Stgo. de Cuba entre otras

S/D- Sin datos.

Fuentes: Revista Bohemia, periódico Granma, Boletín del Observatorio de Belén.