

MODELO CONCEPTUAL UTILIZADO EN LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOAM- BIENTALES DE LA PROVINCIA DE NAMIBE (ANGOLA)

*Conceptual model used in the evaluation of the environmental
geologist conditions of the Namibe province (Angola)*

Joao Francisco de Sousa Gaspar da Silva¹
Julio Cabrera Bermúdez¹

E-mail: zitosilva@hotmail.com

¹Facultad de Ciencias de la Universidad Agostinho
Neto, Luanda, República de Angola

²Universidad de Pinar del Río

RESUMEN

En la evaluación de las condiciones naturales de los territorios, generalmente se diseñan y aplican modelos teóricos que tratan de tomar en cuenta todas aquellas variables que reflejan mejor la realidad por modelar; para el caso de la provincia y ciudad de Namibe, se optó por un modelo de estructura escalonada, de tipo árbol invertido, que indica los pasos por seguir para la creación de un Sistema de Información Geográfico Ambiental en regiones áridas con poca disponibilidad de información gráfica y alfanumérica. El modelo adoptado considera los principales factores económicos, naturales y tecnológicos condicionantes del medio físico; su estructura expresa la secuencia lógica de trabajo seguido, partiendo de la derivación inicial del tipo de información necesaria para la creación del sistema y, posteriormente, una serie de derivaciones e integraciones sucesivas de los factores involucrados, y se definen a su vez, los resultados cartográficos por obtener con cada acción.

PALABRAS CLAVE: Condiciones geoambientales, Modelo conceptual, Namibe, SIG.

ABSTRACT

Evaluation of the natural conditions of the territories, usually involves a number of theoretical models which

take into account different variables suitable for the study; In our case, the Namibe province (including the major city), a step structure model was selected to fit the available variables. The model reflects the necessary steps to follow for the creation of an Environmental Geography Information System (EGIS) in arid regions where graphic and alphanumeric data is sparse. The adopted model guarantees the evaluation of environmental geologist conditions of Namibe province, and integrates economic natural and technological variables of the environment. Its structure expresses steps the evaluation process by taking first the critical information needed for implementation of EGIS and finally a series of derivative and integration action of variables and defined the cartographic results expected in each step.

KEY WORDS: Conceptual model, Environmental geologist conditions, GIS, Namibe.

INTRODUCCIÓN

La problemática medioambiental en la actualidad es realmente compleja, ésta es el resultado de la falta de visión sobre la interrelación que existe entre la naturaleza y la sociedad en la realización del manejo de los recursos naturales y el desarrollo de actividades económicas. De hecho, un paso decisivo en la lucha por preservar el entorno, es conocerlo mejor y

tomar una conciencia clara de cuáles son estos recursos, dónde se ubican, en qué estado se encuentran y cómo explotarlos de forma racional (Milián, 2003).

Una situación medioambiental crítica, donde ha primado la falta de visión, la posee sin duda la ciudad de Namibe, ubicada en la provincia del mismo nombre, en el sur de Angola, azotada por una serie de fenómenos naturales entre los cuales se destacan: inundaciones periódicas de las áreas urbanizadas, desertificación y la contaminación de acuíferos por salinización

Ante esta situación, en 1988 el gobierno provincial de Namibe creó una comisión de trabajo, con el objetivo de estudiar las afectaciones provocadas por estos fenómenos en ese territorio, con el objetivo de buscar soluciones para minimizarlas.

Después de una intensa búsqueda de información en varios campos, la comisión concluyó que la información disponible no permitía realizar análisis completos de la situación ambiental de este territorio.

Atendiendo a la precaria situación ambiental de esta zona y a la falta de financiación de investigaciones en este sector, se materializa la idea de confeccionar un Sistema de Información Ambiental (SIG), utilizando la información gráfica y alfanumérica disponible. Así, el presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un modelo teórico que tome en cuenta este aspecto, con el objetivo de obtener un método científicamente argumentado para la creación del Sistema de Información Ambiental de Namibe (SIGAN), en el cual se contemple la acción conjunta de los factores naturales y tecnológicos, analizando el problema a partir de la utilización de información básica limitada en cuanto a cantidad, escala y nivel de actualización.

MODELO CONCEPTUAL

Referido a la evaluación ingeniero-geológica, en Cabrera (2002) se define el modelo conceptual como “una evaluación teórica de los factores y/o condiciones a tomar en cuenta, en la evaluación de las Condiciones Ingeniero Geológicas (CIG) de los territorios”.

Para la realización de este trabajo se consultaron varios modelos aplicados a tareas relacionadas de una forma u otra con la evaluación de las condiciones geoambientales de los territorios, entre ellos se pueden citar los de Cabrera (2002) y Milián (2003).

Ninguno de estos modelos está diseñado para evaluar las condiciones geoambientales de conjunto de los territorios, teniendo en cuenta tanto los factores condicionantes del medio físico como los procesos

tecnológicos y considerando que los procesos del medio físico son el resultado de la interacción entre los componentes predominantemente abióticos y los tipos de energía natural, incluyendo además las modificaciones provocadas por la acción biológica y humana.

De esta forma se crea un modelo de estructura escalonada, de tipo árbol invertido, que refleja los pasos por seguir para la creación de un Sistema de Información Geográfico Ambiental (SIGA) en regiones áridas con poca disponibilidad de información gráfica y alfanumérica, como es el caso de la ciudad de Namibe (Fig. 1).

El modelo en cuestión expresa la secuencia lógica de trabajo seguido, partiendo de la derivación inicial del tipo de información necesaria para la creación del SIGA y, posteriormente, de una serie de derivaciones e integraciones sucesivas de los factores involucrados, se definen a su vez los resultados cartográficos por obtener con cada acción. El análisis parte de considerar que para la creación de un SIG del tipo ambiental, en regiones donde se cuenta con muy poca información y la que existe no presenta un grado de actualización aceptable —además de no contar con fuentes de financiamiento—, es necesario utilizar intensivamente toda la información existente, con independencia de la escala y el nivel de actualización de todos los componentes del medio físico y tecnológico, los elementos interactivos, ya sean esenciales o reguladores, así como los parámetros y factores condicionantes de los procesos, incluyendo las modificaciones provocadas por la acción biológica y humana.

En el contexto del modelo propuesto para la evaluación ambiental, utilizando un SIGA, se seleccionan los parámetros que mejor contribuyen a la caracterización de los procesos, en particular los más susceptibles a la alteración, y también aquellos cuya obtención de índices pueda ser fácilmente asequible. Esta selección permite establecer parámetros de referencia en el estudio de alteraciones del medio, cuando se considera un proyecto de intervención en el mismo mediante cruzamiento de procesos del medio físico con procesos tecnológicos.

Un aspecto determinante en el diseño del modelo, lo constituye sin duda la selección del tipo de información por utilizar. Así tenemos, que los datos en un Sistema de Información Geográfica pueden ser clasificados en: gráficos y alfanuméricos. Cada uno de ellos tienen características específicas y diferentes requisitos para su almacenamiento, procesamiento y representación.

El modelo por aplicar en esta investigación contiene datos gráficos y alfanuméricos, integrados, que forman una completa fuente de información. La exactitud y el nivel de resolución son elementos importantes en el desarrollo del SIGA, y vienen determinados por el uso al que vaya destinado el sistema.

Información alfanumérica

Los datos alfanuméricos son descripciones de las características de las entidades gráficas. En general, son almacenados en formatos convencionales. Las informaciones alfanuméricas y gráficas se encuentran completamente integradas, y es esta integración, junto a la capacidad de gestión de ambos tipos de datos, lo que caracteriza a los Sistemas de Información Geográfica; la información alfanumérica es la que describe las características de las entidades gráficas.

En la confección de un SIGA esta información es necesaria para caracterizar el tipo de información que en un momento dado sea consultada, y hace referencia a información de atributos como: clase de suelo, código de uso, tipo de tierra, nombre, etc. Esta información se encuentra directamente asociada con la información cartográfica capturada y es la correspondiente a las características de cada uno de los temas almacenados. En caso de no encontrarse disponible en archivos digitales o analógicos, estatales o privados, la encuesta bien diseñada brinda datos muy valiosos.

Información gráfica

Los datos gráficos son descripciones digitales de las entidades del plano. Suelen incluir las coordenadas, reglas y símbolos que definen los elementos cartográficos en un mapa. El SIG utiliza esos datos para generar un mapa o representación gráfica en una pantalla de ordenador o bien sobre papel. Para la representación de datos gráficos se utilizan tres tipos básicos de entidades:

- **Nodos.** Es un objeto sin dimensiones que representa una unión topológica o un punto terminal y que especifica una localización geométrica; en cualquier caso, se trata de la entidad básica para representar entidades con posición, pero sin dimensión (al menos a la escala escogida). En el formato vectorial se les denomina puntos.
- **Líneas** (o arcos). Son objetos de una dimensión, definidos por un nodo inicial y un nodo final.
- **Polígonos** (o áreas). Son objetos limitados y contienen de dos dimensiones.

Considerando que la base fundamental para la aplicación del modelo es la información, pues los

datos constituyen la representación de la geografía, entendida ésta como todos los elementos que rodean el entorno del ser humano o habitantes de una región, se puede estimar entonces que la adquisición de esa información es una de las tareas principales en la confección de un SIGA.

Dicha información se puede adquirir por dos métodos: primero, acudiendo a las entidades del orden público y privado, regional y nacional, que cuenten con bases de datos o información actualizada para alimentar el sistema, y segundo, realizando procesos de investigación y de recolección de información de manera directa (trabajos de campo en el lugar geográfico), a los cuales se les realizará el montaje del SIGA. Ésta es una operación lenta y costosa, pero garantiza que la información captada sea lo suficientemente actualizada, lo que redundará en la calidad del sistema. El valor de los datos está directamente relacionado con la cantidad: a mayor información por recopilar y almacenar, mayor costo.

La información disponible en formato analógico (mapas y/o planos) debe contener, al menos, los elementos siguientes: red de coordenadas, escala y fecha de elaboración. A su vez, la información que será captada en formato digital deberá contar, primordialmente, con un sistema de georreferenciación (coordenadas), de forma tal que permita la interacción con el sistema de información por implantar.

La captación de la información

Comprende aquellas acciones encaminadas a llevar toda la información disponible, ya sea gráfica o alfanumérica, a un formato digital asequible que pueda ser utilizado por alguna plataforma SIG. Aquí se incluye desde la entrada directa por teclado, el uso de escáner, la digitalización y la utilización de GPS.

En el diseño de este modelo teórico la información gráfica se capta siguiendo dos direcciones fundamentales, definidas por los dos temas informáticos comúnmente utilizados en la evaluación de las condiciones geoambientales de los territorios: la base topográfica y las condiciones naturales del medio.

Base topográfica

Mapa que contiene las particularidades que presenta la superficie del terreno. En él se incluyen tanto elementos de carácter natural como tecnológicos, resultados de las actividades humanas modificadoras del medio ambiente.

En función de la importancia de estos elementos en la evaluación de las condiciones geoambientales

y la comodidad de su manipulación, pudieran agruparse por temas, los que a su vez pueden ser discretizados por capas de información (Tabla 1).

Urbanización

Acción de urbanizar y su efecto (Alvero, 1988), convertir en poblado una porción de terreno o prepararlo para ello abriendo calles y dotándolas de luz y de todos los servicios municipales. En la confección de un SIGA este factor tomará en cuenta, tanto aquellos sectores ya urbanos como aquéllos con diferentes grados de interés para la urbanización, destacándose además, en función de las condiciones físicas y tecnológicas existentes, cuáles son las áreas más perspectivas para el desarrollo de diferentes intereses económicos. Esto, desde el punto de vista cartográfico, puede ser representado mediante un mapa de zonación urbana.

En el SIGA este factor se incluye como un elemento geográfico, contenido dentro de la capa de información Uso y ocupación del suelo, perteneciente a su vez al tema Base topográfica.

Vegetación

Este factor, al recibir muy directamente la influencia de la mano del hombre, en general se encuentra muy antropizado, sobre todo en las zonas urbanas, donde casi siempre existe una mezcla de la vegetación autóctona y la introducida. Una representación cartográfica general de su distribución espacial se puede obtener de los mapas topográficos, de los que comúnmente forma parte; aunque la evaluación de su influencia en trabajos de detalle es más apropiado obtenerla de la interpretación previa de fotografías aéreas e imágenes de satélites. En los casos extremos, donde no existan imágenes ni mapas, es necesario realizar un levantamiento de campo.

Viales

“Lo que se refiere a vías o caminos” (Alvero, 1988). En la evaluación de las condiciones geoambientales este elemento puede estar representado por las principales vías de comunicación terrestres, tales como: carreteras, caminos, calles, terraplenes, vías férreas, etcétera; aunque, de ser necesario, se incluyen también las marítimas y aéreas.

Obras de ingeniería

Dentro de este elemento se puede incluir una gran variedad de construcciones, aunque en la evaluación de las condiciones geoambientales es más cómodo comprender en ellas, aquellas diseñadas para evitar

o regular la acción de algún evento natural o inducido, o sea, no son más que las llamadas obras protectoras. En este grupo se pueden incluir entonces los diques, muros de contención, presas reguladoras, canales, etcétera.

Condiciones naturales

Comprenden aquellos factores naturales que reflejan el estado del paisaje del medio físico, que sirven como criterios o indicios en la evaluación del grado de conservación del medio ambiente. Según Kolomenski (1984), entre los principales factores naturales para tomar en cuenta en la evaluación de las potencialidades constructivas de los territorios, están:

- Clima.
- Relieve y condiciones geomorfológicas.
- Condiciones tectónicas y de estratificación.
- Particularidades litólogo-petrográficas de las rocas.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Fenómenos físico-geológicos.

Dentro de ellos los más importantes para la evaluación de las condiciones geoambientales de los territorios son: el clima, el relieve, los suelos, la geología y las aguas.

El clima

Un factor natural de obligada utilización en la evaluación de las condiciones geoambientales de los territorios lo constituye, sin duda, el clima (Cabrera, 2002).

Considerando que la mayoría de los desiertos y zonas áridas del planeta se localizan en la costa oeste, como es el caso de la provincia de Namibe, —ubicada en una región dominada por los vientos alisios provenientes de los anticiclones de Santa Helena, que producen un efecto de pantalla para el desarrollo vertical de las nubes, y limitan así la caída de las lluvias—, se puede resumir que las variables climáticas de mayor incidencia en la evaluación de las condiciones geoambientales en todos esos territorios, son los vientos y las lluvias.

En Cabrera (2002) se plantea que la “evaluación de la influencia de estas variables, obliga a la elaboración de dos mapas bases: el de estaciones meteorológicas y el de estaciones pluviométricas, de ellos se obtienen los de *distribución de las temperaturas, humedad, nubosidad, dirección y velocidad de los vientos y pluviosidad*”.

Atendiendo a lo anteriormente planteado se puede concluir que en regiones con condiciones climáticas áridas parecidas a las de Namibe, para evaluar

la influencia del clima sobre las condiciones geoambientales, es necesaria la confección de dos mapas básicos: *mapa de estaciones meteorológicas* y *mapa de estaciones pluviométricas*. Del primero, según Cabrera (2002), se deriva la influencia de factores tales como: temperaturas, dirección y velocidad de los vientos, humedad y nubosidad, y del segundo, la influencia de las lluvias que pueden ser representadas como datos geográficos por medio de mapas de distribución de lluvias.

El relieve

La influencia del relieve sobre las condiciones geoambientales es fundamental. Es una expresión de la evolución y transformación del paisaje bajo los efectos de las fuerzas internas y externas de la tierra (Cabrera, 2002). Su influencia en la evaluación de las condiciones geoambientales, puede estimarse mediante los mapas morfométricos.

A partir de la clasificación propuesta en Cabrera (2002), recogida en las Tablas 2, 3 y 4, es posible obtener los mapas morfométricos de pendiente, disección horizontal y vertical en plataforma SIG. Su posterior reclasificación y/o combinación en función de los parámetros deseados (procesos, uso, drenaje, accesibilidad y factibilidad), brindan la posibilidad de obtener nuevos mapas que se utilizan en la evaluación de las potencialidades constructivas de los territorios, según consta en Cabrera (2002).

El suelo

Es la base de la agricultura, y el medio donde se desarrollan las raíces de las plantas y de donde ellas toman el agua y el alimento, por lo que su evaluación en estudios geoambientales es capital; su estado de conservación dice mucho sobre las potencialidades agropecuarias de las regiones.

Es un factor natural estrechamente ligado a la geología, que debe ser considerado en la evaluación de las potencialidades constructivas, sobre todo cuando se quiere gestionar información concerniente a su aptitud para la construcción en función del tipo y uso (Cabrera 2002).

En un estudio geoambiental se debe contar al menos con su distribución espacial, tipos predominantes, espesores promedio y grado de alteración. En este tipo de estudio siempre es recomendable utilizarlo por medio de su representación gráfica (mapas de suelo).

La geología

Según Cabrera (2002), su expresión cartográfica constituye, junto a la base topográfica, un mapa bá-

sico o primario. Su uso es obligado e insustituible en la solución de problemas relacionados con los suelos y las rocas; de ahí que su correcta automatización es requisito indispensable en la obtención de nuevos y fundamentales mapas, empleados en estudios geológicos diversos (mapas geomorfológicos, ingeniero-geológicos, hidrogeológicos, geofísicos, geoquímicos y estructurales, por sólo citar algunos).

En la evaluación de las condiciones geoambientales de los territorios es suficiente caracterizar la litología predominante y las principales características físicas, mecánicas y acuíferas de los mismos.

Al igual que los suelos en la evaluación de las condiciones geoambientales, este factor será evaluado a partir del empleo de mapas geológicos.

Recursos hídricos

El agua es un recurso vital para la supervivencia humana y el desarrollo económico; a medida que la población y la economía van creciendo, aumenta la demanda de agua, en tanto que la disponibilidad de este recurso se mantiene constante. Su escasez da lugar a conflictos referentes a su uso, que abarcan aspectos cuantitativos y cualitativos.

En una evaluación de las condiciones geoambientales integrales se deben estudiar tanto las aguas subterráneas como las superficiales.

Las aguas subterráneas

En Cabrera (2002) se plantea, en relación con la ingeniería geológica, que la evaluación de este factor se hace comúnmente a partir de los estudios hidrogeológicos, como una necesidad de analizar la influencia e interacción de las aguas contenidas en las rocas y suelos con las obras, en función del uso de estas rocas y suelos como medio en el cual se construye, como material de construcción y como base de las cimentaciones. El mismo autor considera que la influencia de las aguas subterráneas se establece evaluando de conjunto su yacencia, su régimen y su quimismo.

Como se puede apreciar, dicho autor, al evaluar este factor, considera los principales aspectos relacionados con este recurso, que a su vez coinciden con los aspectos esenciales de los mismos, para ser tomados en cuenta en las evaluaciones geoambientales de los territorios

Así, a la hora de considerar este factor en la creación de un SIGA, se obtendrá una capa de información (mapa hidrogeológico) en la cual se incluyen aspectos tales como: tipo de acuífero, composición litológica del horizonte al que se asocia, profundidad

de yacencia, posición del nivel estático al ser destapado el acuífero, la dirección preferencial del flujo, parámetros de filtración (transmisibilidad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, caudales específicos y de producción), composición química y ubicación de los principales puntos hidrogeológicos.

Las aguas superficiales

Aquí quedan incluidos todos aquellos elementos recogidos en la literatura como hidrografía, que incluye los ríos, lagunas, manantiales, embalses y canales magistrales. Como se aprecia, esta capa de información aunque no se incluye en el tema Base topográfica, puede ser extraída de ella.

De ser necesario y cuando su influencia sea muy manifiesta, en el SIGA se pueden incluir otros elementos de carácter natural e influencia localizada y/o temporales, tales como: la acción de las olas en las costas y los eventos atmosféricos (ciclones y tornados, entre otros).

La integración de la información cartográfica derivada de estas condiciones naturales, es utilizada en los estudios geoambientales para la obtención de los mapas de amenaza.

Mapa de amenaza

A pesar de los avances en el conocimiento técnico y científico de los procesos geológicos, muchas comunidades, principalmente en las zonas urbanas, son vulnerables a situaciones de desastre.

Los accidentes naturales asociados a procesos geológicos han sido descritos desde tiempos remotos. Las grandes catástrofes mitológicas como el diluvio universal de la leyenda bíblica de Noé, basada en registros babilonios de 2 600 años A.C. (Hennig, 1950 en Ayala, 1988), han sido científicamente interpretadas como catástrofes geológicas.

Amenaza natural (A): Se refiere a la probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico y para un área determinada, de un fenómeno con consecuencias potencialmente destructoras (Ogura y Soares, 2000).

La evaluación de la amenaza se realiza para cada uno o grupo de amenazas, identificando los parámetros necesarios, enfocado hacia las condiciones naturales o artificiales que causan o agravan las amenazas naturales, poniendo al alcance de los planificadores los aspectos técnicos de la amenaza. Se expresa por medio de mapas, obtenidos a partir de la integración por cruzamiento de la cartografía resul-

tante de la información derivada de las condiciones naturales de los terrenos. En la evaluación geoambiental se expresa como los diferentes grados de susceptibilidad que tendrán los territorios a la ocurrencia de un fenómeno con probabilidades de generar pérdidas.

Mapa de vulnerabilidad

Vulnerabilidad (V): Es el grado de pérdida que puede sufrir un elemento o grupo de elementos expuestos a un riesgo, que resulta de la ocurrencia de un fenómeno natural de una determinada magnitud. Se expresa en una escala de 0 (ninguna destrucción) a 1 (pérdida total).

Para hablar de vulnerabilidad deben existir elementos expuestos a un riesgo (Ogura y Soares, 2000).

Este tipo de cartografía, en la implantación del SIGA, se obtiene de cruzar los diferentes mapas de amenaza obtenidos con los diversos usos y ocupación del terreno existentes en el área en cuestión, considerados a su vez como los elementos expuestos a riesgos (E).

Elementos expuestos al riesgo (E): Se refiere a la población, las propiedades y las actividades económicas expuestas al riesgo en un área determinada.

Mapas de riesgo

Riesgo (R): Posibilidad de que eventos peligrosos produzcan consecuencias indeseables. Es el peligro presentado, mejor evaluado; es decir, es una pérdida potencial evaluada. Significa el número esperado de pérdidas de vida, de heridas, de daños a propiedades y de interrupciones de la actividad económica debido a un fenómeno natural determinado y es, por lo tanto, el producto siguiente:

$$R = E(R) = E(A * V)$$

La evaluación cartográfica del riesgo puede derivar en dos tipos (actual o activo y potencial) en dependencia de la inminencia del mismo. En el primer caso, por ejemplo, pudiera tratarse de un sismo o una inundación en progreso, que significa ocurrencia de daños; en el segundo caso se trata cuando el peligro es inminente, pero no se ha desencadenado todavía. Por ejemplo, el caso de una ladera inestable donde la componente sumaria de las fuerzas de gravedad orientada hacia el interior del macizo, que se opone al deslizamiento, es menor que la componente orientada hacia el pie del vertiente, lo que favorece el deslizamiento de las masas rocosas como se ilustra en la Figura 2.

El SIGA es, entonces, toda la cartografía obtenida como resultado de la aplicación del modelo hasta aquí expuesto, aunque la misma puede estar contenida en un solo mapa para facilitar la organización y administración de la información, bajo la denominación de SIGA unificado.

DISCUSIÓN

La aplicación del modelo teórico concebido a diferencia de los consultados toma en cuenta tanto los factores condicionantes del medio físico como los procesos tecnológicos, considerando, además, que los procesos del medio físico son el resultado de la interacción entre los componentes predominantemente abióticos y los tipos de energía natural; incluye también las modificaciones provocadas por la acción biológica y humana.

El diseño de estructura escalonada, tipo árbol invertido, a diferencia de otros modelos, refleja con mayor nitidez los pasos y consideraciones por seguir para la creación de un Sistema de Información Geográfico Ambiental (SIGA) en regiones áridas, cuando la información gráfica y alfanumérica disponible es insuficiente, como es el caso de la ciudad de Namibe.

Aspectos tales como la organización de las capas de información a base de la información disponible y el empleo de las clasificaciones morfométricas del relieve, contenidos en Cabrera (2002), enfocan con claridad cuáles son las variables apropiadas para discretizar y combinar a fin de obtener nuevos y variados mapas temáticos.

La aplicación del modelo en la evaluación de las condiciones geoambientales de la ciudad y provincia de Namibe, culminó en la obtención de un procedimiento metodológico con el cual se obtuvo el primer Sistema de Información Ambiental de la provincia de Namibe, identificado por las siglas SIGAN.

CONCLUSIONES

El modelo expresa la secuencia lógica de trabajo seguido, partiendo de la derivación inicial del tipo de información necesaria para la creación del SIGA y, posteriormente, una serie de derivaciones e integraciones sucesivas de los factores involucrados; se de-

finen, a su vez, los resultados cartográficos por obtener con cada acción.

La evaluación de las condiciones geoambientales en situaciones de carencia de información se logra a partir de la evaluación integral de los componentes naturales del medio físico y de los procesos tecnológicos, considerando un uso intensivo de las técnicas de cartografía digital y SIG.

El modelo teórico aplicado para la creación del SIGAN en plataforma SIG, contempla la acción conjunta de los factores naturales y tecnológicos, y trata el problema a partir de la utilización de información básica limitada en cuanto a cantidad, escala y nivel de actualización.

En el contexto del modelo propuesto, es fundamental seleccionar los parámetros que mejor contribuyan a la caracterización de los procesos, en particular los más susceptibles a la alteración, y también aquellos cuya obtención de índices pueda ser fácilmente asequible. Esta selección permite establecer parámetros de referencia en el estudio de alteraciones del medio, cuando se considera un proyecto de intervención en el mismo mediante el cruzamiento de procesos del medio físico con procesos tecnológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALA, F. J. (1988): "Introducción a los riesgos geológicos", en *Riesgos geológicos*, ITGE, 333 pp.
- ALVERO, F. F. (1988): *Diccionario manual de la lengua española*, Cervantes, Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana.
- CABRERA, B. J. (2002): "Introducción al Catastro Ingeniero Geológico y Geoambiental de la provincia de Pinar del Río a escala 1: 250 00. Sobre plataforma SIG", Tesis Doctoral, Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- KOLOMENSKI, N.V. (1984): *Metodología general de investigaciones ingeniero-geológicas*, Nedra, Moscú, URSS.
- MILIÁN, I. (2003): "Metodología para el diseño de un sistema medioambiental costero y la incidencia del bosque de manglar en la erosión del litoral por técnicas de avanzada de la Geomática", Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Geográficas, Universidad de Pinar del Río, Cuba, y Universidad de Alicante, España.
- OGURA, A. Y E. SOARES (2000): *Curso internacional de aspectos de protección ambiental*, División de Geología, Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Sao Paulo, IPT, Brasil.

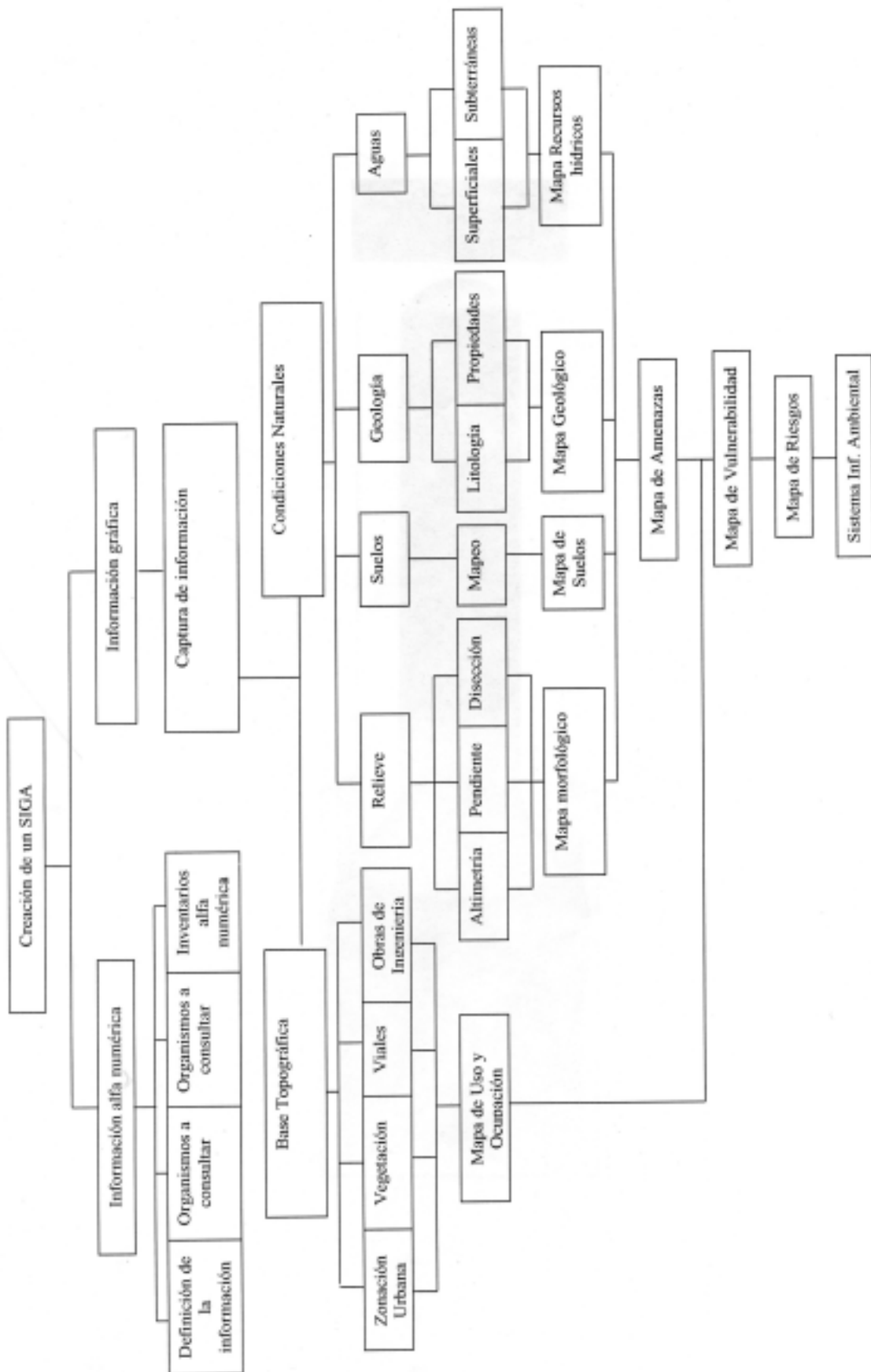


Figura 1. Modelo adoptado para la creación de un SIGA en regiones áridas con escasez de información.

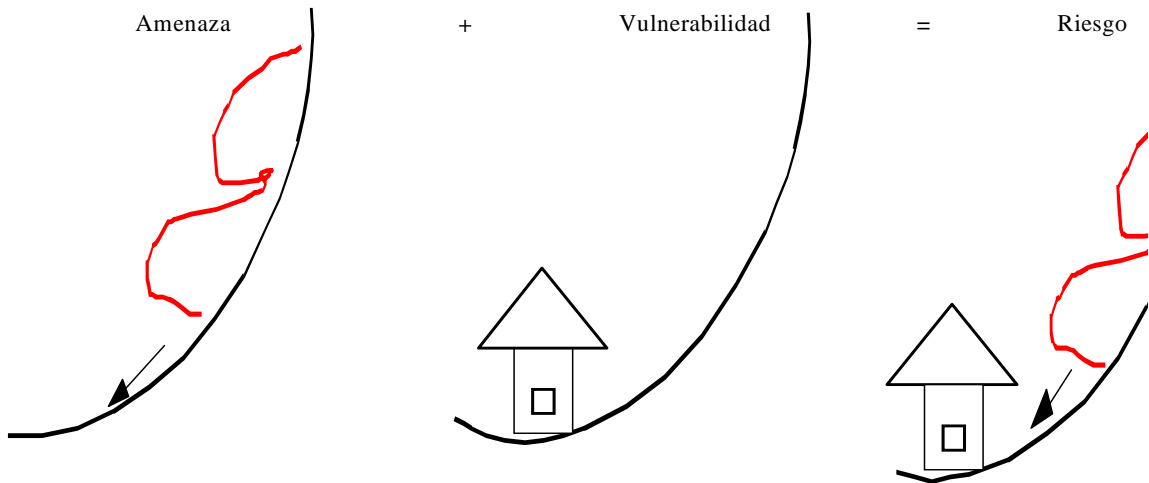


Figura 2. Esquematzación del proceso de evaluación de riesgos en la evaluación geoambiental.

TABLA 1. ORGANIZACIÓN DE LAS CAPAS DE INFORMACIÓN. TEMA: BASE TOPOGRÁFICA			
Temas	Subtemas	Capas temáticas de información	Elementos por capas
Base topográfica	Uso y ocupación del suelo	Zonación urbana	- Divisiones políticas y administrativas (DPA) - Asentamientos urbanos
		Viales	- Carreteras - Puentes - Alcantarillas - Caminos - Vías férreas - Aeropuertos
		Vegetación	- Áreas de cultivo - Vegetación autóctona - Vegetación introducida
	Otros	Hidrografía	- Ríos - Lagunas - Embalses - Canales

TABLA 2. PENDIENTES, CARACTERÍSTICAS MÁS SIGNIFICATIVAS (CABRERA, 2002)

Código	Rango en grados	Nomenclatura	Procesos característicos	Usos del suelo	Drenaje	Accesibilidad	Factibilidad constructiva
1	0 - 2	Pendiente plana	Empantanamientos Encharcamientos Inundaciones	Agrícola	Deficiente	Accesible	Favorable
2	2 - 4	Pendiente poco inclinada	Erosión Movimientos en masa poco intensos	Cualquiera	Poco eficiente	Accesible	Favorable
3	4 - 8	Pendiente inclinada	Erosión severa. Movimientos en masa poco intensos	Cualquiera	Eficiente	Accesible	Favorable
4	8 - 16	Pendiente moderadamente abrupta	Erosión severa Movimientos en masa severos	Agrícola limitado Construcción forestal	Eficiente	Accesible	Poco favorable
5	16 - 35	Pendiente abrupta	Erosión intensa. Movimientos en masa intensos	Forestal	Eficiente	Poco accesible	Poco favorable
6	35 - 55	Pendiente muy abrupta	Erosión intensa. Movimientos en masa muy intensos	Forestal	Eficiente	Inaccesible	Desfavorable
7	> de 55	Pendiente extremadamente abrupta	Erosión intensa. Movimientos en masa muy intensos	Forestal limitada	Eficiente	Inaccesible	Desfavorable

TABLA 3. DISECCIÓN VERTICAL, CARACTERÍSTICAS MÁS SIGNIFICATIVAS (CABRERA, 2002)

Código	Rango en m/km ²	Nomenclatura	Procesos geológicos característicos	Uso del suelo	Drenaje	Accesibilidad	Factibilidad constructiva
1	0 - 2,5	Muy débilmente diseccionada	Pantanos, empantanamientos, inundaciones permanentes y temporales	Agrícola limitado	Deficiente	Inaccesible	Desfavorable
2	2,5 - 5	Débilmente diseccionada	Empantanamientos y encharcamientos temporales	Agrícola con algunas limitaciones	Poco eficiente	Poco accesible	Poco favorable
3	5 - 10	Diseccionada	Encharcamientos temporales	Cualquiera	Eficiente	Accesible	Favorable
4	10 - 20	Muy diseccionada	Erosión limitada	Cualquiera	Eficiente	Accesible	Favorable
5	20 - 40	Fuertemente diseccionada	Erosión intensa	Forestal	Eficiente	Poco accesible	Poco favorable
6	> de 40	Intensamente diseccionada	Erosión y fenómenos gravitacionales	Forestal	Eficiente	Inaccesible	Desfavorable

TABLA 4. DISECCIÓN HORIZONTAL, CARACTERÍSTICAS MÁS SIGNIFICATIVAS (CABRERA, 2002)

Código	Rango en km/km ²	Nomenclatura	Procesos geológicos característicos	Uso del suelo	Drenaje	Accesibilidad	Factibilidad constructiva
1	0 - 0,3	Muy débilmente diseccionada	Pantanos, marismas e inundaciones	Agrícola limitado	Deficiente	Limitada	Desfavorable
2	0,3 - 1	Débilmente diseccionada	Inundaciones temporales	Cualquiera	Eficiente	Accesible	Favorable
3	1 - 2	Diseccionadas	Erosión poco intensa	Cualquiera con limitaciones	Eficiente	Accesible	Poco favorable
4	2 - 3	Altamente diseccionada	Erosión	Agrícola limitado	Eficiente	Accesible	Poco favorable
5	> de 3	Intensamente diseccionada	Erosión fluvial intensa	Pastos y forestal	Eficiente	Limitada	Desfavorable