



Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente



Grupo de Evaluación de Riesgo

**Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo
de las estaciones meteorológicas de las
provincias Las Tunas, Santiago de Cuba,
Granma y Holguín**

Marzo, 2014



Autores

- MsC. Ada Rosa Roque Miranda (Instituto de Geografía Tropical, Agencia de Medio Ambiente)
MsC. Elsa Lidia Fonseca Arcalla (Centro de Bioproductos Marinos, Agencia de Medio Ambiente)
Ing. Yoel Manuel Barbería Chile, (Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría)
Lic. Niurka D. Mosqueda Borges (Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente)
MsC. Ing. Darío Candebat Sánchez. (Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas)
MsC. Ida Inés Pedroso Herrera (Agencia de Medio Ambiente)
Lic. Osvaldo Enrique Pérez López, (Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente)
Dr. Carlos Llánez Burón, (Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría)
Ing. Ricardo Oliva Álvarez (Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas)
Dr. Tomás Jacinto Chuy Rodríguez (Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas)

Tabla de Contenido

I. Introducción	4
Objetivo	4
II. Materiales y Métodos	5
a. Cálculo del peligro de inundaciones por intensas lluvias	6
b. Cálculo del peligro de inundaciones costeras	8
c. Cálculo del peligro por fuertes vientos.....	8
d. Cálculo del peligro por sismos.....	9
e. Cálculo del peligro por deslizamientos de tierra.....	10
Realizar la base de datos de desastres en el municipio y la provincia.	10
Construcción de la base de datos espacial.....	10
Pre-procesamiento de los mapas temáticos	11
Evaluación de la susceptibilidad.....	11
Evaluación de susceptibilidad variante A	11
Evaluación de susceptibilidad variante B	11
Evaluación del peligro variante A.....	12
Evaluación del peligro variante B	12
f. Evaluación del riesgo.....	12
III. Resultados y discusión	12
Caracterización de los peligros por provincias.....	13
Peligro Inundación por Intensas Lluvias.....	13
Peligro por fuertes vientos	14
Peligro por inundaciones costeras	15
Peligro por sismos	16
Peligro por deslizamientos de tierra	17
Estimación de la vulnerabilidad ante los peligros	17
Evaluación del Riesgo	20
IV. Recomendaciones	23
V. Bibliografía	24

I. Introducción

Las estaciones meteorológicas tienen la misión de observar, medir, codificar y transmitir hacia los centros meteorológicos las variables meteorológicas en tiempo real en el área de responsabilidad de la estación. Suministran toda la información meteorológica especializada que se requiera para las actividades de respuesta en casos de emergencia. Mantienen la vigilancia meteorológica permanente y comunican de inmediato el desarrollo y evolución de las variables o procesos meteorológicos considerados como peligrosos para la vida y para los bienes materiales.

Su tarea principal está encaminada a dar seguimiento de manera ininterrumpida a los estados del tiempo diario y la obtención de información, para la confección de los pronósticos locales y nacionales, así como la conformación de la base de datos para los estudios científicos sobre la predicción del estado del tiempo y el clima. De gran importancia, además, resultan los servicios a través de boletines e informes especiales y alertas a diferentes sectores de la economía y la sociedad, por ejemplo los ofrecidos a la agricultura para el riego, la sanidad vegetal; de igual manera para la salud pública, la construcción y la navegación, entre otros.

La ubicación de una estación meteorológica requiere de un sitio externo que reúna un conjunto de condiciones, de acuerdo con las exigencias de instalación y ubicación de los instrumentos utilizados, para la medición o registro de diferentes variables, según plantea la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Con los datos tomados en las estaciones, se realizan los pronósticos del tiempo, ya sean a nivel nacional o local, además se mantiene la información meteorológica para ese lugar durante las 24 horas del día; de esta forma los organismos interesados pueden tomar las decisiones más adecuadas en caso de fenómenos meteorológicos severos como por ejemplo: tormenta tropical, inundaciones y sequías. Con la estabilidad en el tiempo de la información que genera la estación, es posible conformar la climatología local y con el conjunto de estaciones la nacional.

Objetivo

Determinar la vulnerabilidad y los riesgos de las estaciones meteorológicas de las provincias Las Tunas, Granma, Santiago de Cuba y Holguín ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, sismos y deslizamiento de tierra.

II. Materiales y Métodos

Los peligros se tomaron de los estudios de Peligro; Vulnerabilidad y Riesgos Territoriales. (Grupo de Evaluación de Riesgos, AMA, 2007).

En el caso de sismo para el análisis se tuvo en cuenta la clasificación del peligro en alto, medio y bajo según los valores de intensidad máxima y aceleración máxima del terreno esperadas en el sitio con los siguientes criterios:

Aceleración > 0.19g	Intensidad > 8.0	Peligro Sísmico Alto
0.15g < Aceleración < 0.19g	7.0 ≤ Intensidad ≤ 8.0	Peligro Sísmico Medio
Aceleración < 0.15g	Intensidad < 7.0	Peligro Sísmico Bajo

La vulnerabilidad se calcula a partir de la información tomada en los levantamientos realizados en cada estación meteorológica, utilizando la metodología propuesta por Llanes, 2011. (Metodología para obtener la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional en las estaciones meteorológicas de Cuba).

Esta se enfoca en la evaluación de la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional de las estaciones meteorológicas, lo que permite conocer cuáles de ellas están presentes en la instalación.

A partir de los modelos matemáticos concebidos para ello se obtienen los índices de vulnerabilidad y seguridad de las estaciones. Para el índice de seguridad se establecen 3 categorías A, B y C la cual refleja la magnitud del problema mediante un rango de valores.

Vulnerabilidad estructural: Se refiere a las características que posee la instalación y se representa a partir del siguiente grupo de indicadores.

- Ha sido afectada o ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales.
- Ha sido reparada o construida, remodelada o adaptada utilizando estándares actuales apropiados.
- Lesiones en la losa de cubierta (desconchados, aceros expuestos, grietas).
- Estado técnico de las columnas (aceros expuestos, grietas, desplomes, columnas cortas).
- Lesiones en los muros de carga (aceros expuestos, grietas, desplomes).
- Proximidad de las edificaciones (posibles afectaciones por efectos de túnel de viento, martilleo o peligros tecnológicos).
- Seguridad de los cimientos (daños estructurales o asentamientos).

Vulnerabilidad no estructural: Se refiere a la capacidad de respuesta de las instalaciones para enfrentar eventos y se representa a partir del siguiente grupo de indicadores:

- Estado técnico y tipo de las redes eléctricas (aéreas, soterradas o empotradas)
- Estado técnico y protección adecuada de los Grupos Electrógenos (proximidad a cables de alta tensión o árboles que puedan ser derribados y afectar su funcionamiento)
- Capacidad y estado técnico de los reservorios de suministros básicos (agua, combustibles, alimentos, entre otros)
- Funcionamiento del sistema de comunicaciones y corrientes bajas (radio, teléfonos, correo electrónico)

- Estado técnico de las redes de distribución y de evacuación (tuberías, válvulas, acueducto, alcantarillado)
- Estado técnico y seguridad del equipamiento de la estación
- Estado técnico del sistema de pararrayos
- Estado del mobiliario de la estación
- Estado técnico de la carpintería externa (ventanas, puertas y otros)
- Estado técnico de la carpintería interna (puertas y otros)
- Lesiones en muros externos o de cierre (fachadas)
- Lesiones en muros interiores o particiones
- Existencia de cubierta ligera
- Estado técnico de las cubiertas (Impermeabilización, filtraciones, fijaciones)
- Daños en los pisos y azulejos
- Tipo y estado técnico de los viales (terraplén, vía asfaltada)
- Vías de acceso que se obstruyen y dejan aislada la estación
- Ubicación en zona potencialmente inundable, o que se inunde por las características del lugar

Vulnerabilidad funcional: Se refiere a la preparación que poseen los trabajadores para enfrentar estos eventos y se representa a partir del siguiente grupo de indicadores:

- Nivel de preparación del personal que trabaja en la estación ante los peligros que la pueden afectar
- Conocimiento del personal que trabaja en la estación de los posibles riesgos que se puedan presentar en la misma
- Plan de reducción de riesgos de la estación, vinculado al plan de reducción desastres local
- Cuenta con un sistema de comunicación alterna (celulares ordinarios, satelitales)
- Existencia de suministros básicos en la estación (definidos en el plan de Reducción de Desastre)
- Sistema de protección de la estación. (custodios capacitados, cercado perimetral, iluminación externa)

a. Cálculo del peligro de inundaciones por intensas lluvias

Para la obtención del escenario de peligro o zonas susceptibles de inundarse se aplica la modelación multicriterio. Los criterios recomendados son los siguientes:

-Criterios topográficos.

Se utilizará para la delimitación de la llanura de inundación el uso del mapa hipsométrico generado a partir del modelo digital del terreno, del cual se seleccionará la cota de inundación máxima definida desde el cauce del río hasta la isolínea que identifica el máximo valor de inundación reportado históricamente. Se considerarán además las zonas de depresiones del relieve donde existan corrientes de alimentación hídrica con pendientes bajas.

- Criterios para la consideración de la permeabilidad del suelo.

Para el análisis se consideran las capas correspondientes a los mapas de Agrupamiento del Suelo y procesos degradativos del mismo. Este incluye la cartografía de los suelos impermeables tanto en las zonas no urbanizadas como muy poco urbanizadas.

- Criterio geomorfológico.

El mapa geomorfológico, permite mediante la interpretación de las formas del relieve definir si se está en presencia de relieves carsificados o no, criterio importante a tener en cuenta ya que la inundación tiene comportamientos muy diferentes en cada caso.

Los relieves no carsificados son los más susceptibles a que en ellos ocurran inundaciones, debido a que están formados por rocas agrietadas de baja permeabilidad. En las rocas carsificadas que son altamente permeables, las inundaciones tienen menor duración porque ocurre un rápido proceso de infiltración de las aguas pluviales hacia el acuífero.

Sobre el mapa geomorfológico se distinguen las formas fluviales del relieve. En este caso las formas del lecho de los ríos, se reconocen el cauce permanente o de estiaje, el lecho aparente y los planos o llanuras de inundación, en la desembocadura de los ríos los deltas, estuarios y marismas. Se diferencian las zonas más bajas del relieve, en el relieve carsificado las depresiones cársticas del relieve, como son las dolinas, poljes y uvalas, y en el relieve no carsificado las zonas más bajas en general, que por su morfología permiten la acumulación de las aguas. También se reconocen las formas lacustres del relieve, que son altamente susceptibles a las inundaciones debido a sus características de ser relieves bajos e impermeables.

En la tabla 1 se muestra la valoración de las diferentes capas temáticas empleadas, con un valor máximo que en total suma 10 puntos. Considerando los criterios para la selección del límite máximo de inundación se debe subdividir cada una, dándole a cada subdivisión un puntaje progresivo, en dependencia de su influencia en la susceptibilidad hasta llegar al puntaje máximo que le corresponda.

Tabla 1 Clasificación de los puntajes según las capas temáticas.

Capas temáticas	Valor máximo
Ríos de 3, 4, 5 y 6 ordenes	2,0
Geomorfología	1,7
Inclinación de la pendiente	1,2
Permeabilidad del suelo	1,7
Procesos degradativos en los suelos	1,2
Mapa de cobertura vegetal	0,6
Humedecimiento del suelo	0,6
Depósitos no consolidados del cuaternario	1

A los polígonos resultantes de la combinación y el cálculo con las capas se le realizará la clasificación según los siguientes rangos de susceptibilidad a la inundación:

- 0,1 - 3,3 Baja
- 3,4 - 6,6 Media
- 6,7 - 10 Alta

Los escenarios de peligro se comprueban mediante recorridos de campo y por registros documentales históricos, que permiten la comprobación de los datos obtenidos a partir de la interpretación de gabinete, en este caso se realizan encuestas o se fotografían los límites alcanzados por las aguas al ocurrir una inundación, a partir de este criterio, se comprueba fundamentalmente la altura alcanzada por las aguas de inundación, su distribución espacial y su comportamiento sobre la cuenca superficial afectada, definiéndose las direcciones y las áreas de origen de dichas inundaciones.

b. Cálculo del peligro de inundaciones costeras

Las inundaciones costeras se producen por efecto del oleaje generado por situaciones meteorológicas como son los frentes fríos, los surcos y en presencia de ciclones tropicales se presenta de forma combinada la sobreelevación por oleaje y la surgencia.

En la altura que alcanza la surgencia y la extensión de las inundaciones tierra adentro, desempeñan un papel fundamental: el tamaño, velocidad de traslación, los períodos de retorno de cada punto, tiempo sobre la plataforma insular o continental, ángulo de incidencia entre la trayectoria del ciclón y la costa, velocidad máxima del viento, radio de vientos máximos y presión central. Además influye la batimetría, la topografía del terreno y la configuración de la costa, las construcciones y edificaciones en el litoral y la vegetación existente, entre otros factores.

La sobreelevación del oleaje asociado a eventos meteorológicos extremos es un proceso que se produce por el incremento del nivel del mar por efecto de la transferencia del momento de la ola a la columna de agua durante el rompiente de la ola.

En el cálculo del peligro se consideran los datos históricos de viento y oleaje e inundaciones y los elementos que brindan las modelaciones matemáticas de la surgencia y el oleaje.

Tanto la surgencia como el oleaje pueden ser modelados matemáticamente utilizando diferentes softwares (SLOH, ADCIRC) y modelos Numéricos de Alta Resolución utilizando una base de datos batimétricos. El modelo SWAN Ciclo 3 versión 40.91 (SimulatingWavesNearshore) es una herramienta útil para los estudios de transformación del oleaje. Se utilizan varios programas en MATLAB, para agilizar la generación de las entradas al modelo, apoyándose con el uso de los Sistemas de Información Geográfica, la altura de la ola en la costa y el período que se obtienen del modelo SWAN. La preparación, revisión, interpolación y procesamiento de los datos batimétricos se realiza mediante el empleo del Sistema de Información Geográfico ArcGIS o Mapinfo.

c. Cálculo del peligro por fuertes vientos

Para el cálculo del peligro de viento, se determina para una probabilidad o período de retorno prefijado, el menor valor esperado del viento máximo posible (según la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a la serie observacional considerada).

Para los vientos fuertes es necesario utilizar la variable meteorológica que mejor se ajuste a este concepto con independencia del fenómeno o situación meteorológica que haya dado origen al viento. Por lo general se consideran las rachas de viento de varios segundos de duración.

Para realizar los cálculos se requiere una serie observacional de cierta longitud, tal que recoja los mayores valores del viento generados por el conjunto de situaciones sinópticas y fenómenos meteorológicos que afecten el lugar de estudio (que generan altos valores del viento), lo que requiere un conocimiento “a priori” de las condiciones climáticas del lugar. Además, la misma debe ser ininterrumpida, o sea, que no tenga datos ausentes.

En el caso de que el sitio bajo estudio haya sido afectado por ciclones tropicales o tornados de altos valores de la escala Fujita, es imprescindible que la serie contenga además los valores extremos del viento generados por otros fenómenos o situaciones sinópticas en los años donde no hayan ocurrido ciclones tropicales o tornados en ese sitio o localidad, puesto que la serie debe permitir calcular las rachas de viento esperadas desde probabilidades bajas (1%) hasta probabilidades altas (50%), ya que los valores del viento para altas probabilidades son necesarios en el cálculo de la vulnerabilidad, fundamentalmente la estructural.

Modelación estadística: Mediante el uso de funciones de distribución extremales se determina cuál de ellas se ajusta mejor a la serie observacional, siguiendo las metodologías de la estadística clásica. A partir de la distribución seleccionada se obtienen los valores del viento mínimos del máximo posible (cola a la derecha) para las probabilidades o períodos de retorno prefijados. Es importante no confundir las probabilidades de afectación por un ciclón tropical de determinada categoría, por ejemplo huracán categoría 1 de la escala Saffir-Simpson cuyos vientos máximos se encuentran dentro de un rango, con los valores del viento extremo para una probabilidad dada, ya que en el primer caso no se tienen en cuenta otros fenómenos o situaciones sinópticas generadoras de viento fuerte, por lo que se corre el riesgo de subestimar los valores extremales del viento, lo que redundaría en una baja valoración del peligro.

d. Cálculo del peligro por sismos

Cálculo de la vulnerabilidad sísmica estructural de las edificaciones aplicando el método preliminar, nivel I (Scarlat, 1996).

Teniendo en cuenta los resultados del análisis de la sismicidad y el peligro sísmico del área donde se encuentra ubicada la instalación, su estado técnico, tipología constructiva y año de construcción se procede a aplicar la metodología de nivel I para estimar preliminarmente su desempeño sísmico estructural.

Este método, de carácter cualitativo, analiza las características generales de la estructura para calificarla y está asociado a índices globales que han sido calibrados con las experiencias de daños estructurales en sismos pasados y permiten identificar el riesgo en términos generales y en algunos casos el nivel de daño. A continuación se muestran las especificaciones, con el cual se puede obtener una evaluación muy rápida pero aproximada de la edificación. (Scarlat, 1996).

La información utilizada para el análisis de la vulnerabilidad sísmica obtenida para una probabilidad de ocurrencia del 15%, 475 años de excedencia y tiempo de vida útil de 50 años, donde PGA es la aceleración máxima del terreno. Es de significar que estos valores de peligrosidad sísmica, pudieran ser modificados bajo la condición de un estudio detallado de respuesta dinámica de los estratos presentes.

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica no estructural.

En la evaluación de este parámetro se tuvieron en cuenta los elementos que no cumplen función estructural pero pueden ser dañados durante la ocurrencia de un sismo moderado o fuerte, y que además pueden acarrear afectaciones a los trabajadores de la instalación y a las personas que reciben sus servicios.

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica total.

La vulnerabilidad total de la edificación está determinada por la vulnerabilidad sísmica estructural cuando esta es alta, pues de fallar la edificación estructuralmente los medios del interior quedarían destruidos.

e. Cálculo del peligro por deslizamientos de tierra

Identificación de los escenarios de susceptibilidad.

Realizar la base de datos de desastres en el municipio y la provincia.

Teniendo en cuenta que los deslizamientos de terreno aparecen muchas veces relacionados con otros desastres como intensas lluvias o terremotos, es necesario coleccionar toda la información posible sobre antiguos desastres en el territorio. Hay tres formas principales de realizar esta base de datos:

- A partir de materiales históricos. Se deben revisar fuentes documentales como archivo provincial y municipal, bibliotecas, periódicos, empresas de mantenimiento de carreteras, los bomberos, las iglesias, oficina de estadística, vivienda, planificación física y cualquier otro que se considere necesario.
- Por entrevistas. Preguntar a los dirigentes locales del gobierno y de organizaciones sociales sobre eventos sucedidos y sus características. Enfatizar en los especialistas del CITMA y de la Defensa Civil de los municipios, así como a los delegados de consejos populares.
- Empleando fotos aéreas. Realizar una fotointerpretación de los lugares donde pudo haber ocurrido deslizamientos de terreno. Se puede tomar como base las fotos aéreas de levantamientos anteriores como el vuelo K-10 del año 1971-1974 y el vuelo general (VG) del año 2000. Esta fotointerpretación se realizará a nivel nacional.

A partir de la base de datos de los desastres ocurridos se debe realizar el inventario de los deslizamientos. Seguidamente se deben analizar los desastres por deslizamientos de terreno ocurridos atendiendo a: los tipos, la fecha, la magnitud, los daños y el mecanismo disparador. El análisis de debe realizar también espacialmente observando la distribución espacial de los mismos.

Una vez completada la base de datos y el análisis de los eventos se debe tomar decisión sobre el método para realizar los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Si el municipio tiene muy pocos deslizamientos o estos se hayan concentrados solo en una parte del mismo se realizará un estudio cualitativo basado en los indicadores de peligro (VARIANTE A). Si el municipio tiene suficientes eventos detectados se realizará un estudio probabilístico espacial y temporal (VARIANTE B). La explicación de cada método aparece más adelante.

Construcción de la base de datos espacial

Los datos obtenidos por los diferentes organismos deben digitalizar, convertir, georeferenciar y editar según corresponda. Es necesario que todos los datos coincidan geográficamente y que tengan las mismas características en cuanto a resolución y límites geográficos. Es conveniente emplear un mismo límite para todos los mapas a fin de evitar diferencias.

En caso que no exista alguna información como la red fluvial o la geomorfología se puede crear empleado especialistas preparados tanto a nivel nacional como provincial. Es necesario tener la mayor cantidad de mapas posibles a fin de que el estudio sea más completo. Para cada uno de los conjuntos de datos de deben crear los metadatos correspondientes según la planilla de metadatos que se adjunta.

Pre-procesamiento de los mapas temáticos

Empleando el MDT se deben generar los siguientes mapas geomorfométricos:

- Ángulo de la pendiente
- Orientación de la pendiente
- Relieve interno (o disección vertical)

El ángulo de la pendiente debe calcularse en grados y clasificarse en 5 clases según los cuántiles. La orientación de la pendiente se debe calcular empleado las herramientas SIG existentes y clasificarlo en 5 clases. Nueve para cada dirección y la clase 1 para los pixeles planos. El cálculo del relieve interno se puede realizar calculando el mínimo y el máximo por hectárea y luego hallar la diferencia. Luego este mapa se divide en 5 clases por cuántiles. En otros estudios este indicador se realiza por kilómetro cuadrado pero al contar con tanto detalle en el modelo de elevación y la escala de los trabajos es mejor trabajar por hectárea.

Evaluación de la susceptibilidad

La susceptibilidad se evaluará en dos variantes (A o B) dependiendo de la existencia o no del inventario de deslizamientos de terreno.

Evaluación de susceptibilidad variante A

Esta variante se aplicará en aquellas provincias donde el inventario de deslizamiento de terreno no exista o sea mínimo. La variante A se basa en la selección de un conjunto de indicadores de peligro que son evaluados por asignación de pesos. Esta variante se emplea desde hace muchos años cuando la información sobre eventos conocidos es limitada o cuando solo se requiere conocer de manera general las áreas más susceptibles. Similares trabajos se han realizados en otros países (ver Varnes y IAEG, 1984; Carrara et al., 1991; Mora Castro y Vahrson, 1993). La particularidad de este caso es que se realizará empleando evaluación espacial multi-criterio. La ecuación general que se emplea es:

Peligro = Factores de susceptibilidad * Factores disparadores

Los factores de susceptibilidad son aquellos que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio (ej. geología, geomorfometría, etc.). Ellos hacen que la ladera pase de estable a marginalmente estable.

Evaluación de susceptibilidad variante B

La variante B se realizará para aquellos territorios donde el inventario por deslizamientos de terreno sea suficiente para aplicar un método de probabilidad espacial empleando estadística bi-variada. En este caso se empleará el método de evidencia pesada (weight of evidence). Este método aparece bien descrito en la literatura (Bonham-Carter, 1996; van Westen et al., 2003; Lee y Choi, 2004; Neuhauser y Terhorst, 2007; Thiery et al., 2007) y se aplica en muchas áreas además de estudios de susceptibilidad.

La estimación del peligro se realizará dependiendo del tipo de mapa de susceptibilidad que se generó variante A (sin inventario) y variante B (con inventario).

Evaluación del peligro variante A

Al modelo de evaluación multi-criterio de susceptibilidad se adicionará el mapa de máxima intensidad de lluvia en 24 horas para un período de retorno de 100 años y el mapa de máxima aceleración pico para un período de retorno de 100 años. Al igual que en el caso del mapa de susceptibilidad el mapa de peligro tendrá valores entre 0 y 1. Para obtener un mapa de peligro en clases este debe dividirse en clases alta, media y baja empleando como umbrales 0.33 y 0.66 al igual que con el mapa de susceptibilidad.

Evaluación del peligro variante B

La evaluación del peligro cuando se tiene el inventario de deslizamiento se realizará empleando el mapa de susceptibilidad por clases obtenido y los factores disparadores de lluvia y sismos.

f. Evaluación del riesgo

La estimación de este parámetro se realizó de forma cualitativa utilizando la siguiente matriz:

Tabla 1. Matriz para la determinación del riesgo.

Vulnerabilidad \ Peligro	Bajo	Medio	Alto
Alta	Medio	Alto	Alto
Media	Medio	Medio	Alto
Baja	Bajo	Medio	Medio

III. Resultados y discusión

Las provincias Las Tunas, Granma, Santiago de Cuba y Holguín cuentan con un total de 15 estaciones meteorológicas y 3 radares para el monitoreo de eventos hidrometeorológico extremos: 2 estaciones en Las Tunas, 4 en Granma, 6 en Holguín, 3 en Santiago de Cuba, y 1 radar en las provincias Holguín, Granma y Santiago de Cuba.

El siguiente mapa muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas estudiadas.



Mapa No 1: Mapa de ubicación de las estaciones estudiadas.

Caracterización de los peligros por provincias

Peligro es un probable evento extraordinario o extremo, de origen natural, sanitario o tecnológico, particularmente nocivo, que puede producirse en un momento y lugar determinado y que con una magnitud, intensidad, frecuencia y duración dada, puede afectar desfavorablemente la vida humana, la economía y/o las actividades de la sociedad al extremo de provocar un desastre.

Peligro Inundación por Intensas Lluvias

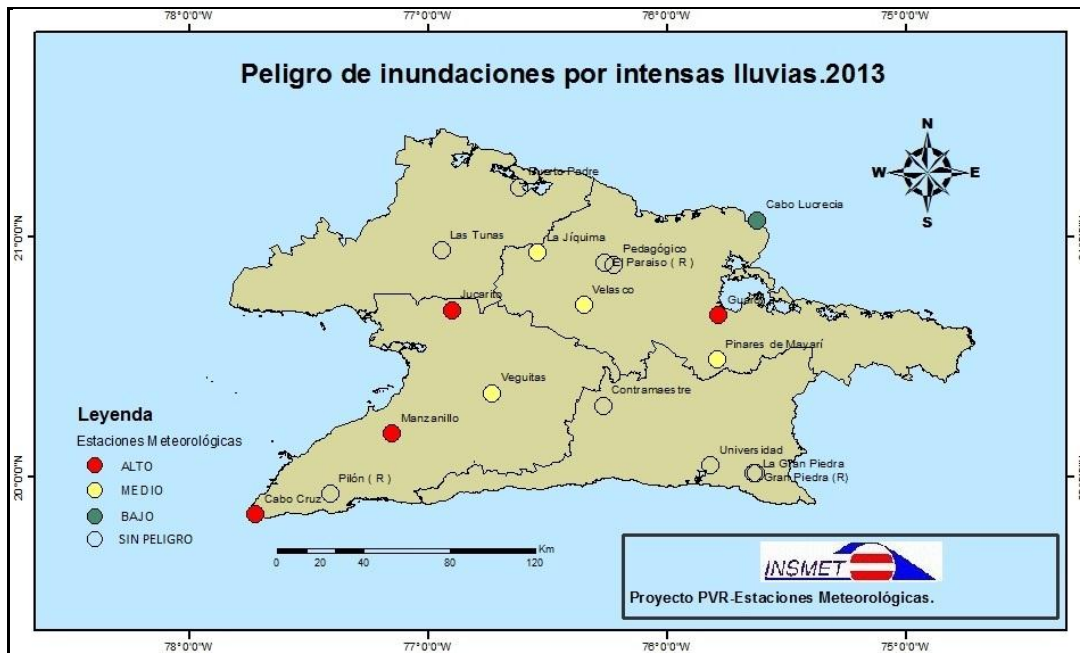
Una inundación por lluvia es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, bien por desbordamiento de ríos y arroyos o por el encharcamiento de zonas bajas e impermeables debido a la ocurrencia de lluvias intensas, causando grandes daños a los bienes o seres vivos que pudieran estar expuestos a las mismas

Las Estaciones Meteorológicas de las provincias Las Tunas y Santiago de Cuba no se encuentran en zonas de peligro de inundación por intensas lluvias.

En **Holguín** la estación Guaro está en zona de peligro alto, mientras que La Jíquima, Velasco y Pinares de Mayarí están en peligro medio y Cabo Lucrecia bajo. La estación Pedagógico aunque está en zona de peligro medio no se inunda porque está construida sobre pilotes. La estación Pinares de Mayarí, además de encontrarse en una zona de peligro medio también puede inundarse por el escurrimiento y hay un canal que queda obstruido por el arrastre de sedimentos provenientes de los arroyos, lo que contribuye a que se inunden zonas aledañas a la estación por el momento, y que puede en un futuro ir perdiendo su cauce y provocar inundaciones en la estación.

En **Granma** la estación Jucarito presenta alto peligro de inundación, está situada en una zona baja, rodeada de canales de riego de arroz y caña de azúcar, al lado de una laguna, aguas abajo de las presas Chimbi y Playuela (de las Tunas), que al aliviar, debido a los sistemas de caudales, se inunda la zona, todo sumado al escurrimiento natural de las Tunas y Holguín. Con lluvias localmente intensas se producen situaciones muy complejas. Las estaciones Manzanillo y de Cabo Cruz también presentan alto peligro de inundación. La estación de Veguita está en zona de peligro medio, aunque está en dicha zona, no se inunda porque está ubicada en una elevación.

El peligro de cada estación meteorológica ante inundación por intensas lluvias se representa en el siguiente mapa.

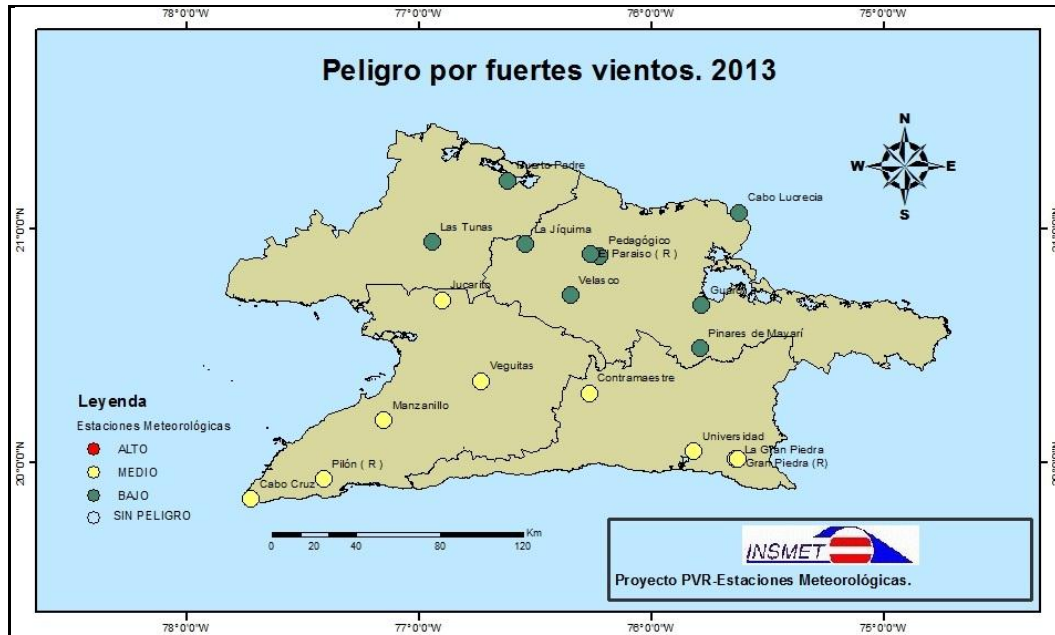


Mapa No 2. Peligro de inundaciones por intensas lluvias en las estaciones estudiadas.

Peligro por fuertes vientos

Según Limia y Rodríguez 2011, las provincias Santiago de Cuba y Granma están situadas en zonas con peligros medio por fuertes vientos, mientras que Las Tunas y Holguín en áreas de bajo peligro. En este aspecto es acertado destacar que, con el paso del huracán Sandy en octubre del 2012, por la región oriental de Cuba, se registraron rachas máximas de viento que superan los 200 km/h, en varios puntos de la región.

En el siguiente mapa se muestra la afectación de cada estación meteorológica por los fuertes vientos.



Mapa No 3. Peligro por fuertes vientos en las estaciones estudiadas.

Peligro por inundaciones costeras

Las Estaciones Meteorológicas de las provincias Las Tunas y Santiago de Cuba no se encuentran en zonas de peligro por inundaciones costeras.

En **Holguín** la estación Cabo Lucrecia es la única que se encuentra en zona de inundación costera por penetración del mar y se afecta por ciclones de todas las categorías según establece la Escala Saffir Simpson de intensidad de los Ciclones Tropicales por la intensidad del viento.

En **Granma** la estación Manzanillo se puede inundar por ciclones de todas las categorías y Cabo Cruz se puede inundar solo por ciclón categoría 5.

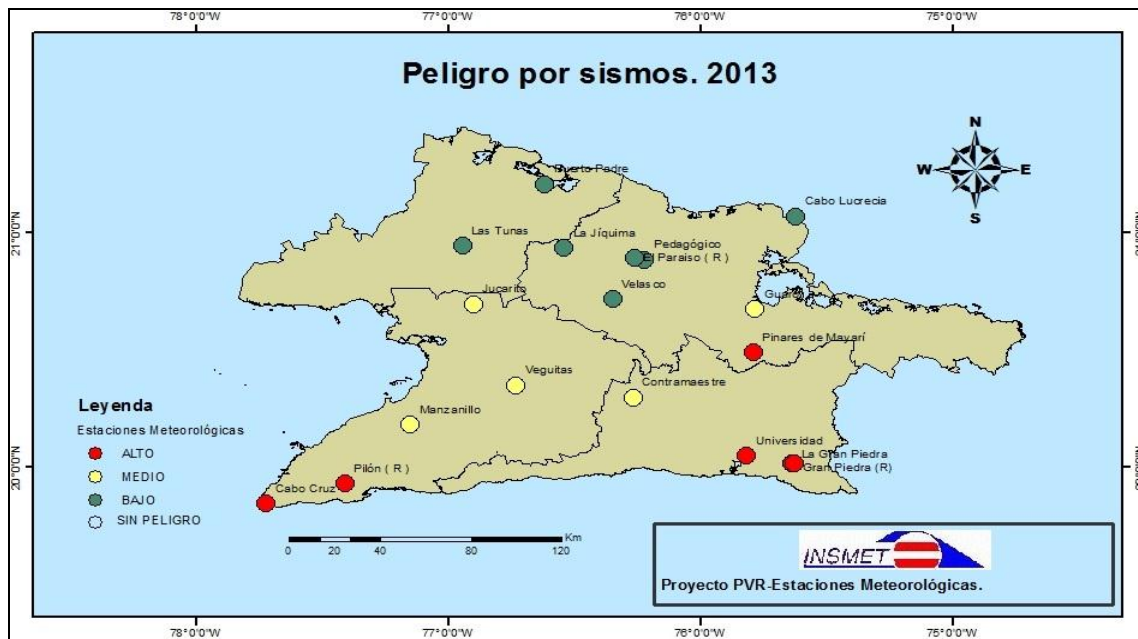
El siguiente mapa muestra la afectación de cada estación meteorológica por inundaciones costeras.



Mapa No 4. Peligro de inundaciones por penetraciones del mar en las estaciones estudiadas.

Peligro por sismos

Los terremotos, sismos o temblores de tierra son originados por la liberación súbita de la energía acumulada durante los procesos de deformación de la corteza terrestre. El peligro de sismos para cada estación meteorológica estudiada se muestra en la siguiente figura.



Mapa No 5. Peligro por sismos en las estaciones estudiadas.

Peligro por deslizamientos de tierra

Los deslizamientos son movimientos de masas de rocas que se han deslizado o deslizan cuesta abajo por la vertiente o talud al efecto de la fuerza de gravedad, presión hidrodinámica, fuerzas sísmicas, etc. Estos dependen de diversos factores que pueden ser pasivos como el tipo de roca o suelo, el relieve del terreno, contenido de agua, etc. y los activos o factores disparadores como las lluvias y los sismos.

De todas las estaciones estudiadas las únicas que están ubicadas en lugares susceptibles a deslizamientos son la estación Gran Piedra y el Radar Gran Piedra, y el peligro es **MEDIO**.

En el siguiente mapa se muestra la afectación de cada estación meteorológica por deslizamientos de tierra.



Mapa No 6 Peligro por deslizamientos de tierra en las estaciones estudiadas.

Estimación de la vulnerabilidad ante los peligros

Vulnerabilidad es la predisposición a sufrir pérdidas o daños, de los elementos bióticos o abióticos expuestos al impacto de un peligro de determinada severidad. Se relaciona directamente con las cualidades y propiedades del o de los elementos en cuestión en relación con el peligro o los peligros que podrían incidir sobre ella. Incluye la vulnerabilidad física, estructural, no estructural, funcional y otras.

A continuación presentamos los resultados de los levantamientos realizados en cada estación por provincia y en el anexo 1 se muestran las gráficas y tablas del procesamiento de la información, en el caso de sismo el anexo 2 detalla el trabajo realizado por el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAI) “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural, no estructural y funcional de las estaciones meteorológicas de Santiago de Cuba, Granma, Holguín y Las Tunas”.

Provincia Las Tunas

Después de procesar y analizar la información de las dos estaciones meteorológicas de la provincia se concluye que ambas son vulnerables a ser afectada por vientos moderados y fuertes, porque presenta las redes eléctricas aéreas y la estación de Puerto Padre con alta vulnerabilidad a sismos.

Provincia Holguín

En Holguín son vulnerables a los vientos moderados y fuertes, porque presenta las redes eléctricas aéreas (110 v y 220 v). A sismos son altamente vulnerables: La jíquima, Pedagógico, Paraíso, Cabo Lucrecia, y Guáimaro.

Provincia Granma

Después de procesar y analizar la información de cada una de las estaciones meteorológicas de la provincia Granma se concluye que es común que sean vulnerables a sismos. La estación de Jucarito tiene una baja vulnerabilidad a intensas lluvias y la de Cabo Cruz, también baja vulnerabilidad a penetraciones del mar.

Provincia Santiago de Cuba

Después de procesar y analizar la información de cada una de las estaciones meteorológicas de la provincia Santiago de Cuba se concluye que tres estaciones tienen alta vulnerabilidad a sismos: Contramaestre, Universidad y la Gran Piedra.

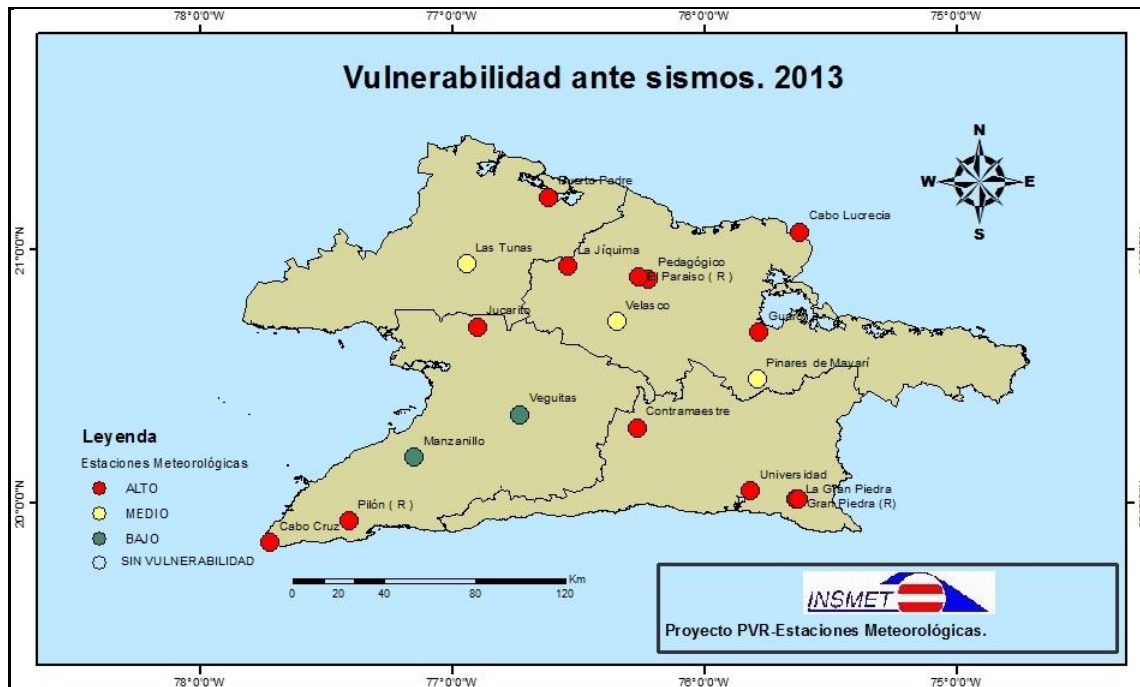
A continuación se mapean las vulnerabilidades que presentan cada estación en cada una de las provincias estudiadas.



Mapa No 7. Vulnerabilidad ante inundaciones por intensas lluvias en las estaciones estudiadas.



Mapa No 8. Vulnerabilidad ante inundaciones por penetraciones del mar en las estaciones estudiadas.



Mapa No 9. Vulnerabilidad ante sismos en las estaciones estudiadas.



Mapa No 10. Vulnerabilidad ante deslizamientos de tierra en las estaciones estudiadas.

Evaluación del Riesgo

Riesgos son las pérdidas esperadas, causadas por uno o varios peligros que inciden sobre uno o más elementos vulnerables en un tiempo, lugar y condiciones determinados (Glosario de términos de Defensa Civil, Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, 2002)

A continuación se mapean los riesgos que presentan cada estación en cada una de las provincias estudiadas.



Mapa No 11. Riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en las estaciones estudiadas.



Mapa 12. Riesgo ante fuertes vientos en las estaciones estudiadas.



Mapa No 13. Riesgo ante inundaciones por penetraciones del mar en las estaciones estudiadas.



Mapa No 14. Riesgo ante sismos en las estaciones estudiadas.



Mapa No 15. Riesgo ante deslizamientos de tierras en las estaciones estudiadas.

IV. Recomendaciones

1. Solucionar los problemas de las redes eléctricas aéreas, los tendidos en forma de tendederas existentes en La Jíquima, Universidad de Oriente y Gran Piedra así como el tendido mal anclados como es el caso de La Jíquima.
2. Derribar los árboles altos en el sector noreste de la estación Contramaestre que afectan la calidad de las observaciones meteorológicas.
3. Comprar grupos electrógenos en Las Tunas y Cabo Lucrecia para garantizar el servicio de la estación durante eventos hidrometeorológicos severos.
4. Realizar un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica estructural de las estaciones que dieron como resultado un riesgo sísmico alto, para determinar los elementos estructurales que necesitan ser reforzados.
5. Hacer estudios más precisos en la zona de la Gran Piedra para deslizamiento de tierra donde hay una alta probabilidad de riesgo.

V. Bibliografía

1. García, O. (1998): Modelo Dinámico para pronosticar la Surgencia provocada por los ciclones tropicales en las costas de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Meteorológicas. INSMET. La Habana, Cuba. 73 pp.
2. Limia, M. y Rodríguez Y. (2011) Viento máximo. Regiones de moderado y bajo peligro. Actualización 2010, Informe Oficial. INSTITUTO DE METEOROLOGÍA, AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE.
3. OMM, 1996. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicas. Sexta Edición. Ginebra, Suiza.
4. Scarlat, A. S. (1996). Approximate Methods in Estructural Sismic Design. Gran Britain: E & FN Spon.