



DISEÑO Y APLICACIÓN DE INDICADORES GEOAMBIENTALES PARA LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN CAYO PAREDÓN GRANDE.

Yuri Jesús Cruz Mendez.

Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, Carretera a Morón km 2½, Ciego de Avila, Cuba.
ZIP 65200. E-mail: yuri@eicca.fica.inf.cu

RESUMEN

El presente trabajo propone el diseño de indicadores geoambientales con el objetivo de realizar la Planificación Territorial de Cayo Paredón Grande con fines turísticos. El trabajo comienza con la adquisición y georeferenciación de los datos de las variables primarias de las áreas geográficas, geológicas, geotécnicas, climáticas, de la flora y de la fauna en dicho Cayo y su almacenamiento en una base de datos soportada en Excel. Luego se evalúa el grado o nivel de influencia de cada variable sobre las otras, lo cual permite seleccionar las de mayor influencia sobre el sistema geoambiental. En este trabajo se aplican dos formulaciones matemáticas y se obtienen dos indicadores geoambientales específicos: Potencial de Inundación y Potencial de Erosión, el valor de estos indicadores se calcula y almacena automáticamente en la base de datos. Con las herramientas de Surfer V.10 se obtienen los mapas temáticos de cada indicador para eventos climáticos de diferentes categorías.

ABSTRACT

The present work proposes the design of geo-environmental indicators with the objective of carrying out the Territorial Planning of Key Big Wall with tourist ends. The work begins with the acquisition and localization in coordinated of the data of the primary variables of the geographical, geologic, geotechnical, climatic areas, of the flora and of the fauna in this Key and its storage in a database supported in Excel. Then is evaluated the grade or level of influence of each variable on the other ones, that which allows to select those of more influence on the geo-environmental system. In this work two mathematical formulations are applied and two specific geo-environmental indicators are obtained: Potential of Flood and Potential of Erosion, the value of these indicators is calculated and stores automatically in the database. With the tools of Surfer V.10 the thematic maps of each indicator are obtained for climatic events of different categories.

INTRODUCCIÓN

La apremiante necesidad de recursos financieros a que condujo el período especial estableció una dinámica acelerada en el proceso inversionista para el turismo y el desarrollo de esta actividad ha generado un proceso inversionista acelerado y abarcador, el cual presupone la utilización de grandes extensiones de terreno para la edificación de la infraestructura requerida. En la Provincia Ciego de Avila las áreas favorables para el turismo se encuentran en el sistema de cayos que bordean la isla grande y dentro de éstos, fundamentalmente, en los litorales, los cuales constituyen ecosistemas costeros de alta fragilidad. Tal es el caso de Cayo Paredón Grande, que servirá de marco físico para el desarrollo del presente trabajo.

El proceso inversionista se ejecutó en base a planes directores donde las diferentes áreas claves se estudiaron someramente y por separado, lo cual provocó una sucesión de cambios, en dichos planes, que todavía ocurren en la actualidad y seguirán ocurriendo porque no se cuenta con una herramienta integradora, que tome en cuenta todos los parámetros que intervienen en el Sistema: Medio Ambiente vs Planificación Territorial.

La Planificación Territorial es la actividad que elabora y coordina los estudios y planes de ordenamiento territorial en sus diferentes niveles, orientados a lograr la más correcta distribución territorial de las fuerzas productivas y expresa la adecuada localización de las actividades de producción y servicios mediante la determinación del destino de la tierra para los distintos fines,

teniendo en cuenta las necesidades actuales y futuras de la sociedad. (Decreto 5-1977; Decreto 21-1978; Gómez, 1996).

En comparación con las diferentes visiones sobre medio ambiente que se han usado, la visión sistémica, representa un salto conceptual al superar las visiones factoriales mecanicistas y simplificadoras que dejan a un lado las propiedades de los sistemas naturales y las características de las diversas organizaciones y niveles estructurales, y por último, las visiones difusas y excesivamente globalizadoras. (Mateo, 2002).

Todo este razonamiento se direcciona en una misión fundamental: Realizar el diseño de Indicadores Geoambientales que relacionen las variables ambientales preponderantes, para su posterior integración con los indicadores socioeconómicos por parte de los decisores al más alto nivel. Por lo tanto, si se diseñan Indicadores Geoambientales, a partir de la relación de variables geoambientales primarias, será posible realizar una correcta Planificación Territorial en Cayo Paredón Grande. En tal sentido se deberán ejecutar las siguientes tareas específicas:

1. Crear una base de datos georeferenciados con las variables geoambientales primarias.
2. Calcular los valores numéricos de indicadores geoambientales, referenciarlos espacialmente y asignarles su significación geoambiental.
3. Obtener mapas para cada indicador.

Ubicación geográfica.



Figura 1. Plano de ubicación del área de estudio.

Cayo Paredón Grande, se localiza entre los 70°08' y 78°12' de latitud norte y los 22°26' y 22°29' de longitud oeste formando parte del archipiélago Sabana - Camagüey en su primera línea de cayos al norte de la porción occidental de Cayo Romano (Figura 1).

Limita al norte con el Canal Viejo de las Bahamas; Al Sur con Cayo Romano; Al Este con un Mar somero de la plataforma entre Cayo Romano y el Canal Viejo de las Bahamas; Al Oeste con un Mar somero de la plataforma hasta Cayo Coco. (Agencia de Estudio Medioambientales Geocuba, 2010)

Tabla I. Coordenadas de los Vértices del área de estudio.

Vértice	Coordenada	
	X	Y
I	788528.4	292347.5
II	788528.4	297684.3
III	796000.0	297684.3
IV	796000.0	292347.5

Los límites cartográficos se definen por las líneas que unen los vértices del cuadrado cuyas coordenadas se muestran en la Tabla I, según la Hoja 4583-II (Cayo Paredón Grande) del Topográfico Nacional a escala 1:50 000.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para este diseño de indicadores se deben realizar varias tareas iniciales, encaminadas a reunir y procesar toda la información que aporte variables para su correlación, en este caso son las siguientes:

- Adquisición y procesamiento de la base topográfica a escala 1:10000 de Cayo Paredón Grande.
- Adquisición, georeferenciación y procesamiento de la base de fotos aéreas.
- Adquisición, georeferenciación y procesamiento digital de la imagen del Satélite Spot.
- Adquisición, georeferenciación y procesamiento de la información Meteorológica.
- Procesamiento y georeferenciación de la información Geológica y Geomorfológica.
- Procesamiento y georeferenciación de la información Geotécnica.
- Adquisición y georeferenciación de la Línea Base del Cayo.

Con todos estos elementos se genera una Base de Datos, donde aparecen los valores reales de cada variable seleccionada por su nivel de influencia general sobre el sistema. Excluyendo los elementos que la traen implícita, todas las tareas deben garantizar la georeferenciación de cada valor de parámetro a correlacionar, como base para su correcta representación espacial y garantía de la calidad del resultado final.

Luego se crea la matriz básica de variables, y se le asigna el Nivel de Influencia de cada variable sobre las otras. En dicha matriz se calcula el peso de cada variable sobre el sistema (sumatorias vertical de los niveles de influencia de cada variable) y el peso del sistema sobre cada variable (sumatorias horizontal de los niveles de influencia de cada variable).

Para determinar cuál es el valor de cada Nivel de Influencia es preciso definir cómo actúan o se relacionan los pares de variable escogidos, para ello se consideran cuatro categorías de influencia:

- Espacial, referida a la presencia o no, en un mismo punto, del par de variables analizado;
- Temporal, referida a la ocurrencia o no, en el mismo momento, del par de variables analizado;
- Acción-Reacción, referida a la oposición entre variables;
- Intensidad, referida a la fuerza con que una variable puede actuar sobre otra.

En la Tabla II se muestra la escala de valores aplicada para calificar a cada una de las categorías de influencia.

Tabla II. Escala de valores asignados por categorías de influencia).

Influencia	Tipo de influencia	Valor de la influencia
Espacial	Directa.	2
	Indirecta	1
	Nula	0
Temporal	Permanente	2
	Ocasional	1
	Nula	0
Acción-Reacción	Fuerte	2
	Débil	1
	Nula	0
Intensidad	Alta	2
	Baja	1
	Nula	0

Luego el Nivel de Influencia se calcula sumando los valores asignados a cada tipo de influencia (espacial, temporal, etc.) de una variable sobre otra. Por lo tanto los diferentes niveles de influencia tomarán valores desde 0 hasta 8 y su expresión cualitativa se muestra en la Tabla III.

Tabla III. Calificación de la influencia según los NI.

Rangos de NI	Influencia
Valores entre 6 y 8	Fuerte
Valores entre 3 y 5	Media
Valores entre 1 y 2	Débil
No existe relación	No existe

El paso final de la elección y calificación de variables es la selección de las variables con mayor peso sobre el sistema, para calcular los indicadores que contribuyan a la Planificación Territorial.

La combinación de una pareja de variables da lugar a un indicador. Evidentemente la gama de indicadores que se pudieran diseñar es muy amplia pues todas las variables geoambientales pueden generar o recibir impactos, e incluso haciendo una selección rigurosa de los más impactantes en la Planificación Territorial todavía su cantidad sería significativa. Como consecuencia, en este trabajo, resulta imposible realizar el diseño de todos los indicadores, por esta razón se dirigen los esfuerzos a la obtención de los dos indicadores que a continuación se mencionan.

Indicador: Potencial de Inundación (PI). El cálculo del valor del indicador para cada punto se realizará usando las herramientas de MS Excel; se propone la decisión lógica que se muestra en la Figura 2:

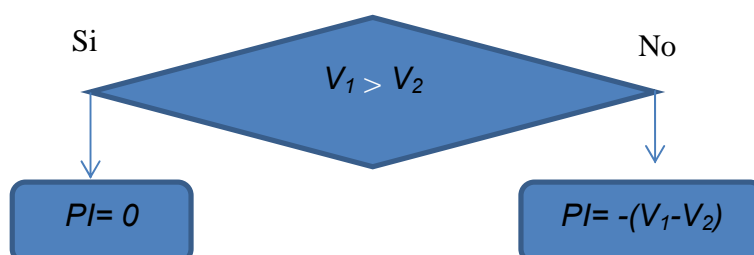


Figura 2. Árbol de decisión.

Que queda formulada como sigue:

$$\boxed{\text{Si } V_1 > V_2 \Rightarrow PI=0 \text{ si no } PI=-(V_1-V_2)} \quad (1)$$

Los valores obtenidos para el indicador quedan incorporados a la base de datos con las referencias geográficas adquiridas de cada variable.

Indicador: Potencial de Erosión (PE). El cálculo del valor del indicador se realizará usando las herramientas mencionadas anteriormente; se propone la decisión lógica que se muestra en la Figura 3:

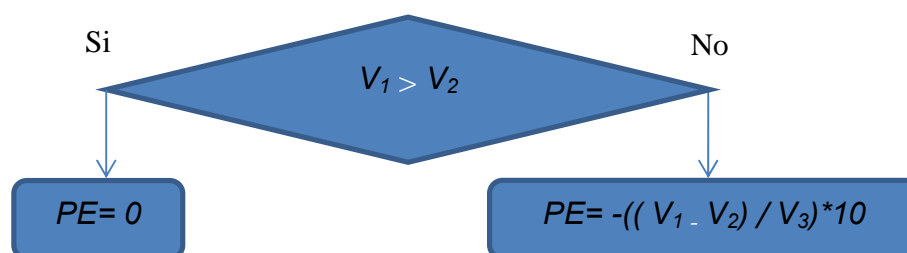


Figura 3. Árbol de decisión.

Que queda formulada como sigue:

$$\boxed{\text{Si } V_1 > V_2 \Rightarrow PE=0 \text{ si no } PE=-[(V_1-V_2)/V_3] \times 10} \quad (2)$$

Los valores obtenidos para el indicador también quedan incorporados a la base de datos con las referencias geográficas adquiridas de cada variable.

Para la representación del comportamiento espacial de los indicadores calculados se empleará el método de planos de isolíneas generados por el programa Surfer en su Versión 9.8.669, de la Golden Software, Inc. Esta herramienta fue compilada en el año 2009 para funcionar como un Sistema de Mapeo de Superficies y satisface las exigencias de representación gráfica de los indicadores diseñados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este capítulo se eligen y califican las variables ambientales primarias, de las cuales se tomarán las de mayor peso sobre el sistema para calcular el valor de los Indicadores, se muestra todo el proceso de diseño de los indicadores, desde la aplicación de las formulaciones propuestas hasta la asignación de su significado geoambiental y su representación en mapas, que se emplearán durante la planificación del territorio con fines turísticos.

Selección de variables para el diseño de indicadores.

Dentro de un grupo amplio de variables posibles a seleccionar se escogen, para esta investigación, las consideradas más importantes para los propósitos de la Planificación Territorial. Una muestra de

las variables que se pueden utilizar para obtener los indicadores, aportadas por las diferentes áreas geoambientales involucradas, se relacionan en la Tabla IV.

Tabla IV. Muestra de variables geoambientales.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>Área de geografía:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elevación del terreno. 2. Inclinação del terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Área de geología:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Resistencia de la roca. 2. Densidad de los suelos.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Área de meteorología:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sobreelevación del mar. 2. Fuerza del mar. 3. Velocidad de los vientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Área de biología:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Calidad de la vegetación. 2. Densidad de la vegetación

La elección de estas variables obedece a las condiciones específicas de Cayo Paredón Grande, las cuales son muy comunes en todos los cayos muy poco antropizados, por lo cual se nota la ausencia de variables generadas por la acción del hombre, tales como: contaminación, deforestación. Tampoco se evalúan las variables: sísmica, deslizamientos de suelos, erosión fluvial, etc.

Las variables se someten a evaluación asignando los valores por categorías de relación o influencia mostrados en la Tabla III. Posteriormente se suman los valores asignados para cada variable y se obtiene el nivel de influencia que se coloca en la Tabla V.

Tabla V. Niveles de Influencia.

VARIABLES	Et	Sm	Fm	Vv	Rc	Ds	Cv	Dv	Depen- dencia global
Elevación del terreno (Et)	-	8	8	5	8	8	6	7	50
Sobre elevación del mar (Sm)	6	-	7	8	7	7	4	4	43
Fuerza del mar (Fm)	6	8	-	8	7	7	4	4	44
Velocidad de vientos (Vv)	6	0	4	-	7	7	5	5	34
Resistencia de la roca (Rc)	5	8	7	4	-	0	6	6	36
Densidad del suelo (Ds)	5	8	7	4	0	-	6	6	36
Calidad de la vegetación (Cv)	2	8	7	7	8	8	-	7	47
Densidad de la vegetación (Dv)	2	8	7	7	8	8	8	-	48
Peso total (Pt)	32	40	39	38	37	37	33	32	-

En la intersección de la fila de Elevación de terreno con la columna de Sobreelevación del mar se encuentra la cifra 8, eso refleja la influencia fuerte de la variable Sobreelevación del mar sobre la variable Elevación de terreno, según los rangos mostrados en el Tabla III. La suma en fila de la matriz nos advierte del grado de dependencia global de la variable respecto al sistema. Por otra parte, la suma en columna nos informa del grado de influencia global de cada variable.

Al calcular el peso total, sumando cada columna, se aprecia que las variables con mayor influencia sobre el sistema son: Sobreelevación del mar con Pt=40 y Fuerza del mar con Pt=39.

Diseño de los indicadores geoambientales.

El diseño de indicadores que se propone en este trabajo considera dos situaciones básicas para relacionar las variables:

1ª. Diseño a partir de dos variables: Esta condición se adopta cuando el proceso resultante que se quiere estimar puede modelarse con dos variables y conociendo que la relación primaria entre variables presupone que una de ellas ejercerá su influencia directa sobre la otra, o sea, una será afectadora y la otra afectada.

2ª. Diseño a partir de tres variables: Esta condición se utiliza cuando el proceso resultante a conocer puede modelarse con tres variables. En este caso un par de variables genera una condición natural a la que se superpone la afectación de la tercera.

Tomando en cuenta el razonamiento anterior y los pesos totales calculados, se decide usar las variables **elevación del terreno**, **sobreelevación del mar** y **fuerza del mar**, para el diseño de los indicadores **Potencial de inundación** y **Potencial de erosión**.

Indicador: Potencial de Inundación (PI). Para el diseño de este indicador se utilizan las variables **Elevación del Terreno** y **Sobreelevación del mar por surgencia** debida a la ocurrencia de eventos meteorológicos de diferentes intensidades.

Los valores de sobreelevación del mar se tomaron del estudio Actualización del Plan General de Ordenamiento Territorial de Cayo Paredón Grande realizado por Planificación Física en el año 2007, correspondiendo sus datos a las condiciones extremas de los fenómenos meteorológicos analizados y que de forma resumida se muestran en la Tabla VI. Además se muestra el Periodo de Retorno.

Tabla VI. Cotas de inundación por sobreelevación del mar.

Categoría de fenómeno meteorológico	Cotas (m)	Período de Retorno (Casos/Años)
Tormenta Tropical	0.5	1/5.9
Huracán Categoría 1	1.0	1/10.2
Huracán Categoría 2	1.5	1/16.0
Huracán Categoría 3	2.0	1/23.4
Huracán Categoría 4	3.0	1/48.7
Huracán Categoría 5	4.0	1/141.9

El cálculo del valor del indicador para cada punto y para cada tipo de fenómeno meteorológico se realizará usando la decisión lógica (1). En este caso la variable V_1 corresponde a la Elevación del Terreno y la variable V_2 a la Sobreelevación del Mar, por lo que la decisión lógica se formula de la forma siguiente:

$$Si \quad Et > Sm \Rightarrow PI = 0 \quad si \quad no \quad PI = -(Et - Sm)$$

Dónde: Et → Elevación del terreno.
 Sm → Sobreelevación del mar por surgencia.
 PI → Potencial de inundación.

El primer término de la decisión es obligatorio, pues si la sobreelevación no alcanza una cota determinada del terreno nunca existirá inundación, por lo tanto el indicador toma valor igual a cero.

Como la hoja de cálculo tiene programadas las operaciones de la decisión lógica los valores obtenidos quedan incorporados automáticamente a la Base de Datos. Este proceder permite la

actualización permanente del indicador, para cualquier punto, si se producen modificaciones de las condiciones iniciales de cada variable.

Para definir el rango de variación del Indicador se toma en cuenta el peor de todos los escenarios, en este caso, se utilizan los valores, mínimo y máximo, obtenidos para un huracán con categoría 5 en la escala Saffir- Simpson. De tal forma se determina que el indicador Potencial de Inundación tomará valores entre 0 y 4, o sea: $0 \leq PI \leq 4$.

Conociendo el rango en que se moverá el indicador, se procede a la obtención de los mapas de indicadores para cada uno de los eventos climáticos mencionados, siguiendo el proceder descrito. En este caso se muestra el mapa (Figura 2) obtenido para las condiciones más desfavorables, o sea, para el caso de huracán categoría 5 según Saffir-Simpson.

El último paso es dotar al indicador un significado geoambiental práctico, en tal sentido se propone una clasificación de las inundaciones de acuerdo al espesor de la lámina de agua y al área que se inundará. En la Tabla VII se muestra la clasificación de las inundaciones según los criterios mencionados:

Tabla VII. Clasificación de las inundaciones.

Rangos de Potencial de Inundación	Clasificación de las inundaciones
0 - 1	Débiles
1 - 2	Medias
2 - 3	Fuertes
>3	Muy fuertes

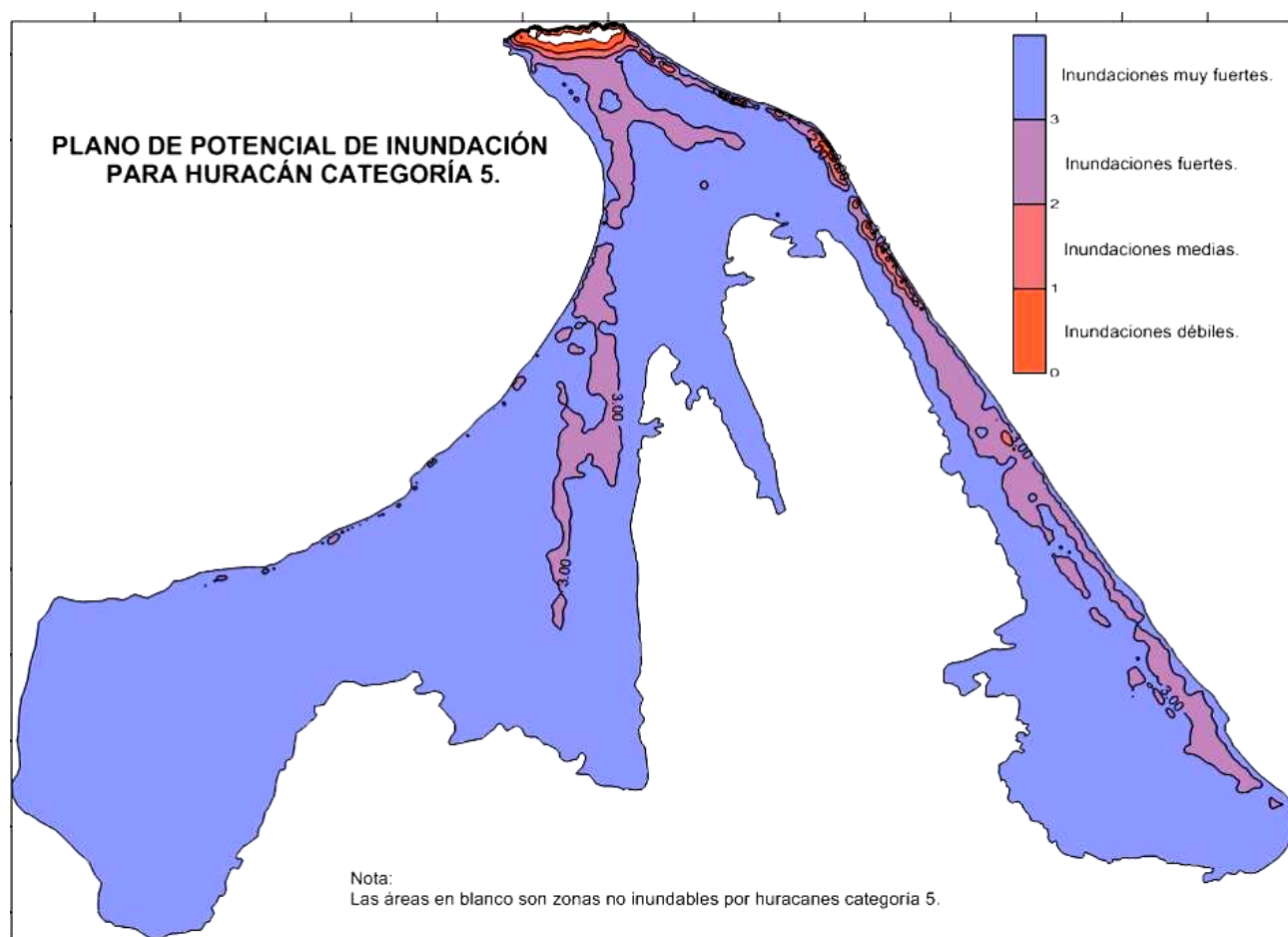


Figura 2. Plano de Potencial de Inundación.

Este indicador permitirá estimar la altura que alcanzará el nivel del mar por encima de la superficie actual del terreno e indicará el espesor de la lámina de agua en cada punto que pueda ser afectado por la Sobreelevación del mar por surgencia, además permitirá definir las extensiones de terreno que serán afectadas por inundaciones y todo ello dependiendo de la intensidad de los fenómenos climáticos.

Es necesario resaltar que este indicador muestra **condiciones potencialmente posibles** para diferentes escenarios, por lo tanto, debe entenderse que las inundaciones por sobreelevación del mar pueden no ocurrir en todas las dimensiones y direcciones de su superficie, si no que sucederán en las áreas donde las condiciones sean propicias, en dependencia de la trayectoria e intensidad de los eventos meteorológicos.

Cuando se dice que las inundaciones serán de un tipo específico, no se refiere al área que ocuparán, si no, al espesor de la lámina de agua. También se toma en cuenta que la recuperación de la posición original en el litoral sucederá con mayor o menor rapidez, una vez pasado el fenómeno meteorológico.

Como en este Cayo más del 90% de su superficie se encuentra en cotas inferiores a un metro, serán muy escasas las áreas que no se inundarán para un huracán categoría 1, por lo tanto, en la medida que aumente la intensidad de los fenómenos meteorológicos, serán cada vez mayores los espesores

de agua y más lento el período de recuperación a la condición inicial, aumentando la persistencia de las inundaciones.

En consecuencia, ocurrirán impactos severos sobre la flora y la fauna, se modificarán las condiciones ingenieriles y geotécnicas, y las edificaciones resultantes de la planificación territorial se pondrán en contacto con aguas de mar, que son altamente agresivas y, si no se adoptan medidas especiales para la protección de los diferentes elementos estructurales (principalmente el sistema de cimentación), se acelerarán los procesos de corrosión de aceros y del hormigón, limitando al vida útil de las edificaciones.

Indicador: Potencial de Erosión (PE). Para el diseño de este indicador, además de las variables **Elevación del Terreno** y **Sobreelevación del mar por surgencia**, se introduce la variable **Fuerza del mar**. Los valores que toma esta variable son los propuestos en la **Escala de Beaufort**.

La **Escala de Beaufort** se extendió en 1944. Hoy, usualmente se numera a los huracanes con valores entre 12 y 16 utilizando la Escala de Huracanes de Saffir-Simpson, donde un huracán de categoría 1 lleva un número de Beaufort de 12, el de categoría 2, Beaufort 13, etc. (Wikipedia, 2012).

El cálculo del valor del indicador para cada punto y para cada tipo de fenómeno meteorológico se realizará usando la decisión lógica (2). En este caso la variable V_1 corresponde a la Elevación del Terreno, la variable V_2 a la Sobreelevación del Mar y la variable V_3 a la Fuerza del Mar, por lo que la decisión lógica se formula de la forma siguiente:

$$Si \quad Et > Sm \Rightarrow PE = 0 \quad si \quad no \quad PE = -[(Et - Sm) / Fm] \times 10$$

Dónde:

- Et → Elevación del terreno.
- Sm → Sobreelevación del mar por surgencia.
- Fm → Fuerza del mar.
- PE → Potencial erosivo.

El primer término de la decisión es obligatorio, pues si la sobreelevación no alcanza una cota determinada del terreno nunca estará sometido a procesos erosivos, por lo tanto el indicador toma valor igual a cero.

Los resultados de las operaciones de la decisión lógica se incorporan automáticamente a la Base de Datos. Así se logra la actualización permanente del indicador, para cualquier punto, si se producen modificaciones de las condiciones iniciales de cada variable.

Para definir el rango de variación del Indicador se toma en cuenta el peor de todos los escenarios, en este caso, se utilizan los valores, mínimo y máximo, obtenidos para un huracán con categoría 5 en la escala Saffir- Simpson. De tal forma se determina que el indicador Potencial de Erosión tomará valores entre 0 y 2.5, o sea: $0 \leq PE \leq 2.5$.

Conociendo el rango en que se moverá el indicador, se procede a la obtención de los mapas del indicador para cada uno de los eventos climáticos mencionados, siguiendo el proceder descrito. En este caso se muestra el mapa (Figura 3) obtenido para las condiciones más desfavorables, o sea, para el caso de un huracán de categoría 5 en la escala Saffir-Simpson.

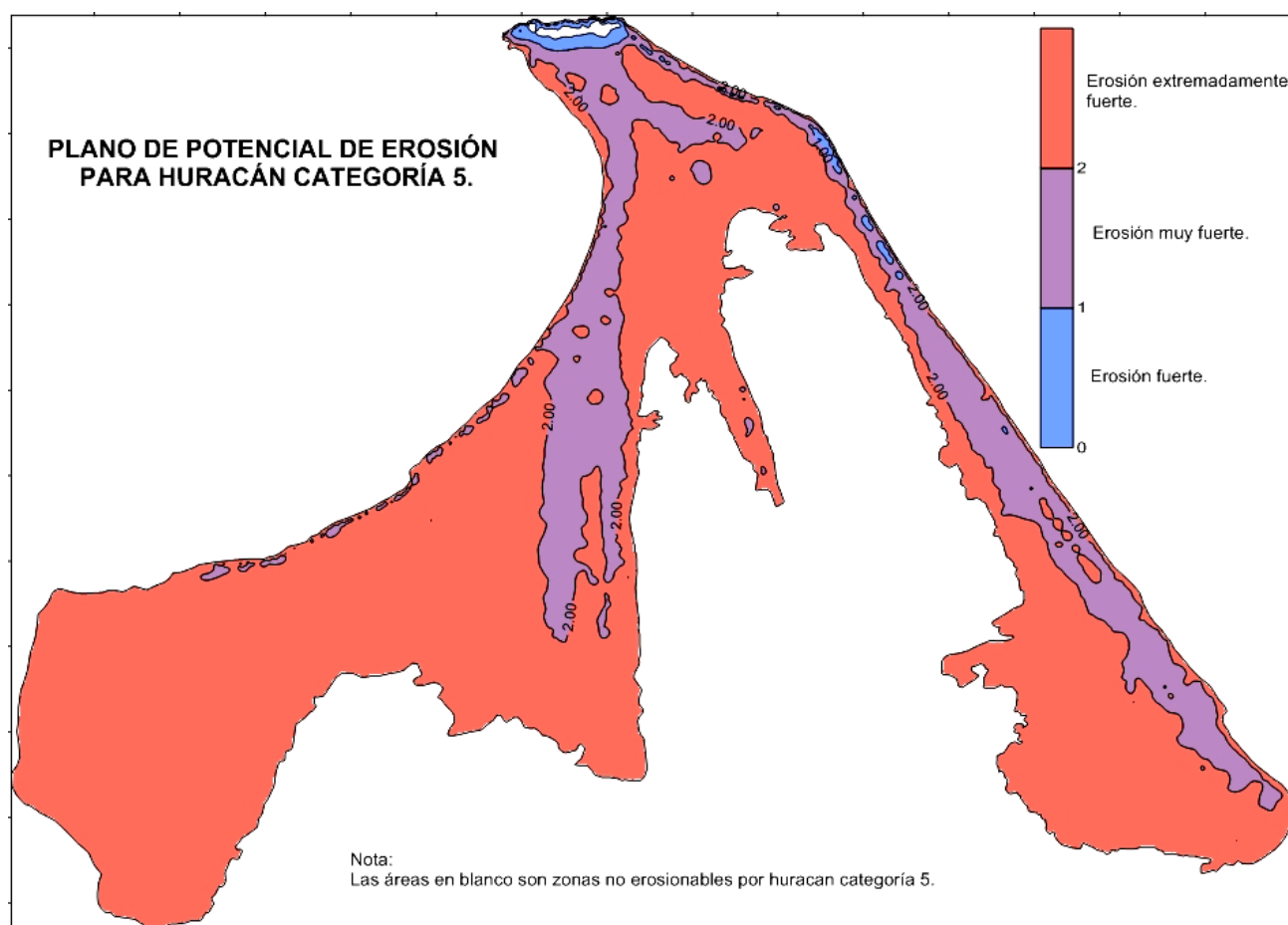


Figura 3. Plano de Potencial de Erosión.

Para dotar al indicador un significado geoambiental práctico, se propone una clasificación del potencial de erosión de acuerdo al tiempo que estará sometida a la erosión un área determinada, al espesor de la lámina de agua y al área que se inundará. En la Tabla VIII se muestra la clasificación de la erosión según los criterios mencionados:

Tabla VIII. Clasificación de la erosión.

Rangos de Potencial de Erosión	Clasificación de erosión
0 - 1	Fuerte
1 - 2	Muy fuerte
>2	Extremadamente Fuerte

Este indicador permitirá estimar la posible ocurrencia e intensidad de la erosión de los suelos y las rocas, originada por la fuerza del oleaje y las corrientes, en las áreas que se pongan en contacto directo con el mar durante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos con categorías diferentes. Además permitirá definir las extensiones de terreno que serán afectadas por la erosión según sea la intensidad de los fenómenos climáticos

Este indicador también muestra **condiciones potencialmente posibles** para diferentes escenarios, por lo tanto, debe entenderse que la erosión por la acción directa del mar puede no ocurrir en todas las dimensiones y direcciones mostradas en los anexos, si no que sucederán en las áreas donde las

condiciones sean favorables, en dependencia de la trayectoria e intensidad de los eventos meteorológicos.

Si se toma como referencia el escenario, posible, generado por un huracán categoría 5, se aprecia que la mayor parte del cayo podrá estar sometida a procesos erosivos extremadamente fuertes ($PE > 2$), quedando solo pequeñas extensiones aisladas libres de procesos erosivos.

Evidentemente, la resistencia a la erosión será directamente proporcional a la resistencia mecánica de cada tipo litológico aflorado en el Cayo. De tal forma los depósitos de arenas poco consolidados o sueltos de las barras costeras y los suelos orgánicos de zonas bajas y lagunares serán erosionados más intensamente que los depósitos de rocas mejor consolidados.

Como consecuencia directa la vegetación y la fauna recibirán impactos severos, las condiciones geotécnicas se deteriorarán, e incluso las construcciones pueden recibir daños considerables por la acción directa de los procesos erosivos, fundamentalmente por socavación del sistema de cimentación, destrucción de los taludes de rellenos no protegidos o por impacto directo sobre elementos de puertas y ventanas de cristal. Como consecuencia se generan limitaciones por sucesivas reparaciones y se pierde tiempo de vida útil de las edificaciones.

CONCLUSIONES.

1. La creación de la base de datos georeferenciados permite la relación entre variables para cualquier modelo de formulación matemática que satisfaga una condición geoambiental específica, la obtención automática de valores para indicadores, la retroalimentación constante en dependencia de las modificaciones de los valores de las variables primarias, facilitado la toma de las decisiones operativas que requiera la planificación y, además, la obtención de mapas con la distribución espacial de los indicadores.
2. Las formulaciones matemáticas propuestas son sencillas y permiten obtener valores acotados para los indicadores, lo cual simplifica su representación gráfica y la asignación de su significado geoambiental.
3. Los planos obtenidos permiten visualizar la distribución espacial de procesos geoambientales, para fenómenos meteorológicos de diferentes intensidades, y la confección de planos de ordenamiento territorial a partir de indicadores.
4. El enfoque sistémico que se propone garantiza que no queden áreas de interés fuera del estudio, remarcando el sentido de integralidad del trabajo con esta metodología.
5. Este proceder unifica toda la información geoambiental para proponer una salida integral de los resultados, lo cual mejora y agiliza el proceso de Planificación Territorial.
6. Los indicadores geoambientales que se proponen responden a las condiciones específicas del Sistema Geoambiental estudiado, pero la metodología puede admitir todos los indicadores que la planificación requiera, lo cual garantiza su aplicabilidad en cualquier Sistema Geoambiental de condiciones similares.
7. El modo de salida en planos puede ejecutarse por varias vías lo que le da mayor agilidad al proceso y la flexibilidad requerida por los decisores.

Recomendaciones.

1. En este trabajo se usan materiales y parámetros de varios orígenes, por lo cual recomendamos la flexibilización de los mecanismos de obtención de la información en las entidades nacionales propietarias, toda vez que el resultado se enfoca al bien común.
2. Proponer este proceder a los órganos decisores, para realizar una correcta Planificación Territorial en Cayo Paredón Grande y en otros cayos con características similares.
3. Proponer esta metodología y sus resultados a la Defensa Civil, toda vez que puede ser aplicada para establecer criterios de peligro, vulnerabilidad y riesgo en los sistemas de cayos que bordean la isla grande y en sus zonas litorales propias.

4. Continuar esta investigación, diseñando nuevos indicadores geoambientales para otras variables y fomentar el uso de un sistema de información geográfica, como forma de presentación de los resultados y para la gestión ambiental continuada en los lugares donde sea aplicada esta metodología.

BIBLIOGRAFÍA.

- Decreto No 5. Reglamento del proceso inversionista. (1977). Gaceta Oficial de la República de Cuba, N°. 39, 577.
- Decreto No 21. Reglamento de la Planificación Física. (1978). Gaceta Oficial de la República de Cuba, N°. 8, 61.
- Ley No. 81 del Medioambiente. (1997). Gaceta Oficial de la República de Cuba, N°. 7, 47.
- Decreto Ley 212. Gestión de la zona costera. (2000). Gaceta Oficial de la República de Cuba, N° 68.
- Agencia de Estudio Medioambientales Geocuba. (2010). Estudio geográfico integral Cayo Paredón Grande. Ciego de Avila.
- Caballero, A. (2009). Innovaciones en las guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado. Lima, Perú: Instituto Metodológico Alen Caro.
- Cabrera, J. A. (2002). Indicadores de Sostenibilidad Ambiental. Apuntes para el Curso de Evaluación Ambiental Integrada e Indicadores de Sostenibilidad, del Programa de Doctorado de Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible- Universidades de Girona, España y de Matanzas. 67.
- Cruz, Y.J. (2000). Estudio de Factibilidad Constructiva de Cayo Paredón Grande. Ciego de Avila: ENIA.
- Gómez, F. (1996). Planificación y gestión del medio ambiente. Políticas ambientales: propuestas y planteamientos internacionales. Lurralde: Investigación y espacio. V-19, 9-27.
- Instituto de Geografía Tropical; Agencia de Medio Ambiente. (2009). Guía metodológica para los estudios técnicos de ordenamiento ambiental en cuba. La Habana.
- Instituto de Planificación Física; Dirección Provincial de Planificación Física. (2007). Actualización del Plan General de Ordenamiento Territorial de Cayo Paredón Grande. Ciego de Avila.
- Mateo, J. (2002). Planificación ambiental. Material del curso de post grado de la maestría en Geografía, ordenamiento territorial y Medio Ambiente. La Habana: Editorial Universitaria.
- Quintana, A. (2011). Diseño metodológico de un sistema de indicadores para el seguimiento ambiental en zonas portuarias: estudio de caso. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Wikipedia. (2012). Escala de Beaufort. Recuperado el 30 de Noviembre de 2012, de Wikipedia: es.wikipedia.org/wiki.