



PARTICULARIDADES EN LA EVALUACION DE RIESGO DE OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE LADERAS.

Ernesto Rocamora Alvarez

Grupo de Aguas Terrestres del Instituto de Geofísica y Astronomía, Calle 212 # 2906 e/ 29 y 31, La Coronela, La Lisa, Ciudad de La Habana, CP 11600, Cuba. Email: rocamora@geoastro.inf.cu

RESUMEN

La estabilidad de laderas es uno de los aspectos más importantes a ser considerados por los proyectos ingenieriles y un elemento básico en la evaluación ambiental de un territorio.

Dentro de los elementos más importantes, que tradicionalmente intervienen sobre la estabilidad de laderas, los especialistas han coincidido en identificar a aquellos que se relacionan con la inclinación del talud, las propiedades físico-mecánicas de los suelos y rocas, la estratificación y fracturación de los macizos, y las acciones antrópicas.

En recientes estudios de detalles, para la evaluación ambiental de extensos territorios, ha sido de mucha utilidad el análisis del nivel de influencia que, cada elemento, puede representar para un caso de estudio en particular. Este análisis se ha basado fundamentalmente en establecer un pronóstico de cambios en las propiedades físico-mecánicas de los suelos y rocas, por la acción de factores del Medio, y evaluado bajo los criterios de estabilidad de laderas.

Por otra parte se ha iniciado un proyecto de investigación (Proyecto FFG) el cual tiene entre sus objetivos más importantes el análisis de la interrelación que se establece entre elementos como la estratificación y la morfología local, con propiedades de estado de los suelos y rocas, y utilizado como fundamento básico para establecer pronósticos del fenómeno y diseñar medidas óptimas puntuales. Los primeros resultados, aún en fases tempranas de análisis, demuestran como el procesamiento de estas interrelaciones de factores, tienen una tendencia a posibilitar el tratamiento de particularidades en el análisis de estabilidad.

ABSTRACT

The slope stability is one of the more important aspects to be considered by the engineering projects and a basic element in the environmental evaluation of a territory.

Through the elements that intervene in the slope stability, the specialists have coincided in identifying those that are related with the inclination of the surfer, the rocks and soil physical-mechanical properties, the stratification and fracturation of the massif and the antropic actions.

In recent studies, for the environmental evaluation of territories, it has been of a lot of utility the analysis of the influence that, each element, it can represent in the case of study. This analysis has been based on establishing a presage of changes in the rock and soil physical-mechanical properties.

From other point of view an investigation project has begun (Project FFG) which has among its more important objectives, the analysis of the interrelation between the stratification and the local morphology, with soils and rocks properties. The first results, still in early phases of analysis, demonstrate as the prosecution of these factors, they have a tendency to facilitate the treatment of particularities in the stability analysis.



Introducción

Los problemas que presenta la estabilidad de taludes y laderas han sido objeto de análisis en varios dominios de la actividad humana y con especial atención en los incluidos en la ingeniería. Sin embargo dada la diversidad de tipos de inestabilidades que se producen, se hace necesario además, la comprobación de factores relacionados con los rasgos morfológicos e ingeniero-geológicos que constituyan elementos previos para un detallado análisis y la solución/corrección de las zonas afectadas.

Criterios y particularidades en la evaluación de riesgos

Los reconocimientos generales tienen un alcance predeterminado en la literatura especializada los cuales se sugieren para obtener una anticipación a los problemas de deslizamientos y roturas previsibles en una zona determinada. En estos estudios se llegan a establecer zonas susceptibles al deslizamiento, signos de movimientos antiguos, tipos de rotura y hasta una estimación de las profundidades de las superficies de deslizamiento.

En etapas mas avanzadas de las investigaciones, se llegan a detalles sobre las propiedades físico-mecánicas de los macizos y otros factores morfométricos e ingeniero-geológicos que influyen directamente en la estabilidad de laderas.

Estos factores analizados, condicionan la estabilidad y sugieren las posibles acciones para mantener índices de seguridad aceptables a la ocurrencia de los fenómenos descritos.

Si bien es importante la evaluación de las zonas susceptibles a deslizamientos, también es importante determinar el nivel de riesgo de ocurrencia de estos fenómenos, caracterizado por el análisis de detalles de una serie de factores que intervienen en la dinámica del proceso. En estos análisis de riesgo se ha podido demostrar que son dos las direcciones principales, que se deben seguir durante el progreso de la investigación:

- 1- Establecer los criterios de estabilidad sobre la base de las condiciones de estado del macizo, considerando algunos elementos del sistema pero generalizando otros. Este aspecto es el más común dentro de las investigaciones ingeniero-geológicas a obras ingenieras relacionadas con laderas o taludes, donde el nivel de generalización de los factores y propiedades del macizo estará en dependencia de la categoría de proyecto de la obra y la apreciación del investigador.
- 2- Establecer los criterios de estabilidad sobre la base de las capacidades de transformación o cambio que puedan ocurrir en las propiedades de los suelos y rocas que conforman al macizo o su morfología, por la acción de factores meteorológicos o antrópicos. Este aspecto ha ganado importancia en los estudios ambientales territoriales, como criterio de pronóstico de la ocurrencia del deslizamiento. Tanto es así que entre los objetivos del proyecto "Pronóstico de ocurrencia de fenómenos físico-geológicos a partir de su evaluación ingeniero-geológica (Proyecto FFG)", se destaca la conformación de un método de evaluación cuantitativa del riesgo de ocurrencia y vulnerabilidad local a los movimientos de masas en laderas y taludes, partiendo de estos factores del Medio.



Si analizamos este último aspecto descrito anteriormente, tomando para ello los resultados de ensayos del laboratorio de mecánica de suelos, realizados en muestras de suelos que debían quedar saturados por la construcción de un complejo hidráulico, podemos observar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas que van a intervenir en los cálculos de estabilidad de taludes.

Tabla I- Parámetros físico-mecánicos de un suelo limo-arcilloso en estado natural y saturado

Parámetro	Estado natural	Estado de saturación
Humedad natural, %	22	37
Densidad húmeda, g/cm ³	1.75	1.70
Saturación, %	60	99
Cohesión, Kg/cm ²	0.47	0.28
Angulo de fricción interna, grados	16	14
Hinchamiento libre, %	5	0

Uno de los aspectos más significativos es la relación que se establece entre el % de humedad del suelo y su hinchamiento, si se tiene en cuenta que en estas condiciones es significativo el decrecimiento de otros parámetros de resistencia (Figura1).

Partiendo de estas condiciones analizadas, el análisis que se propone para la determinación del riesgo de ocurrencia de deslizamiento en laderas y taludes, esta basado en un primer factor, dado por la interrelación entre la heterogeneidad litológica del macizo, el estado de las propiedades físico-mecánicas de las capas de suelos y rocas, y el ángulo de talud. Este criterio exige de una evaluación detallada, donde es precisamente la generalización de la dinámica del fenómeno la que induce al principal error en los cálculos de estabilidad, o se minimiza el verdadero grado de influencia de un factor dentro del proceso.

Estas consideraciones se explican con casos de estudios, sobre los cuales se está basando el citado Proyecto FFG.

Un primer ejemplo de estudio ha sido evaluado en el Valle el río San Juan, Provincia de Pinar del Río, donde la ladera de una montaña con inclinación de 65-70° (Figura 2a), está conformada por una capa **A** de sedimentos eluviales, que como capa de intemperismo de solo 1.00-1.50 m de espesor, cubre las calizas fracturadas de la capa **B**.

El análisis de estabilidad global en la sección descrita (figura 2b), demostró que el talud es totalmente estable a un deslizamiento circular por su base (CS=1.78) y que al considerar la saturación de esta capa, por la construcción de un embalse aguas abajo, el CS solo decrece hasta 1.42. Sin embargo si se particulariza el análisis y se tiene en cuenta un posible deslizamiento por reptación de la capa **A** (figura 2c), el riesgo de ocurrencia es nulo (CS=1.60) para condiciones naturales, llegando a ser alto para condiciones de saturación de esta capa (CS=1.14) al quedar inundada por el NAN de la Presa proyectada. Es de destacar que para el caso que se analizó, el volumen de material que se hubiera



deslizado, hacia la presa, alcanzaría los 20000 m³, lo que podría haber provocado una situación muy peligrosa.

Otro caso que llama al análisis, partiendo de la misma interrelación de factores descrita anteriormente, y está representado en la figura 3a. Ahora el talud fue conformado para la construcción de un vial en una zona montañosa, estableciendo un CS para la estabilidad de dicho talud al deslizamiento circular por la base, no inferior a 1.50. Para el caso de los suelos limo-arcillosos de la capa **A**, de acuerdo a sus condiciones naturales de yacencia, el CS era también suficientemente alto, pero sin embargo en períodos de intensas lluvias ocurrían deslizamientos locales considerables, que muy a menudo también abarcaba y algunos volúmenes de la capa **B** (Figura 3b).

La dinámica del fenómeno para estos suelos de cobertura, estaba relacionada con su saturación, que condicionaba un deterioro de hasta un 30% de sus propiedades físico-mecánicas. Este análisis a escala de laboratorio demostró que estos suelos de cobertura, con mas de un 70% de saturación, disminuía su Cohesión, densidad y ángulo de fricción interna, lo suficiente para que el CS calculado quedara algo por debajo de 1.00, lo que daba respuesta al fenómeno descrito. A su vez, la saturación de esta capa **A** implicaba presiones adicionales sobre la capa **B**, que en los bordes del macizo, por las alteraciones en los materiales debido a los cortes realizados y las fracturas, establecía un desequilibrio que terminaba en el deslizamiento local.

Un tercer caso que llamó nuestra atención por la dinámica de ocurrencia del deslizamiento, está asociado a viales que se construyen en las laderas de montañas, las cuales fallan por superficies profundas provocando la destrucción de estas obras ingenieras. Estos deslizamientos profundos, se ha comprobado que también están relacionados con el deterioro de las propiedades geotécnicas de los materiales de las laderas, no previstos en las etapas preproyección y además, por el cambio en las condiciones de equilibrio por el balance de masas en la ladera (figura 4).

Otra situación muy común son los cálculos de estabilidad de una ladera, donde ya ocurrió un deslizamiento antiguo y sus indicadores morfológicos han desaparecido. Aquí se hacen necesario una serie de criterios sobre la superficie antigua del deslizamiento relacionado a las causas de que ocasionaron, y la nueva morfología. Solo sobre estos factores se podrá llegar a una aproximación de las relaciones de equilibrio existentes y la estabilidad actual.

Estos criterios de estabilidad aplicados al pronóstico del fenómeno, hacen que la evaluación del riesgo de ocurrencia requiera de un análisis de detalle, basado sobre el estudio de elementos y particularidades de los materiales implicados, y que debe ser incluido en las condicionantes del diseño del proyecto ingeniero, o el estudio ambiental de un territorio.

Sin embargo de esta misma forma, la ocurrencia de fenómenos físico-geológicos está asociada a otras cuestiones, como por ejemplo la urbanización, donde el elemento detonante del deslizamiento lo constituye la acción antrópica. En estos casos la estabilidad de la ladera predeterminada es suficiente a las condiciones iniciales y de explotación, sin embargo modificaciones en la geometría y morfología de la superficie del talud, o dentro del radio de acción de las fuerzas que mantienen el estado de equilibrio del



macizo, condicionan la ocurrencia del fenómeno. Estas cuestiones para ser considerados en los nuevos criterios de estabilidad y poder ser integrado a los métodos de pronóstico, sugieren un tratamiento sobre el área que abarca la relación de fuerzas actuantes sobre el equilibrio de la ladera o talud. Este aspecto, en las condiciones descritas, puede complicarse por otras cuestiones relacionadas por empujes de estructuras aledañas, diseño de las cimentaciones de las obras cercanas, etc.

Otro aspecto que se quiere considerar para la evaluación del riesgo de ocurrencia de deslizamientos, esta relacionado con la evaluación geomecánica de los macizos, partiendo de los elementos tradicionales, pero siguiendo la dinámica del fenómeno.

Aquí, apoyados en las clasificaciones de RMR y considerando nuevas condiciones de estado para el macizo, llegar a un pronóstico de alteración de los parámetros considerados para la evaluación, principalmente asociados al agrietamiento y los flujos de aguas a través de ellos.

Nota final

El análisis de la estabilidad de laderas y taludes, bajo los conceptos descritos, permitirá una mayor aproximación a la dinámica de los fenómenos de deslizamientos, lo cual aplicado a estudios ambientales constituirá una herramienta para la evaluación de riesgo de ocurrencia de estos fenómenos.

Asimismo estos criterios de pronóstico del comportamiento de los factores ingeniero-geológicos ante eventos meteorológicos y acciones antrópicas, a partir de los cuales se llegará a definir la estabilidad, detallará aspectos relacionados con la selección de medidas para minimizar o anular la posibilidad de ocurrencia del fenómeno. Por otra parte, estos criterios llevados a método de pronóstico, permitirá la confección de mapas de riesgo y vulnerabilidad de regiones, como elemento de partida a la ejecución de obras ingeniera y planes de emergencia ante eventos extremos.

Bibliografía

- Chacon, J.; Irigaray, C. y Fernandez, T.(1996): **Landslides**. Proceeding of the VIII International Conference and field trip on Landslides. Granada, España.
- Sociedad Española de Mecánica de Suelos y Cimentaciones (1993): **Geotecnia de Presas de materiales sueltos**. Zaragoza, España.
- CEDEX (1999): **Módulo de Geotecnia Ambiental**. I Master Internacional de Geotecnia e Ingeniería de las Cimentaciones. Madrid, España.
- CEDEX (1999): **Modulo de Geotecnia Vial**. I Master Internacional de Geotecnia e Ingeniería de las Cimentaciones. Madrid, España.



- Lomtadze, V.D. (1983): **Geología aplicada a la ingeniería, Geodinámica aplicada a la ingeniería.** Vneshtorgizdat, Moscu.
- Rocamora Alvarez, E (1994): **Deslizamientos, algunas consideraciones para su evaluación como fenómenos físico-geológicos.** Segundo Congreso Cubano de Minería y Geología. Cuba.
- Rocamora Alvarez, E (1996): **Descripción de algunos fenómenos físico-geológicos en investigaciones ingeniero-geológicas de obras hidrotécnicas por interpretación geólogo-geofísica.** Memorias III Simposio de Geofísica. Ciudad de La Habana. Cuba.
- Rocamora Alvarez, E. y Portuondo López, Y. (1998): **Los fenómenos físico-geológicos en la evolución del relieve regional. Caso de estudio Sierra de Quemado.** Memorias del I Taller Internacional de Grandes Sistemas Subterráneos de Cuba, El Caribe y Centro América, Cuba.

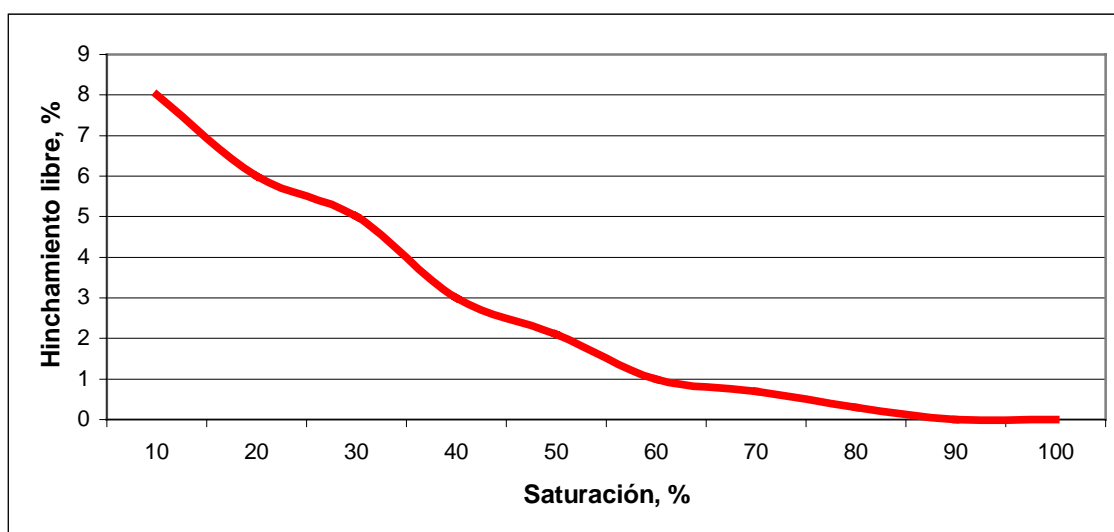


Figura 1- Relación entre el grado de saturación del suelo y el hinchamiento libre (valores ajustados)

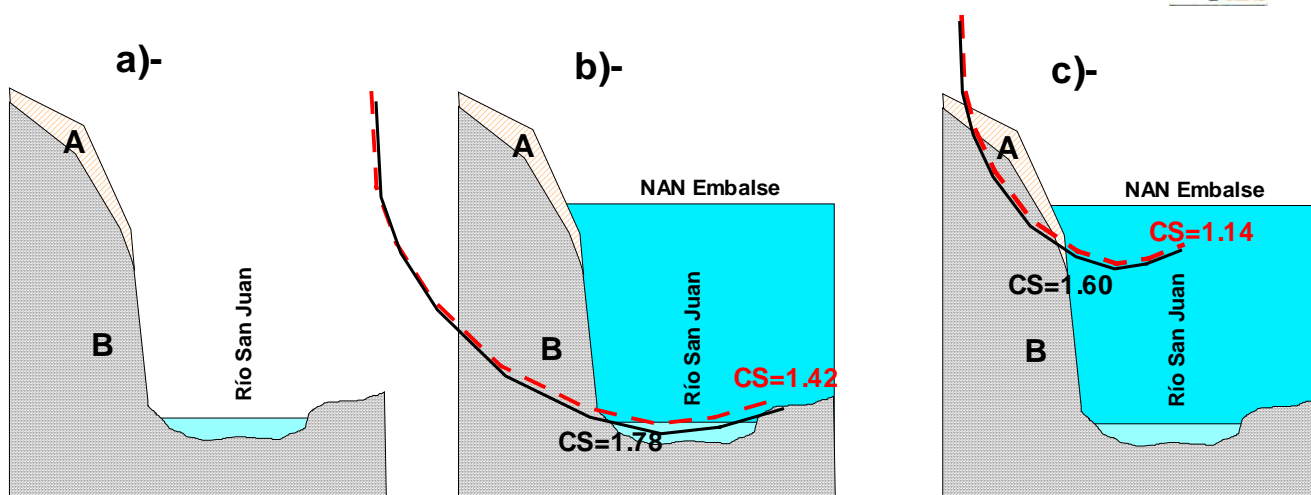


Figura 2- Criterios de estabilidad evaluados considerando las condiciones de estado del macizo con la construcción de un embalse.

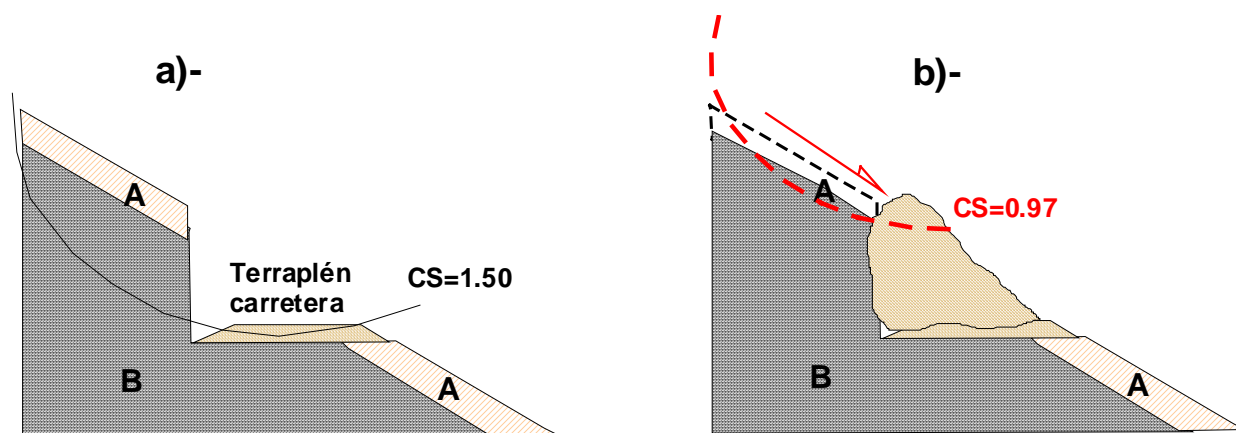


Figura 3- Criterios de estabilidad de suelos de coberturas en desmontes para proyectos de viales en zonas montañosas

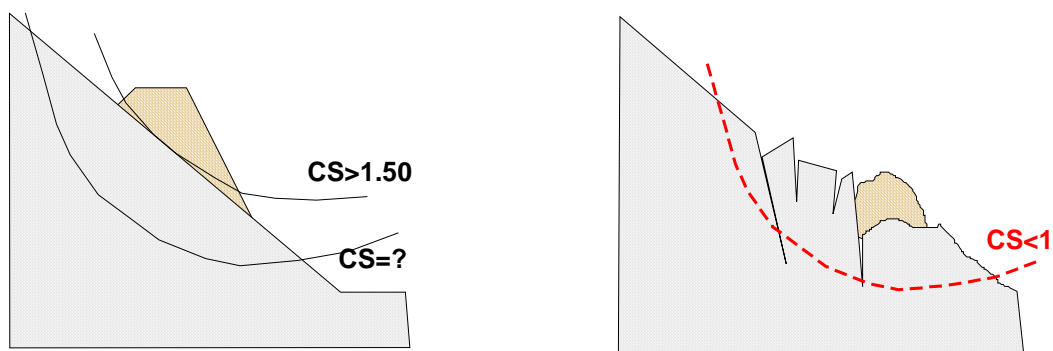


Figura 4- Criterios de estabilidad de terraplenes en laderas de montañas, como elemento adicional en el caso de deslizamientos profundos.



ESTUDIO DE LA PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTO EN LA MINA DEL YACIMIENTO PUNTA GORDA, EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA DE MOA.

Rafael Guardado Lacaba y Yuri Almaguer Carmenates.

Departamento de Geología, Facultad de Geología y Minas, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. CP. 83329. Email: rguardado@moa.minbas.cu y yalmaguer@moa.minbas.cu

Resumen:

La existencia de taludes inestables conformados por suelos lateríticos cohesivos y de alta humedad dentro de la mina en el yacimiento ferro niquelífero de Punta Gorda presupone una amenaza, que se manifiesta por la ocurrencia de deslizamientos en el medio natural. El desarrollo de la actividad extractiva contribuye a la formación casi generalizada de macro deslizamientos que generan un alto riesgo en la actividad minera. El presente trabajo brinda un análisis ingeniero geológico del medio. Los autores basan sus criterios en los estudios geológicos, geotécnicos y geomecánicos del terreno, aplicando métodos de evaluación de riesgos los que se han tenido en cuenta para la determinación de los niveles de estabilidad y de su influencia en el colapso del talud.

El trabajo centro sus objetivos en la caracterización geomecánica del macizo serpentinitico, el estudio hidrogeológico del macizo rocoso y la evaluación de la estabilidad de taludes. Para cumplir estos objetivos se ha trabajado según la metodología de evaluación ingeniero geológica establecida para estos casos.

Como resultado, el trabajo brinda el análisis geomecánico del macizo rocoso basado en los ensayos de campo y laboratorio, la generalización de la propiedades físico mecánicas de los suelos y rocas, la influencia de las dislocaciones tectónicas, se brinda además las características acuíferas de las rocas del yacimiento y el análisis de la peligrosidad basado en la estabilidad de los taludes. Por ultimo se brinda los criterios de mitigación y de estabilidad de los taludes del yacimiento de la mina

Palabras claves: Peligros y riesgos geológicos, Ingeniería geológica, estabilidad de taludes, geomecánica, suelos lateríticos.

Abstract.

The aim of the work was the engineering geology, and geomechanic assessment of the Punta Gorda Moa Nickel Ore open - pit mine (Cuba) taking into account the geological, geotechnical, hydrogeological and geomechanical parameters and engineering geology condition. Realistic input geomechanical parameter values are usually taken from such available resources as field reconnaissance data, geotechnical, inventories, landslides inventories, maps, other data for the study area. In this paper authors identify the potential geology hazard by landslides, obtain the probability risk, identify the consequence to resources within the polygon and assign or calculate a risk value as function of probability and occurrence. The hazard/risk assessment can be available for other mining exploitation in similar condition. Stability calculation enable the comparison of several approach and calculation geomechanical and geotechnical methods. Finally, this engineering geology study enable the proposition of several solution to archive wall stability, with need further economic evaluation to find the optimal solution.



LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT USING THE HEURISTIC MODEL

Enrique Castellanos Abella⁽¹⁾, Cees Van Westen⁽²⁾

(1) Instituto de Geología y Paleontología (IGP), Vía Blanca y Carr. Central, San Miguel del Padrón, CP 11000, Ciudad de La Habana, Cuba, Teléfono: 55-7232, e-mail igpcnig@ceinai.inf.cu

(2) International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences, Hengelosestraat 99 P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands, westen@itc.nl

ABSTRACT

The landslide hazard maps can be created by many different ways. There are various methods groups more common including the heuristic, statistics and deterministic methods. The implementation of these methods it is always affected by the data availability with the required precision for the final scale. On the other hand, the optimum model for the hazard mapping should be able to map areas with certain probability of occurrence for certain period of time and with certain magnitude. In other words: to combine spatial, temporal and magnitude probability in only one model considering the possibility of more than one triggering factor. Such models are still under research and still can take some time to be really operational.

More frequently, the landslide hazards maps show qualitative classes like LOW, MODERATE, HIGH. These maps present some how the expert knowledge in these subjects. This work explains the development of a heuristic model from which landslides hazard maps can be created. The heuristic model considers a hierarchical organization of the components and different methods for weight assignment for the expert.

The hierarchical heuristic model is part of the decision support systems (DSS). In this case it is propose for spatial decisions, where the components of the decisions are georeferenced variables by themselves. For this the resulting algorithm of decision support systems is generic and may be apply to other fields like the evaluation of potential mineral for certain industrial mineral or as a decision support system for natural disasters. The algorithm can be implemented in any geographic information systems, depending on its possibilities for overlay maps in raster format and its capacity to process multiple variables.

Introduction

Mapping landslide hazard has become a complicated matter when the purpose is to do it seriously. Although many methods have been implemented a reliable determination of areas with different probabilities of landslide occurrence is always affected by the availability of the data. Most of the time the available data are not enough or the accuracy is not appropriate. On the other hand, the optimal hazard-mapping model should be able to map areas with certain probability of occurrence for certain period of time and with certain magnitude. In other words, combine spatial, temporal and magnitude probability in one model considering also the possibility of more than one triggering factor. Such models are still under research and may take some time to be really tested.

Most often the landslide hazard maps show areas with qualitative classes as LOW, MODERATE and HIGH and some considerations regarding the landslide expectancy and the land use development in such areas. To consider that these maps are not useful may be a wrong approach



since these maps somehow present expert knowledge on the subject. To reach the hazard-mapping goal different ways may be used. In this research a Heuristic Analysis method was used in order to obtain the final hazard map. The selection of this method was done considering that:

1. Once a TMU map has been created, the use of this map in the statistical analysis methods will produce a biased results because of the strong spatial correlation between the landslide inventory map and one (or some) class(es) in the TMU map.
2. The use of any deterministic analysis methods needs more detailed scale maps and some engineering parameters. Both of them were not available in this research.

Due to the geological and geomorphological characteristics of the evolution of Cuba, the territory presents a "mosaic-type" configuration (Magaz, 1996). Meaning that in relative small areas the physic-geographic conditions have a high variability and therefore, the morphogenetic processes and landforms have large spatial and temporal diversity.

Large landslides are not predominant in Cuba, which is different from many other countries. Large landslides are not expected to be of regional importance because there are not enough weak materials like volcanic ashes. Also the thickness of the weathering crusts and the layers of detritus are not large enough. In Cuba denudational surfaces are predominant with a shallow weathering crust. These surfaces are related with a strong "erosional period", which occurred since early Paleogene during the three transgression-regression phases. For that reason landslides in large proportions causing significant damage or changing abruptly significant landforms are less possible. However, small landslides associated to slopes are more common in mountain regions where weathering processes have played an important role. Although the average size of individual landslides is small, in some parts many landslides have occurred related to tectonically weak areas generating regional or large problems. This is especially true for the study area where a large tectonic scarp (Caujerí Scarp) together with other factors have produced a large landslide zone.

This paper explains the implementation of a Heuristic model for landslide hazard mapping. The study area, San Antonio del Sur municipality and its surrounding contain such contrasting characteristics. The area is located at 60 kilometers of the capital's province Guantánamo with an extension of 600 square kilometers. The figure 1 shows the location of the study area.

The Main Causative Factors for Landsliding

The study area presents particularities in relation with the landslide occurrence in the sense that most of the landslides are concentrated in specific regions. The existing landslides can be found in the regions like: Coastal hills, denudational slopes boundary and Caujeri scarp. From this geographic behavior it can be inferred that the causative factors for the landslides are also located in these three areas.

After analyzing the three existing landslide areas it is recognized that the extensional faulting has played an important role in the location of the current landslides especially in the Denudational slope boundary and in the Caujerí scarp. Both areas present large tectonic scarps. In denudational



slope boundary instead of one fault scarp there are a number of scarps (at least three) due to a sequential normal faulting. Although tectonic features are present in the coastal hills it does not appear to be the most influencing factor. Dating these fault systems requires a detailed structural tectonic study, which will be also useful for describing in more detail its influence on the landslide occurrence.

In relation with the tectonics the general and recent uplifting of the area is important. This vertical movement seems to have created an imbalance between the landform generation (by the uplift) and erosional processes. As a consequence the instability of the slopes generated gravitational movement as landslides. This phenomenon happens especially in the coastal hills.

The lithology plays an important role in landslide occurrence especially the limestone layers, which are near horizontally overlaying the terrigenous material of the Maquey formation. Karst processes are present in the limestone rocks with different intensities following the joint and fault directions. When the karst processes have dissolved enough limestone the surface water start to have direct influence on the underlying terrigenous material.

Groundwater is also an important factor in the study area. Due to the active tectonics the area can be subdivided in different blocks with different groundwater levels. The groundwater in the Limestone Hill area is affected by the karst processes but in general the water table is much higher than in the surrounding: the Caujerí Depression and the Denudational slopes. It can be recognised by the positions of the springs along the Caujerí scarp and even in the Limestone Hills itself. It seems when the water table rises in the rainy season the lateral hydrostatic pressure in the Limestone Hills can generate landslides (Figure 2), especially during intensive rainfall usually associated to the hurricane season in October and November.

The influence of the precipitation can be analyzed in two ways: in the short term, during intensive rainfall and in the long term, during the annual seasons. The precipitation is recorded as one triggering factor for landslides in the study area. In fact intensive rainfall during a hurricane triggered the only two landslides with known dates in the study area. During the year the area has extreme different conditions. In the dry season it is very dry (few centimeters rainfall per month) and in the rainy season it is rainy almost all days. This situation, together with the high temperature and humidity contributes strongly to the chemical and physical weathering fragmenting the rocks into blocks, which later fall down slope.

As was mentioned before earthquakes have been recognized as one of the triggering factors and for that reason they are also considered in the research. However, there are no landslide records that allow to establish a relationship between earthquakes and landslides in the study area.

Summarizing the main causative factors it is possible to separate them into two groups. The triggering factors, which act suddenly, and the intrinsic factors, which during a long term period "prepare" the landforms conditions for landslide occurrence. Figure 3 shows a diagram in which these factors are separated in these two groups. As can be seen, there is a certain relation between

both groups because the rainfall has a strong influence on karst processes, the seasonal climatic changes and the groundwater table and earthquakes are related with the general uplift and the tectonic faulting.

The Heuristic Landslide Prediction Model for the Study Area

For evaluating the areas where landslides can occur a heuristic analysis was used. The method was classified as a Qualitative Weighted method (van Westen, 1993). The general idea is to assign weights to a number of maps, which are considered as important variables in the occurrence of Landslides. After assigning weights a combination formula is used to integrate all the weights and produce a final map. The final map is classified into a number of classes and the hazard areas are mapped according to the expert opinion.

The general procedure is shown in Figure 4. The different steps follow more or less the decision support system (DSS) methodology (Saaty, 1996). The first step was to select the components of the model and characterized them. The components of the used model for landslide hazard mapping in the study area are shown at the lower level of the tree structure in Figure 5. The components were organized in a tree-shaped structure and ranked according to their importance to generate landslides. The upper level of the components was called *criteria* (in ranked order): 1) Geomorphology, 2) Topography, 3) Geology, 4) Tectonic and 5) Hydrology. The *variables* (components) with sub-ranking per *criteria* are as follows:

For geomorphology: 1.1) Landslides zones and 1.2) Geomorphological subunits

For topography: 2.1) Slope, 2.2) Internal relief and 2.3) Shape

For hydrology: 5.1) Spring and 5.2) Drainage distance

Because the other *criteria* only have one variable they do not need to be ranked. The *variables* used are described in Table 1. The description "**relation**" can be either *benefits* or *costs* depending on the relation of the variable with the possibility of landslide occurrence. Consequently *benefits* means "the higher the better" (for example: high slope, high possibility of landslide occurrence) and *costs* "the higher the worst". The class boundaries in case of numerical *variables* were selected taking 25 cumulative percentage of the histogram. The *classes* are shown in Table 4. The description "**Scale**" is referring to the scale of measurement (Bonham-Carter, 1996).

Variable	Origin	Scale	Units	Relation
Slope	From the original DEM using the methodology of ILWIS	Interval	Degrees	Benefits
Internal Relief	From the original DEM using the methodology of ILWIS	Ratio	Meters/hectares	Benefits
Shape	From the original DEM using the methodology of ILWIS	Ratio	No meaning. >0 concave, 0 straight, >0 convex.	Benefits
Geology	By reclassifying the TMU map	Categorical	N/A	N/A
Faults	Calculating a distance from the fault map and classifying in four classes	Ratio	Meters	Costs
Springs	Calculating a distance from spring points and classifying in four classes	Ratio	Meters	Benefits
Drainage Distance	Calculating a distance from the drainage map and classifying in four classes	Ratio	Meters	Benefits
Geomorph. Subunits	By reclassifying the TMU map	Categorical	N/A	N/A

Landslides subzones	By reclassifying the TMU map	Categorical	N/A	N/A
---------------------	------------------------------	-------------	-----	-----

Table 1. Variable used in the prediction model. See text for explanation. (N/A-No Applicable)

The methodology for assigning weights in different levels is according to the Analytic Hierarchy Process (AHP) developed at the Wharton School of Business by Thomas Saaty (1996). The advantages of this method include:

- Allow the application of data, experience, insight and intuition in a logical and thorough way.
- Enables derive ratio scale priorities or weights as opposed to arbitrarily assigning them.
- Accept to incorporate both objective and subjective considerations in the decision process.
- The heuristic model is better structured and easily to compare group of elements.
- Avoids more humans' mistakes because the assigning weights consider fewer elements.

Once all the variables were characterized and classified in four classes the weights were assigned in the three corresponding levels: the criteria, the variable and the classes. For assigning the weights a Microsoft Excel application was created. In the application all the criteria, variable and classes with their weights were listed in tables and a simple weight summation formula was applied to test how the weights will result in the final landslide hazard map. Changing weights interactively permits to have an idea how the model will run for a single pixel and it is possible to check the extreme values and the average conditions. Weights were assigned by expert opinion, which is called Direct Method in decision support system jargon. For checking the weight assignment a decision support system called Definite was used (Janssen, 1994). The idea was to use two more weight methods and compare those methods with the expert opinion. The methods are the pairwise comparison matrix and the ranking methods (Janssen, 1994).

	Direct Method		Pairwise Matrix		Ranking method	
Topography	0.3		0.224		0.257	
Slope		0.7		0.7		0.7
Internal Relief		0.2		0.2		0.2
Shape		0.1		0.1		0.1
Geology	0.2		0.131		0.157	
Formation		1		1		1
Tectonic	0.05		0.040		0.065	
Active faults		1		1		1
Hydrology	0.05		0.038		0.065	
Spring		0.5		0.5		0.5
Drainage density		0.5		0.5		0.5
Geomorphology	0.4		0.566		0.457	
Subunits		0.4		0.4		0.4
Landslides zones		0.6		0.6		0.6
Total for criteria	1		0.999		1.001	

Table 2. Weights for criteria and variables using three methods

The pairwise comparison matrix is a matrix where each variable (or criteria) is compared to all other variables in order denote whether they are equally significant, or whether one of them is somewhat more significant / better than the other for the goal concerned. The ranking method simply means that the variables are ranked. In addition, it is assumed that theses ranking can be considered as units on a cardinal scale. Consequently the weights can be easily found by standardizing the rank order (Voogd, 1983). Table 2 shows a comparison of the three methods, as can be see the results

are very similar. For the pairwise comparison matrix method the inconsistency value was 0.08%, demonstrating that the weights are reliable enough. The inconsistency is a parameter to measure how randomly the expert judgements are. The value has a range from 0 to 100% and normally, inconsistency values below 10% are acceptable. As a conclusion the initial weights assigned by expert opinion were taken for the analysis.

Classes	Weights intervals for the Hazard map				
	4 classes	6 classes	10 classes		
	Intervals	Intervals	Intervals	Area	TMU
1	0.500-12.275	0.500-8.350	0.500-5.160	14189.310	88
2	12.275-24.050	8.350-16.200	5.160-9.820	4176.3	40
3	24.050-35.825	16.200-24.050	9.820-14.480	18106.85	125
4	35.825-47.100	24.050-31.900	14.480-19.140	18360.87	97
5		31.900-39.750	19.140-23.800	2013.13	85
6		39.750-47.100	23.800-28.460	1702.47	87
7			28.460-33.120	968.78	77
8			33.120-37.780	718.59	59
9			37.780-42.440	291.42	36
10			42.440-47.100	439.36	24

Table 3. Weights intervals for the three hazards maps

Because the weights were assigned in three levels and the GIS used only can process one level at the time, the two upper hierarchical levels (*criteria* and *variable*) were multiplied by the lowest level (the *classes*) in order to get one final weight per class. The ranges of the weights were different. In the *criteria* and *variable* levels the weights ranged from 0 to 1 and the total sum must be equal 1 within the level and the criteria. As a result, the sum of all *criteria* weights must be equal to 1 and the sum of weight within the Topography criteria must be also equal to 1. The weights for the *classes* level were ranged from 1 to 100 and the also the total weight values within a variable must be 100. Table 4 shows the initial weights assigned to each class and the final weights after multiply by its correspondent upper levels. For example, the slope class shp4 (>20.37 degrees) have 50 multiply by Slope variable (0.7) and by Topographic criteria (0.3) is equal to 10.5, which is the final weight. When all the weights were assigned to each class the model was completed and executed. As a result several areas received weights in the range from 0.500 to 47.100. The next step was to re-classify the final hazard map in order to get an understandable number of classes.

Variable	classes	Intervals	Initial weight	Final weight
Slope	Slp4	>20.37	50	10.5
	Slp3	>15.81,=<20.37	30	6.3
	Slp2	>10.41,=<15.81	20	4.2
	Slp1	>0.00,=<10.41	0	0.0
Internal Relief	Inre4	>19.34	50	3.0
	Inre3	>14.41,=<19.34	30	1.8
	Inre2	>9.49,=<14.41	20	1.2
	Inre1	>=0.00,=<9.49	0	0.0
Shape	Shp4	>0.60	50	1.5
	Shp3	>0.00,=<0.60	30	0.9
	Shp2	>-0.70,=<0.00	10	0.3
	Shp1	>-14.00,=<-0.70	10	0.3
Geology	Maquay	94 TMU	30	6.0
	Colluvial	197 TMU	50	10.0
	Maya	29 TMU	10	2.0
	Yateras	107 TMU	10	2.0
	Otherwise	176 TMU	0	0.0
Fault	Falla4	100	50	2.5



	Falla3	100-500	30	1.5
	Falla2	500-1000	20	1.0
	Falla1	>1000	0	0.0
Spring	Spring4	100	50	1.25
	Spring3	100-500	30	0.75
	Spring2	500-1000	20	0.5
	Spring1	>1000	0	0.0
	Drain4	>735	10	0.25
Drain	Drain3	>304,=<735	10	0.25
	Drain2	>0,=<304	30	0.75
	Drain1	0	50	1.25
	Landslides	296	50	8.0
Subunit	Dissected	18	10	1.6
	Steeplly	50	20	3.2
	Marine	3	20	3.2
	Otherwise	236	0	0
	Scarp	77	40	9.6
Subzone	Scarpint	25	10	2.4
	Scarptec	4	20	4.8
	Body	24	10	2.4
	Scarpboddy	37	20	4.8
	Otherwise	436	0	0

Table 4. Initial and final weights per classes

Three final maps were prepared with 4, 6 and 10 hazard classes consequently with different arrangement of the weights. Table 3 shows the intervals for the weights for the three maps and the area and number of TMU is for the ten classes hazard map. Checking visually the final maps shows that the maps with 4 and 6 classes have lost much information already. On the other hand, using many classes like ten makes the final hazard map difficult to use for disaster management and planing. Therefore, the decision was to take as final map the hazard map with ten classes and provide in one map the ten classes for technical purposes and three classes for disasters managers which is in fact a grouping of the ten initial classes.

Once the final hazard map was selected the 10 hazard classes were overlain with the TMU map-database in order to get all the information about the attributes per hazard class. After getting the reports the difference between the classes was described using descriptive statistics. Additionally the ten classes were group into three hazard classes: LOW, MODERATE and HIGH hazard and remarks in relation to development possibilities in these areas were analyzed.

Table 5 shows the final landslide map legend with statistics per class. For each hazard class the number of landslides and area of landslides was analyzed. It clearly shows both the number and the area density of landslides is growing from class 1 to class 10.

Hazard	Hazard Class	Characterization	Landslides Hazard Remarks
L O W	Hazard 1 Min. weight: 0.50 Max. weight: 5.16 Number of TMU: 88 Lsd number: 0 Number density: 0 Total area: 8668.86 Lsd area: 4.7 Areal density: 0.000	1. Active, occasional and exceptional submerged floodplain. 2. Lower levels of marine terraces. 3. Swamp deposits and lagoon. 4. Alluvial valleys	No landslides expected in normal situation. Areas can be corridors for mudflows or other intensive mass wasting processes. In some parts small landslides can happen in extreme conditions.
	Hazard 2 Max. weight: 9.82 Number of TMU: 40 Lsd number: 0	1. Slightly to moderately dissected slopes. 2. Terrigenous hills complex.	The areas are suitable for development projects. However, it is recommend take into account other natural hazards like flooding.



Z A R D	Number density: 0 Total area: 4176.3 Lsd area: 0.75 Areal density: 0.000		
	Hazard 3 Max. weight: 14.48 Number of TMU: 125 Lsd number: 8 Number density: 0.064 Total area: 18106.85 Lsd area: 210.72 Areal density: 0.011	<ol style="list-style-type: none"> Moderate to severely dissected denudational slopes. Limestone hills complex. Accumulational slopes complex Existing landslides zones: <ul style="list-style-type: none"> Lower part of transport zone 	
M O D E R A T E H A Z A R D	Hazard 4 Max. weight: 19.14 Number of TMU: 94 Lsd number: 22 Number density: 0.234 Total area: 18360.87 Lsd area: 337.78 Areal density: 0.018	<ol style="list-style-type: none"> Metamorphic hills complex Higher level of marine terraces Existing landslides zones: <ul style="list-style-type: none"> Remnants of body surface Blocks in the body Side scarp with no recent activity. 	Moderate to high possibility of landslides occurrence during intensive or prolonged rainfall.
	Hazard 5 Max. weight: 23.8 Number of TMU: 85 Lsd number: 46 Number density: 0.541 Total area: 2013.13 Lsd area: 901.52 Areal density: 0.447	<ol style="list-style-type: none"> Steeply to very steeply face on the slopes. Existing landslides zones: <ul style="list-style-type: none"> Remnants of body surface Normal bodies Body-transport combination 	These areas contain most of the existing landslide zones. Most of the landslide materials are unconsolidated and susceptible for being reactivated in smaller proportions.
	Hazard 6 Max. weight: 28.46 Number of TMU: 87 Lsd number: 79 Number density: 0.908 Total area: 1702.47 Lsd area: 1427.58 Areal density: 0.838	<ol style="list-style-type: none"> Existing landslides: <ul style="list-style-type: none"> Normal bodies Remnants of body surface Intermediate scarps Side scarps Steeply to very steeply face on the slope. North slope of coastal hills complex 	No recommended development project or a detailed study needs to be done in the design of the project. Land use changes should be previously studied in relation to landslide hazard problem.
	Hazard 7 Max. weight: 33.12 Number of TMU: 77 Lsd number: 76 Number density: 0.987 Total area: 968.78 Lsd area: 962.44 Density: 0.993	<ol style="list-style-type: none"> Existing landslides: <ul style="list-style-type: none"> Bodies and scarp-body zones Moderate slope angles and internal relief 	
H I G H H A Z A R D	Hazard 8 Max. weight: 37.78 Number of TMU: 59 Lsd number: 59 Number density: 1 Total area: 718.78 Lsd area: 715.88 Areal density: 0.995	<ol style="list-style-type: none"> Existing landslides in coluvial deposits: <ul style="list-style-type: none"> Back scarp with no recent activity Bodies and scarp-body combinations Existing landslides in denudational slope scarps 	High to very high landslide hazard areas. A high possibility of landslide occurrence during raining conditions.
	Hazard 9 Max. weight: 42.44 Number of TMU: 36 Lsd number: 36 Number density: 1 Total area: 291.42 Lsd area: 289.88 Areal density: 0.994	<ol style="list-style-type: none"> Existing landslides areas in denudational slopes scarp: <ul style="list-style-type: none"> Back scarps with recent activity High slope angles and Internal relief. Coastal hills north scarp 	No development is recommended in these areas. Possible relocation of land for agricultural use. Highly recommended relocation of existing population in these areas
	Hazard 10 Max. weight: 47.10 Number of TMU: 24 Lsd number: 24	<ol style="list-style-type: none"> Existing landslides in Caujerí main scarp: <ul style="list-style-type: none"> Back scarps with recent activity Very high slope angles and 	



Number density: 1 Total area: 439.36 Lsd area: 438.54 Areal density: 0.998	internal relief
---	-----------------

Table 5. Final Landslides Hazard classes its statistics, characterization and hazards remarks

The characterization of the hazard classes was done taking into account the records in the database corresponding to each class. A selection of the particular characteristics was made for each class. Finally some remarks were also described in relation with the hazard degrees and with the development possibilities in these areas

The Landslides Hazard in the Different Areas

Although the landslide hazard zones cover the whole study area it was considered important to make a brief description of the landslide hazard for the three main landslide problem areas: the Coastal Hills, the Denudational Slopes boundary and Caujerí scarp.

Landslides harzads in the coastal areas

In general the older landslides of the study area can be found in the coastal hills. They are as old as pre-Holocene, when the new marine deposits started to be deposited along the shoreline. In the coastal hills both old and recent landslides can be found.

In the south side of the coastal hills continuously rockfalls and topples can be expected either from the marine terraces to the lower levels and along the small cliff to the sea. The continuation of these landslides is due to the continuos weathering going on in these areas.

In the north side of the coastal hills rotational landslides and debris flows can also be expected. In fact in some of the current north slopes the debris flows are active. It is also common, and therefore, expected to happen, that debris flows occurs in former rotational rock slides bodies.

Landslides hazards in the denudational slopes boundary

As was mentioned before the Denudational Slopes boundary is located in a tectonic scarp of a normal fault system with at least three steps. The fault system seems to be very active and it is the mains cause for landslide occurrence in this area. Because the lithology changes along the fault system, the landslides hazard is also different. The southwest part is characterized by limestone rocks highly influenced by karst processes especially in the upper parts. There, block fall slides and topples can be expected. Because the limestone rocks have been removed almost totally in the lower parts small rotational landslides in terrigenous rocks from Maquey and San Luis formation are expected. In the north-east part of the denudational slopes boundary the landslides are less common and this part seems to be more stable. Here, small rotational landslides may occur during intensive rainfall.

Landslides Hazards in the Puriales de Caujery Scarp

The scarp presents two main parts from the hazard point of view: the actual scarp and the deposited material of previous landslides. The actual scarp is where more dangerous landslides can be expected in the near future. Since the actual scarp is between 70 to 100 meters height on average, the angle of the slope is almost 90 degrees and the material is very susceptible for



erosion; the landslides hazard probabilities are very high. The hazard importance is not only related to the frequency of the phenomena but also with the magnitude of the expected landslide. In this area the larger landslides that may happen in Cuba can be expected together with another few areas in the rest of the island.

The second part of scarp in relation to landslide hazard is actually consisting of all landslides that can happen over the existing landslide bodies or rests in the scarp. These landslides are now mapped as colluvial deposits. Because the material is not consolidated this zone is very susceptible for the occurrence of new landslides, with influence in agricultural lands at the foot of the slope.

Conclusions

Two types of causative factors related to landslides affect the study area: the triggering and the intrinsic factors. They are strongly related each other. The Triggering factors are: the rainfall and the earthquakes and the intrinsic factor are: karst processes, general uplift, seasonal climatic changes, ground water table, lithological control and tectonic faulting.

For the landslide hazard map a heuristic analysis methods was used. In the model three hierarchical weights of level were used for classes, variables and criteria. The criteria and variables were ranked according to their influence in the development of landslides, and then all were weighted for 1-100 for classes and 0-1 for criteria and variables. Because the system only can at one level, all the weights were multiplied before the model was executed.

After the model was executed the final hazard map was classified in two ways for disaster management in three major classes and for technical research in ten minor hazards classes. The broad classification includes to the minor classification.

Bibliography

- Magaz, A. 1996. *Personal communication about 'The Particularity of the Gravitational Morphogenesis in Cuba'.*
- Van Westen, C. J. 1993. *Application of geographic information systems to landslide hazard zonation. ITC publication number 15, ITC, Enschede 245 p.*
- Saaty, T.L. 1996. *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw Hill, 1980, reprinted by RWS Publications, Pittsburgh.
- Bonham-Carter, G.F. 1996. *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Pergamon, Elsevier Science Ltd. New York, 398 pp.
- Janssen, R. and M. van Herwijnen. 1994. *Multiobjective decision support for environmental management + DEFINITE Decisions on an FINITE set of alternatives*. Dordrecht. Kluwer, 132 pp.
- Voogd, H. 1983. *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*. London: Pion. 367 pp.

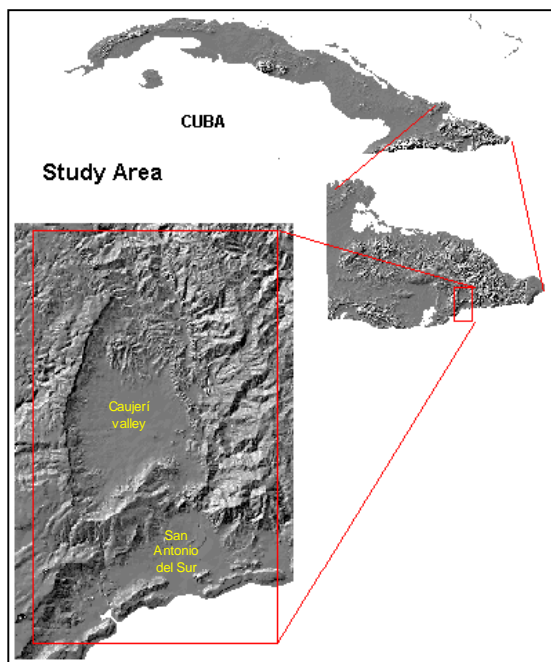


Figure No. 1 Study area. San Antonio del Sur and its surrounding.

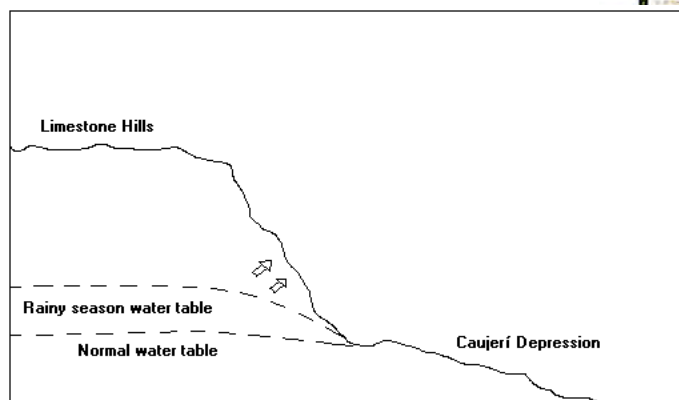


Figure 2. Lateral Groundwater pressure when water table rises.

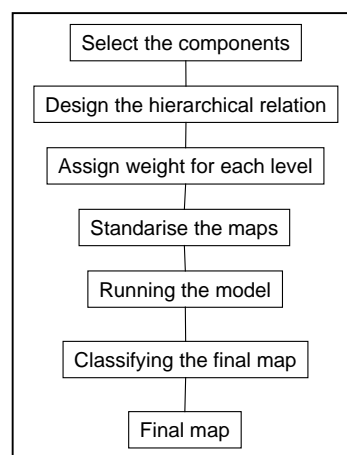


Figure 4. Flowchart for Heuristic landslide hazard analysis.

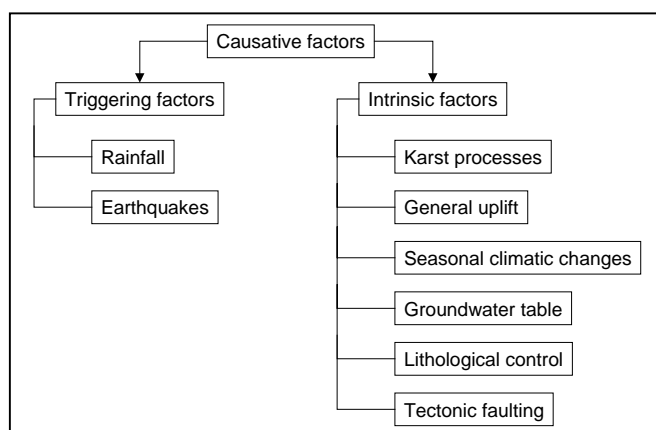


Figure 3. Causative factors for landslides occurrence in the study area.

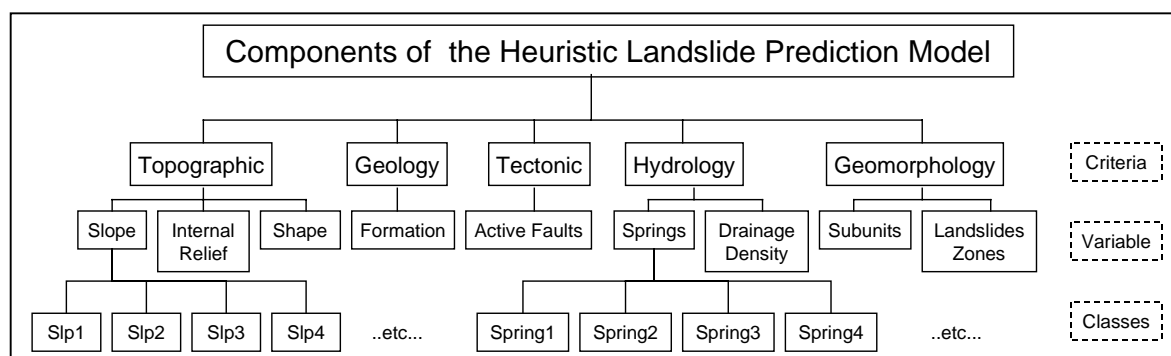


Figure 5. Components of the heuristic landslide prediction model.



EVALUACION DEL RIESGO SISMICO DE ZONAS RESIDENCIALES DE LA CIUDAD DE CUMANÁ, VENEZUELA

Bertha E. Gonzalez Raynal⁽¹⁾ y **Carlos Llanes Burón**⁽²⁾

(1) Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Dpto. Ciudad Habana
Calle 212 No. 2906 e/29 y 31, La Coronela, Lisa. CP 11 600, Ciudad de la Habana, Cuba

(2) PREMIDES/CECAT/ISPJAE Calle 127 S.N., Marianao, CP 19390, La Habana, Cuba
Llanes@cecat.ispaje.edu.cu

RESUMEN

En el trabajo se presentan los resultados de la evaluación del Peligro, la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico de tres zonas residenciales de la ciudad de Cumaná. Dicha ciudad, capital del Estado Sucre en la región norte oriental de Venezuela, fue afectada en Julio de 1997 por un sismo de $M_s=6,8$ ($I_{max}=8,0$ MM) con epicentro macrosísmico en las cercanías de la ciudad de Cariaco.

En las zonas residenciales analizadas, se produjeron daños ligeros a moderados en varias edificaciones. Los mismos se debieron fundamentalmente a las pésimas condiciones geotécnicas de los sitios donde están emplazadas y a efectos de resonancia dada la proximidad de los periodos de vibración de la superficie del terreno, y los periodos propios de oscilación de las estructuras.

Para la evaluación del riesgo se utilizó el método de los escenarios, evaluándose los efectos de tres prototipos de sismos. La selección de los mismos se basó en el análisis conjunto de la historia sísmica y las condiciones sismotectónicas regionales.

ABSTRACT

Results of seismic hazard, vulnerability and risk assessment for three communities located in the Cumaná City are presented in this paper.

Cumaná, the capital of the state of Sucre, in the northeastern part of Venezuela, was damaged in July, 1997 by a strong $M_s=6,9$ earthquake, with macroseismic epicenter located in the vicinity of the town of Cariaco, 80 km to the northeast.

In the researched communities, slight to moderate damages were observed, due mainly to bad geotechnical conditions of the sites in which they are settled and resonance effects because of the coincidence between predominant periods of earth surface vibrations and natural periods of building structures.

For seismic risk assessment, the method of earthquake scenarios was used, with the evaluation of effects of three hypothetical earthquakes likely to affect the city.

The selection of these earthquakes was based on the joint analysis of historical seismicity and regional seismotectonic situation.

1.INTRODUCCIÓN

La evaluación del peligro local, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de los asentamientos humanos posee gran importancia económico-social y es determinante en la toma de medidas preventivas para mitigar los efectos de estos desastres geológicos.

El trabajo que a continuación se expone fue realizado por los autores como parte de una misión de expertos del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil de Cuba, a solicitud de la Defensa Civil y la Fundación de Prevención Sísmica FUNPRIS del Estado Sucre.

Las zonas residenciales evaluadas se denominan Gran Mariscal de Ayacucho, Residencias "El Guanajo" y Terrazas Cumanesas.



2. SITUACION SISMOTECTONICA Y SISMOLOGICA DE LA REGION

La ciudad de Cumaná, capital del Estado Sucre se ubica en la parte norte oriental de Venezuela. La sismicidad de esta parte del País puede ser clasificada como de moderada a alta y está asociada en lo fundamental, al sistema de fallas "El Pilar". Este sistema de fallas transcurrentes diestra de dirección E-W está considerado como el límite actual de la Mesoplaca del Caribe y la Macropalaca de América del Sur. La velocidad promedio del desplazamiento relativo entre estas dos placas es del orden de 2-3 cm al año. Existe muy buena correspondencia entre las zonas del mapa sismicidad de Venezuela, donde han ocurrido sismos de 8 grados (escala de Mercalli-Cancané-Sieberg) y las principales zonas de fallas con las que se relacionan las principales zonas sismogénicas de ese País (Boconó, San Sebastián y el Pilar). Para dichas zonas se pronostican sismos cuyas aceleraciones pueden alcanzar valores superiores a 350 cm/seg.²

La historia sobre la sismicidad de Venezuela data de 1530. Desde ese periodo hasta la fecha, se han reportado 6 sismos muy fuertes con $M > 8,0$, cuyos epicentros se ubican en las inmediaciones de la ciudad de Cumaná (1530, 1766, 1629, 1797, 1853 y 1929). De estos sismos, los de 1853 y 1921 ($M \geq 9,0$), considerados como los mejor documentados, produjeron cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas, así como notables efectos en el terreno, entre los que se destacan la licuefacción, el fallamiento superficial, los asentamientos y los deslizamientos de tierra.

Para ambos sismos los fenómenos geológicos inducidos son similares y se localizan prácticamente en las mismas partes de la ciudad (Paige, S., 1930; Beauperthuy, D.; comunicación personal).

Además de los sismos propios (locales) de Cumaná, en esta ciudad han sido perceptibles, con relativa fuerza, sismos asociados a otras zonas sismogénicas como el de Caracas de 1900.

Las particularidades de los suelos de la ciudad de Cumaná, determinadas en lo fundamental por los aluviones del Río Manzanares que la atraviesa a todo lo largo de su territorio, con potencias considerables que superan en ocasiones los 100 m y predominio de la fracción arenosa en su composición, posibilitaron la perceptibilidad de algunos sismos tan lejanos como el de Bolivia del 8 de Junio de 1994 con intensidades de 3 grados en la escala MM.

El sismo de Cariaco del 9 de Julio de 1997, ubicada a 80 km al noreste de Cumaná, merece especial atención, por las afectaciones producidas en las zonas residenciales objeto de estudio.

Los parámetros de este sismo determinados por los especialistas del Centro de Sismología de la Universidad de Oriente radicada en Cumaná son los siguientes:

Tabla No I.- Parámetros del Sismo de Cariaco

Latitud	Longitud	M_b	M_s	M_w	h (km.)
10,545° N	63,515° W	6,0	6,8	6,9	10

Hasta el 15 de julio de 1997, se habían registrado mas 1 200 réplicas, varias de ellas perceptibles, distribuidas a ambos lados del evento sísmico principal Fig 1. La longitud mínima de la ruptura de

superficie fue de 30 km., entre el muelle de Cariaco y Casanay, y esta asociada con la traza activa de la Falla el Pilar.

En el epicentro macrosísmico (en las inmediaciones Cariaco), se reportó una intensidad de 8 grados MM. El epicentro instrumental se ubica cercano a este último y coincide geográficamente con la Laguna de Buenavista. Se reportaron también efectos de 8 grados en la localidad de Casanay.

Los daños en el poblado de Cariaco fueron importantes tanto en las viviendas rústicas como en varias de hormigón con problemas constructivos. Un ejemplo de ello fue la escuela primaria donde más de 35 personas quedaron sepultadas bajo los escombros, entre ellos 32 niños. En la visita realizada por los autores a dicho sitio, se pudo constatar que el colapso de la edificación se debió tanto a la fuerza de las sacudidas sísmicas como a la falla de los cimientos. Se detectaron serios problemas constructivos como por ejemplo placas excesivamente pesadas y gruesas, hormigón de baja calidad confeccionado con cantos rodados que disminuyen la fricción interna reduciendo la resistencia, lozas no reforzadas con acero en sentido transversal, estribos con diámetros más pequeños que los adecuados y otros.

Además, por estar la edificación construida sobre una antigua laguna, los suelos poco cohesivos al perder la capacidad portante, hicieron fallar los cimientos de la estructura.

En la zona pleistósísmica, se observaron efectos significativos sobre el terreno inducidos por el sismo como manifestaciones de aguas termales, fallamiento superficial (fracturas oblicuas a la dirección de la falla principal) licuefacción de los suelos arenoso arcillo-limosos del Holoceno, próximos a la costa, asentamientos y deslizamientos en las zonas de mayor elevación principalmente en los espejos de fallas y planos de esquistosidad de las rocas metamórficas.

Efectos observados en la ciudad de Cumaná

El sismo de Cariaco produjo también afectaciones considerables en la ciudad de Cumaná. A pesar de que en el mapa de isosistas confeccionado por FUNVISIS se evaluó la intensidad como VI grados MM, los autores constataron que los efectos en algunas partes de la ciudad debieron incrementarse en uno o dos grados. Se puede citar como ejemplo la zona donde estaba emplazado el edificio Miramar (de hormigón armado) que colapsó totalmente ocasionando la muerte a 35 personas.

Otro ejemplo es el de la urbanización "Gran Mariscal de Ayacucho" donde se observaron grietas en el terreno de dirección cuasiparalela a la de la falla "El Pilar", y en los pisos de la planta baja de varios edificios. Los mismos pertenecen al sistema constructivo Gran Panel.

3. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL PELIGRO SISMICO DE LA CIUDAD DE CUMANÁ Y LAS ÁREAS RESIDENCIALES

El análisis de la información anterior y los datos sobre el nivel de amenaza en función de la aceleración, suministrados por INTEVEP, (que realizó una estimación detallada del Peligro Sísmico para dicha región, con fines de exploración petrolera), permitió pronosticar para la ciudad de Cumaná aceleraciones de 400 cm/s² para una probabilidad de excedencia del 10% en un tiempo de espera de 100 años, y de 300 cm/s² para una probabilidad de excedencia del 10% en un tiempo de espera de 50 años.

Para un mayor precisamiento y posterior evaluación del peligro, los autores utilizaron la siguiente metodología que tomó en cuenta lo siguiente:

- La seguridad de las estructuras frente a las fuerzas dinámicas de los sismos máximos esperados
- La seguridad del sitio de emplazamiento de las mismas mediante la incorporación del análisis de la susceptibilidad de ocurrencia de fenómenos geológicos peligrosos que puedan conducir a fallas del terreno. En las zonas analizadas esto pudo tener una gran repercusión en la magnitud de los efectos sísmicos reportados históricamente.

La metodología posee un carácter determinístico y consiste en establecer, a partir del análisis conjunto de los datos geológicos y sismológicos disponibles, que terremotos pudieran afectar en mayor medida las áreas de interés.

Dichos terremotos son en este caso los siguientes:

a) Terremoto local con el foco en Cumaná o sus inmediaciones ($r < 30$ km).

Para este sismo se consideró una $M_{max} = 7,0$, debido a que la magnitud máxima calculada sobre la base de la longitud de ruptura de la Falla "El Pilar" y el espesor de la capa sismoactiva resultó igual a 7,0. La magnitud estimada a partir de los datos macrosísmicos por Paige (1930), para el gran terremoto de Cumaná de 1929 tuvo ese mismo valor.

b) Terremoto cercano en la zona Cariaco-Casanay, similar al ocurrido el 9 de Julio de 1997

Los parámetros asignados a este sismo fueron los suministrados por el Centro de Sismología de la Universidad de Oriente ($M_s = 6,8$; $h = 10$ km; $\Delta = 80$ km.)

c) Terremoto lejano en el foco de Caracas (Falla San Sebastián) con parámetros análogos a los del sismo de 1900 ($M_s = 7,4$ y $h = 50$ km).

El cálculo de los parámetros del efecto sísmico (aceleración, período, duración acotada e intensidad) de estos terremotos fue realizado con ayuda de las expresiones empíricas propuestas por Aptikaev (1987).

Los resultados se presentan en la tabla II:

Tabla II.- Parámetros de los prototipos de sismos

Prototipos de sismos	A(gal)	T(s)	d(s)	I
Local	500	0,28	4,78	9
Cercano	150	0,41	8,9	7
Lejano	15	0,71	28,0	4-6

Se debe señalar que en el caso del terremoto lejano, la duración de los componentes principales del movimiento (duración acotada) en los suelos medios y blandos (28,0 y 39,0 seg.), excede en 10 y 20 seg. a la correspondiente a la roca (19 seg.).

Esto significa que la amplitud de la aceleración puede aumentar en 2 veces respecto a lo que se pronostica en la roca. Debido a esta razón, el terremoto de Caracas produjo efectos de intensidad

equivalentes a 6,0-6,5 grados MSK como aparece en el mapa de isosistas confeccionado por Fielder, 1969.

Las aceleraciones calculadas se corresponden en general con las del mapa de amenaza sísmica correspondiente al noreste de Venezuela confeccionado por INTEVEP para un 10% de excedencia en 100 años de vida útil. La causa de esta buena correspondencia consiste en que las magnitudes máximas observadas son muy próximas a las máximas posibles, es decir que el evento extremo ya ocurrió en las zonas sismogénicas analizadas.

Determinación del potencial de licuefacción y su extensión

El potencial de licuefacción depende de la naturaleza de las vibraciones producidas por los sismos (intensidad y duración) y del material susceptible de licuarse. Ambas condiciones son necesarias para que el fenómeno ocurra.

Come parte de la evaluación preliminar del peligro local a que está sometida la ciudad de Cumaná, se realizó una estimación de la distancia máxima a la que pueda ocurrir el fenómeno de licuefacción en dependencia de la magnitud de los sismos del foco de Cumaná. Para ello se utilizó la relación empírica propuesta por Wakamatsu (1993).

La licuefacción se produce generalmente en las mismas zonas por lo que en primer lugar fueron recopilados y analizados los datos de las afectaciones producidas por sismos anteriores ocurridos en Cumaná especialmente los de los sismos de 1853 y 1929. Para estos sismos el fenómeno se describe en los aluviones del Río Manzanares y en áreas próximas a la costa. Estos sitios se consideran como los mas propensos, de ocurrir en el futuro un sismo con la energía necesaria ($M \geq 5,0$).

Los resultados del calculo de la distancia medida desde el epicentro de dicho sismo, hasta donde es factible de producirse este fenómeno se presentan a continuación

M = 5,0 ----- d = 3 km.	M = 6,5 ----- d = 60 km.
M = 5,5 ----- d = 10 km.	M = 7,0 ----- d = 60 km.
M = 6,0 ----- d = 30 km.	

Para sismos similares al de 1929, asociados a la falla El Pilar, el fenómeno podría ocurrir, en principio, en la totalidad del territorio de la ciudad, siempre y cuando existan las condiciones geólogo-geomorfológicas e hidrogeológicas que lo condicionan.

Presentan gran susceptibilidad los sedimentos de los lechos actuales de los ríos, los lechos de antiguos ríos y lagunas, las tierras reclamadas y los depósitos arenosos de las playas.

Estas condiciones están presentes en gran parte de la ciudad de Cumaná incluyendo las áreas de las zonas residenciales objeto de estudio.

Características geológicas generales de la ciudad y de las áreas residenciales

Las áreas residenciales objeto de estudio, se encuentran ubicadas en diferentes partes de la ciudad. De acuerdo con la información geológica disponible: Mapa de Geología Superficial a escala 1:50 000, confeccionado por la Creole Petroleum Corporation, Mapa Geólogo-Estructural a escala 1:20 000, incluido en el plan de ordenación urbanística de Cumaná, Estado Sucre (1991) y estudios de suelo

realizados en zonas cercanas a las de las analizadas. En el territorio afloran formaciones del Cretácico Inferior, compuestas por areniscas cuarsíferas micáceas; del Cretácico Superior - Terciario Inferior compuestas por calizas y lutitas calcáreas duras; del Terciario compuestas por conglomerados, gravas, areniscas, arcillas, margas y arenas consolidadas y del Cuaternario (Pleistoceno) compuestas por guijarros grandes de rocas ígneas y metamórficas y areniscas.

Los sedimentos cuaternarios recientes, que cubren gran parte de la ciudad (aluviones y sedimentos de playa) están constituidos por arenas, limos, arcillas y gravas, con predominio de las fracciones arenosas en su composición.

A continuación se analizan las condiciones específicas de las áreas residenciales investigadas.

1) Urbanización Gran Mariscal de Ayacucho

Zona de los sedimentos cuaternarios recientes, con poca capacidad portante para las cimentaciones, fácil excavación de sus capas y alta susceptibilidad para la licuefacción, asentimientos y el fracturamiento superficial.

Los periodos predominantes de oscilación de dichos suelos, determinados mediante mediciones instrumentales de microsismos, están comprendidos entre 0,6 y 2,0 seg. (Schmitz, M. y González, J., 1999) en dependencia del espesor y velocidad de propagación de las ondas sísmicas transversales V_s en la capa de sedimentos blandos.

Estos suelos son especialmente desfavorables para el emplazamiento de estructuras esbeltas flexibles con elevados numero de niveles o pisos que no constituyen el caso de las edificaciones de esta zona residencial. Sin embargo, como consecuencia del sismo de 9 de Julio, se produjeron grietas en el terreno y en los pisos de la planta baja de varios apartamentos como se menciona en el epígrafe 2. Esta zona residencial se ubica en las proximidades de una zona de fallas activas

2) Residencias El Guanajo.

Se encuentran también emplazadas en la zona de los sedimentos cuaternarios recientes con condiciones similares a las descritas anteriormente y potencias considerables. Los periodos predominantes de oscilación de los suelos son superiores a 1seg lo cual constituye un factor desfavorable ya que se trata de un edificio atípico, esbelto multiplantas y con marcada asimetría. El mismo sufrió daños como consecuencia del sismo del 9 de Julio, especialmente en los pisos inferiores.

3) Urbanización Terrazas Cumanesas

Está edificada sobre sedimentos cuaternarios recientes, aunque mas compactos y de mayor consistencia que los de las zonas residenciales anteriores, Se encuentra próxima a una zona de fallas activas y al cerro "Pan de Azúcar", altamente con alta susceptible de producir deslizamientos de tierra.

En algunas edificaciones de esta zona residencial se produjeron afectaciones, especialmente en los niveles inferiores y mayormente en elementos no estructurales como consecuencia del sismo del 9 de Julio

Los periodos predominantes de oscilación de estos suelos están comprendidos 0,6-0,8 seg. Estos valores deberán ser precisados en el futuro con mediciones instrumentales de microvibraciones.



Se debe señalar también que los suelos en las zonas residenciales pueden amplificar las señales sísmicas en 2,5 veces e incluso mas para el intervalo de periodos de 0,6-2,0 seg.(Schmitz, M. y González, J., 1999). Esto equivale a incrementos de la intensidad entre +0.5 para el área de las Terrazas Cumanesas y +1,0 o más, para las áreas de las residencias El Guanajo y Gran Mariscal de Ayacucho.

A partir de información de trabajos geotécnicos realizados para la microlocalización de estas áreas residenciales y de otras muy cercanas se obtuvieron datos de las velocidades de propagación de las ondas transversales Vs, a partir de los perfiles N del ensayo normal de penetración, con ayuda de las relaciones empíricas obtenidas por Imai y Yoshima (1970) y Ohba y Toriumi (1970). Las mismas oscilan entre 150-180 m/s para las áreas residenciales Gran Mariscal de Ayacucho y el Guanajo, y 250-300 m/s para el área de las Terrazas Cumanesas.

CONCLUSIONES SOBRE LA EVALUACION PRELIMINAR DEL RIESGO

De acuerdo con los resultados de los trabajos para la estimación del Peligro Sísmico Regional realizados en Venezuela, el territorio de estudio y específicamente la ciudad de Cumaná, forma parte de las zonas de categoría de alto peligro sísmico donde se pronostican aceleraciones medias entre 300 y 800 cm/s. El ultimo terremoto con estas características fue el 17 de Enero de 1929 (M=7,0 I= 9,0 MCS).

Para la estimación del riesgo a que está sometida la ciudad de Cumaná, fueron seleccionados tres terremotos, representando el intervalo de posibles magnitudes y distancias hipocentrales susceptibles de producir daños en diferentes tipos de estructuras.

Estos terremotos hipotéticos fueron los siguientes:

- a) terremoto local Foco de Cumaná M= 7,0 D= 20 km
- b) terremoto cercano Foco de Cariaco M= 6,9 D= 80 km
- c) terremoto lejano Foco de Caracas M= 7,5 D= 300 km

Se determinó que el terremoto máximo posible con el foco en Cumaná deberá producir una aceleración horizontal máxima en roca de 500 cm/s² (0,52 g) con una intensidad equivalente de 9 grados. Dicha intensidad puede sufrir incrementos de 1 grado en las zonas desfavorables desde el punto de vista ingeniero-geológico e hidrogeológico, que representan mas del 50% del territorio de la Ciudad (sedimentos cuaternarios recientes con el nivel freático a menos de 4m).

Los terremotos con estas características pueden inducir fenómenos de licuefacción y deslizamientos en las zonas de alta susceptibilidad geológica hasta distancias de 100 km. o mas, desde el epicentro del sismo.

Los terremotos locales cuyas distancias epicentrales no superan los 25-30 km., mas aun si son de foco somero h<15 km, producen aceleraciones muy grandes (en ocasiones 1 g) en el intervalo de periodos cortos y pueden producir los mayores daños en las construcciones "rígidas", mampostería de ladrillos, grandes paneles, etc. Este tipo de excitación debe ser tomado en cuenta para el diseño de edificios y estructuras con periodos propios de oscilación comprendidos entre 0,1-0,3 seg.

El terremoto con foco en Cariaco (prototipo de sismo cercano) podría producir en Cumaná una aceleración máxima en roca de 150 cm/s² o mas (0,15 g) lo que corresponde a una intensidad de 6,5-7,0



en roca en el intervalo de periodos de 0,15-0,3 seg., así como velocidades relativamente grandes en el intervalo de 0,4-0,6 seg. La duración de los movimientos mas intensos del terreno es superior a la de los eventos locales. El contenido espectral del movimiento es más amplio, pudiendo ser peligroso para edificaciones y estructuras de variado tipo. En este sentido, los más peligrosos dentro del espectro de los terremotos cercanos son aquellos cuyos epicentros se encuentran comprendidos dentro del área de 100 km. Este terremoto puede servir como modelo de diseño de excitación en el análisis de estructuras con periodos propios entre 0,3-0,6 seg.

El terremoto con foco en Caracas (prototipo de terremoto lejano), a pesar de producir aceleraciones horizontales máximas muy pequeñas de los movimientos del terreno, posee un contenido espectral caracterizado por la presencia de picos en el dominio de los periodos largos $T \geq 0,7$ seg., los cuales, en ocasiones, pueden alcanzar hasta 3 seg. Los desplazamientos son potencialmente grandes, por lo que pueden constituir un peligro para las estructuras flexibles.

Con respecto a la calidad y comportamiento esperado de los terrenos de fundación de los sitios de las urbanizaciones analizadas, se puede afirmar que son desfavorables y muy desfavorables, especialmente los cercanos a las Residencias "El Guanajo" y la "Urbanización Gran Mariscal", que consisten en sedimentos cuaternarios recientes potentes, poco consistentes y muy compresibles, con velocidades relativamente bajas de propagación de las ondas sísmicas V_s (inferiores a 200 m/seg. para los primeros 10-15 metros). Estos suelos son propensos por su constitución geológica y profundidad pequeña de yacencia del nivel freático, a la licuefacción, los asentimientos, el agrietamiento superficial y otros fenómenos.

El suelo en el caso de la Urbanización Terrazas Cumanesas es algo mas compacto y menos desfavorable. Sin embargo, este sitio es susceptible de ser afectado por otros fenómenos geológicos peligrosos en el caso de ocurrencia de un terremoto fuerte como deslizamientos e inestabilidad por la presencia cercana de una falla que afecta los sedimentos recientes de edad cuaternaria.

RECOMENDACIONES

Dada la presencia en la ciudad de efectos de sitio que han influido sustancialmente en la peligrosidad sísmica tales como:

- Condiciones ingeniero-geológicas e hidrogeológicas desfavorables en mas del 50% de su territorio.
- Potencial perdida de la capacidad portante de los suelos no consolidados, especialmente los susceptibles de licuarse.
- Presencia de fallas activas que afectan depósitos cuaternarios recientes con riesgo de desplazamientos del terreno.
- Sedimentos aluviales y de relleno, de potencia variable que pueden alcanzar los 100 metros o más de potencia.
- Fenómenos de amplificación topográfica.
- Inestabilidad de taludes,



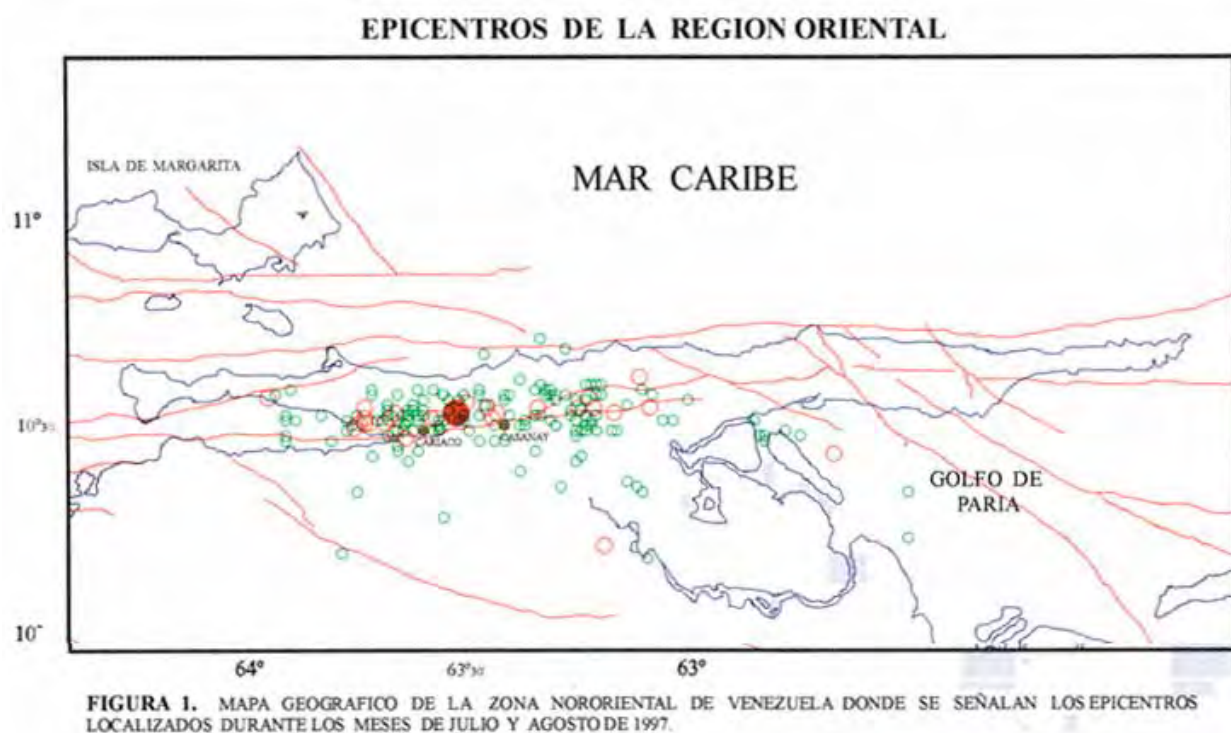
Se recomienda como una cuestión de vital importancia, la confección de los Mapas de Microzonación y Vulnerabilidad Sísmica del territorio de la Ciudad a escala 1:20 000, pudiendo presentarse algunos sectores de particular interés a escalas mas detalladas.

Con la realización de estos mapas se podrían obtener los beneficios siguientes:

- Realizar una planificación correcta, racional y científicamente fundamentada del desarrollo constructivo de la ciudad, reduciendo los costos por concepto de protecciones sismorresistentes.
- Utilización de la información contenida en los mismos para el mejoramiento de las normas sísmicas en el diseño de las nuevas edificaciones y el refuerzo de las existentes, tomando en consideración que en las microzonas de estos mapas los requisitos para el diseño sismorresistente pueden ser unitarios.
- Elaboración de recomendaciones para su incorporación a los planes de contingencia para la reducción del riesgo sísmico de la Ciudad

BIBLIOGRAFIA

- The July 9 1997 Mw=6.9 Eastern Venezuela Earthquake (1997) EERE. Special Earthquake Report Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (1997). Diseño Sismorresistente. Especificaciones y criterios empleados en Venezuela.
- Franke, M; Quijada, P.; Gajardo, E. y otros (1993): Microsismicidad y Amenaza Sísmica de la Región Nororiental de Venezuela. Memorias del VIII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismorresistente, Mérida, Venezuela.
- José Graces (1979): Investigación sobre los sismos destructores que han afectado el oriente de Venezuela, Delta del Orinoco y Regiones adyacentes. Proyecto INTEVEP, FUNVISIS.
- M. Centeno Grau (1969): Estudios Sismológicos. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Vol. VIII.
- Beltrán, C. y Giraldo, C. (1989): Aspectos Neotectónicos de la Región Nororiental de Venezuela. Memorias del VII Congreso Geológico Venezolano. Barquisimeto. Estado Lara. Venezuela.
- Reverendo Alexander Castro Cronología de los Terremotos. Arquidiócesis de Cumaná. Parroquia Nuestra Señora de la Candelaria de Arenas, Venezuela.
- Paige, Sydney (1930): The Earthquake of Cumaná, Venezuela. January 17 1929. The Seismological Society of American Bulletin, Vol. 20 No 1.
- Fielder. G. (1969): Areas afectadas por terremotos en Venezuela. Publicación del Instituto Sismológico Observatorio Cagigal.
- Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, ISSMFE. (1993): Manual for Zonation of Seismic Geotechnical Hazards. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering. Ed. Ishihara, K.
- Aptikaev, F.F. (1987): Detailed Hazard Assessment for Critical Structures. Proceedings of the UNDRO/USSR/UNESCO/UNDD Training Seminar "Earthquake Prediction and Mitigation of Earthquake Losses". United Nations.
- Negmatullaev, S.X. (1987): Imitation of Earthquake Excitation as a Mean of Testing Buildings and Structures for Earthquake Resistance. Proceedings of the UNDRO/USSR/UNESCO/UNDD Training Seminar Earthquake Prediction and Mitigation of Earthquake Losses. United Nations.



AVANCES EN LA CARACTERIZACION DEL PELIGRO SISMICO EN EL DEPARTAMENTO RIO CUARTO, CORDOBA, ARGENTINA.

Guillermo Sagripanti(1), Carlos Costa (2), Daniel Origlia (1) y Hugo Schiavo(1)

(1) Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, Agencia Postal . CP 5800 Río Cuarto, Córdoba. Argentina. Fax: (++54) (58) 680-280. email: gsagripanti@exa.unrc.edu.ar

(2) Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco 917, CP 5700, San Luis, Argentina.

RESUMEN

El departamento Río Cuarto se ubica al SW de la provincia de Córdoba, aproximadamente entre los 32° 30' y 34° de latitud sur y los 64° y 65° de longitud oeste, región de intraplaca considerada sísmicamente activa. En éste tienen asiento numerosas poblaciones, siendo la más importante la ciudad de Río Cuarto, emplazada sobre materiales limo-arenosos, en algunos sectores susceptibles de licuefacción. Actualmente en la ciudad viven aproximadamente 60.000 habitantes y se erigen alrededor de 230 edificios que superan los 3 pisos y varios los 12 pisos. Es de destacar la falta de conciencia sísmica de la población, la inobservancia de las normas de construcción antisísmica y la falta de medidas de prevención y socorro, evidenciando así un grado importante de vulnerabilidad.

La ciudad de Río Cuarto se encuentra aproximadamente a 45 km al NE de la zona pleistocénica Sampacho, donde ocurren en promedio 9 microsismos por año. Esta zona fue epicentro en Junio de 1934 de los terremotos históricos superficiales más fuertes ocurridos en la región, de magnitudes 5.5 y 6.0 grados (Richter) e intensidad de IX grados (MM). La zona se encuentra atravesada por fallas geológicas, entre ellas la sismogeneradora Las Lagunas de azimut 035° N, cuya expresión morfológica rectilínea alcanza los 24 km y su escarpa de materiales loésicos supera en algunos lugares los 8 m de altura, controlando el escurrimiento superficial.

En regiones sísmicamente activas, es esencial tener conocimiento del riesgo sísmico al que están expuestas las poblaciones, para realizar la planificación urbana y la organización del territorio. Para caracterizar el Riesgo Sísmico, que se asume como la probabilidad de pérdidas de vidas, materiales y económicas frente a la ocurrencia de un terremoto, es necesario realizar investigaciones relacionadas con el Peligro Sísmico, la Susceptibilidad Sísmica, la Vulnerabilidad y el Coste Económico. Por ello el objetivo de este trabajo es caracterizar el Peligro Sísmico para que sirva de base a una futura estimación del Riesgo Sísmico.

Con el objetivo de definir el terremoto característico y el terremoto máximo probable, se reconstruyó el registro sísmico histórico regional, realizando un catálogo, que supera hasta el presente los 130 movimientos. Para la reconstrucción del registro sísmico prehistórico se están desarrollando investigaciones paleosismológicas, mediante la apertura y logging de trincheras transversales a la falla activa Las Lagunas, sospechada de ser la que generó la crisis sísmica del año 1934, identificándose niveles sedimentarios desplazados y estructuras deformacionales en sedimentos no consolidados (licuefacción) de probable origen cosísmico.

Se elaboró un mapa sismotectónico, que contiene las principales fallas geológicas de la región y la distribución de los epicentros de sismos que han superado los 4.0 grados de magnitud.



PELIGRO SISMOTECTÓNICO EN LA REGIÓN DE MOA

Alina Rodríguez Infante.

Instituto superior Minero Metalúrgico, Las coloradas S/n, Moa, Holguín, Cuba, E-mail: arinfante@moa.minbas.cu

Resumen

En Moa, además de los riesgos que existen debido al propio desarrollo minero metalúrgico, el que genera a su vez el crecimiento poblacional, el medio ambiente se encuentra expuesto a las amenazas de los procesos tectónicos, los que se ponen de manifiesto como movimientos lentos mas o menos continuos en el tiempo o por la actividad sísmica y que se realizan a través de las fallas que cortan las rocas.

Los riesgos originados por estos mecanismos pueden afectar a todo el medio ambiente, ya sea natural, construido o social y a partir del conocimiento de la posición que ocupan las estructuras tectónicas y la tendencia actual de los desplazamientos en la región, pudieron determinarse los principales sectores de riesgo y dividirse el área en cuatro zonas según el grado de vulnerabilidad.

Abstracts

In Moa region, besides the risks resulting from mining and metallurgical development, which at the same time brings about populational growth, environment is also threatened by plates geodynamics, that shows as slow and more or less continuous shifts evolving with time or through seismic activity, and occurring in the faults shearing through the rocks.

The risks caused by these mechanisms can affect the natural, built or social environment. Once the position of the tectonic structures and the present shift trends of the region were known, the main risk sectors were identified, dividing the area into four zones according to the degree of vulnerability.

Introducción.

En la planificación integral del desarrollo socio económico e incluso para la optimización espacial de un territorio se hace imprescindible el estudio geológico profundo que permita conocer no sólo la posición, cantidad y calidad de las reservas minerales, sino también la dinámica de los procesos que ocurren y que constituyen una amenaza en la región.

En muchos casos se observa una tendencia a considerar la información geológica estática, sustentando las investigaciones medio ambientales e incluso, la proyección de las construcciones sobre la base de la información aportada por un mapa geológico con frecuencia de carácter regional, lo que conlleva necesariamente a la incorrecta valoración de la magnitud de los riesgos a los cuales se enfrenta el hombre y que lo ponen en peligro a él y a la obra construida.

Este problema se encuentra con frecuencia en el municipio de Moa, a pesar del gran número de profesionales del campo de la geología y la minería que en el laboran y habitan, por lo cual, en el inicio de estas investigaciones se propuso como objetivo determinar los sectores de máximo riesgo ambiental a



partir de la incidencia que tiene en ello la geodinámica contemporánea y de esta forma, contribuir al conocimiento geológico del territorio, donde el crecimiento económico dado por la apertura comercial y el desarrollo de la industria, junto a las consecuentes variaciones poblacionales y de infraestructura social, exigen la explotación racional de sus recursos naturales así como *la integración de consideraciones ambientales en las políticas de planificación del desarrollo como condición indispensable para fomentar el desarrollo sostenible*. [1].

Metodología para el Análisis de Riesgo.

Partiendo del conocimiento de la existencia de actividad tectónica en el territorio a través del estudio geológico que del mismo se ha realizado [6] y por la manifestación de fenómenos asociados con dicha actividad, se hizo posible valorar el grado de vulnerabilidad real del medio, para lo cual hay que tener en cuenta además de la amenaza natural latente en el mismo, para poder determinar el riesgo específico y con este y los elementos en riesgo, conocer el riesgo total según la fórmula propuesta por Varnes D. J., en 1984 [3].

$$R_t = R_s \cdot E_r$$

$$R_s = H \cdot V$$

$$R_t = H \cdot V \cdot E_r$$

Donde:

R_t : Riesgo total.

R_s : Riesgo específico.

H : Amenaza natural.

V : Vulnerabilidad.

E_r : Elemento en riesgo.

Amenaza Natural.

Para analizar las diferentes zonas susceptibles a riesgos ante la ocurrencia de procesos tectónicos debe conocerse en primer lugar la amenaza natural originada por estos procesos. Como amenaza natural (*Hazard*) se entiende la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno dañino potencial dentro de un lapso específico de tiempo y en un área determinada [4].

En el caso concreto que se investiga la amenaza va a estar condicionada por el grado de actividad tectónica del territorio, para el cual quedaron establecidos los principales sistemas de fracturas y dentro de estas fueron caracterizadas por su posición y sentido del desplazamiento que ocurre a través de sus planos, aquellas fallas consideradas activas y que desempeñan un papel fundamental en los procesos geodinámicos contemporáneos.



Estos procesos geodinámicos, se van a caracterizar por la tendencia general al levantamiento, lo cual se viene manifestando desde el Mioceno Medio hasta la actualidad dado por las condiciones geotectónicas regionales que provocan el empuje en dirección norte-noreste del Bloque Oriental Cubano [1]. Esta tendencia general no se pone de manifiesto por igual en todos los sectores emergidos de la corteza terrestre pues se ha hecho evidente que los movimientos verticales no mantienen igual magnitud ni velocidad en todos los puntos, encontrándose unos bloques más levantados - El Toldo - y otros con movimientos relativos de descenso como los bloques Cabaña y Cananova. También se hizo evidente que para un mismo bloque morfotectónico el sentido de los desplazamientos no es constante, pudiendo variar en el tiempo y estar además acompañado por movimientos horizontales e incluso rotacionales. A todo lo anterior se le añade como elemento de vital importancia y que a su vez, constituyó el motivo por el cual se iniciaron las presentes investigaciones, la ocurrencia de movimientos telúricos en el marco regional.

La actividad sísmica en la región se justifica a partir de la posición geólogo-estructural que la misma ocupa al estar bordeada por tres zonas sismogeneradoras coincidentes con fallas profundas que constituyen límites intra o interplacas como se muestra en la figura No.1. Estas tres zonas son:

Zona sismogeneradora Oriente (Bartlett)

Zona sismogeneradora Cauto - Nipe

Zona sismogeneradora Sabana

Con los criterios anteriormente descritos se puede resumir que la amenaza natural del territorio originada por los movimientos tectónicos es alta y se pone de manifiesto a través de dos mecanismos fundamentales: Movimientos lentos variables en el tiempo que de forma progresiva van alterando el medio físico, *agente preparatorio* y movimientos violentos de corta duración - sismos - que de forma brusca y en ocasiones catastróficas afectan el medio, *agente inmediato*.

Riesgos Específicos.

Se denomina riesgo específico a los daños esperados debido a la ocurrencia de un fenómeno natural [4]. En este caso, se conocen los puntos a través de los cuales se ponen de manifiesto con mayor intensidad los procesos tectónicos, que son aquellos que coinciden con los planos de fracturas activas y las zonas periféricas de los bloques de mayor levantamiento siendo posible entonces determinar, los daños esperados y dentro de estos aquellos que constituyen un riesgo al medio ambiente natural, al social o al construido, siendo frecuente la simultaneidad de sus efectos. También es necesario tener en cuenta que de forma indirecta se generan al actuar los movimientos tectónicos sobre los elementos en riesgo que provocan reacciones en cadena y repercuten en la calidad ambiental.

Riesgos en el Medio Ambiente Natural.



Por constituir la amenaza un agente de carácter natural, los riesgos ocurridos en este medio presentan un carácter primario y condicionador directo o indirecto de los daños ocurridos en el medio constructivo y social. Los principales riesgos de carácter natural posibles a ocurrir en el territorio por los agentes tectónicos son:

- Deslizamientos.
- Aumento de la erosión de suelos.
- Aumento de sedimentación o colmatación.
- Alteración del manto acuífero.
- Ruptura del suelo con formación de grietas de separación.
- Ruptura del equilibrio ecológico.

•

Riesgos al Medio Ambiente Construido.

Dentro de estos riesgos se han incluido todos los daños que puede provocar el agente tectónico sobre las obras construidas por el hombre y que comúnmente se clasifican en sociales, económicas y socioeconómicas. Los principales daños a ocurrir en este medio son los siguientes:

- Deformación o ruptura de las edificaciones sociales y económicas.
- Derrame de productos químicos.
- Afectaciones en los embalses de agua.
- Daños en las vías de comunicaciones.
- Ruptura de instalaciones de abasto de agua, electricidad y servicio telefónico.

El grado de vulnerabilidad o magnitud de los daños que sobre este medio originan los movimientos tectónicos estará en dependencia del agente de riesgo - preparatorio o inmediato - y de las características constructivas de los objetos de obra, como son su grado de complejidad estructural, tipología, dimensiones y materiales con los cuales fue construida.

Daños al Medio Ambiente Social.

Estos daños van a originar un diapasón de problemas diversos que provocan afectaciones individuales, familiares y grupos sociales, llegando en caso extremo a abarcar toda la sociedad. Hay que tener presente que esta es la parte integrante del medio más susceptible a las afectaciones en la calidad del entorno y que al mismo tiempo cualquier daño ocurrido al medio natural o constructivo repercute directa o indirectamente en el hombre. Entre los riesgos mas importantes en este medio en el ámbito territorial se encuentran los siguientes:

- Afectación en los servicios generales a la población.
- Afectaciones en las condiciones de vida.
- Afectaciones de la salud humana.
- Afectaciones económicas.



- Inestabilidad en el ejercicio del gobierno.

Es imposible separar o aislar las afectaciones que ocurren entre los tres medios - natural, construido y social - y el hombre, que como ser social y eslabón fundamental del equilibrio y la calidad ambiental al mismo tiempo que condiciona la naturaleza y la transforma a través de su actividad constructiva, es el responsable de las medidas que eviten o mitiguen los daños que de ella emanan.

Zonificación de Riesgos Tectónicos.

Para realizar la zonificación de riesgos se tuvo en cuenta el comportamiento de cada una de las variables analizadas en el epígrafe correspondiente a la metodología para el análisis de riesgo así como el rango de variación de sus valores para el caso concreto que nos ocupa. Dentro de los diferentes métodos utilizados en los estudios de impacto ambiental se encuentran los de definición de relaciones causa-efecto en forma cualitativa o semicuantitativa, o técnicas de identificación como son también clasificados, dentro de los cuales se emplea la técnica de matrices de revisión causa-efecto, la cual se ha aplicado experimentalmente en estas investigaciones con la finalidad de obtener información de la magnitud relativa del riesgo y su distribución areal que permitiera la zonificación del territorio. [2]. A continuación se analiza cada una de estas variables y los valores que se le asignan en las diferentes situaciones en el ámbito territorial.

Amenaza (H): Para esta variable se le asignaron valores que oscilan en el intervalo de cero a dos, asumiéndose el valor máximo - dos - para la amenaza que constituye el mayor factor de riesgo es decir, la originada por los movimientos telúricos; el valor intermedio - uno - se asume para la amenaza que se pone de manifiesto a través de los movimientos tectónicos lentos y el valor mínimo - cero - para el caso que nos ocupa es convencional y despreciado debido a que está demostrado el carácter activo de la tectónica en el municipio.

Vulnerabilidad (V): Es el grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos bajo riesgo como resultado de un fenómeno natural de una cierta magnitud [57]. A esta variable se le asignan valores de cero a tres correspondiendo el valor cero cuando a través de los procesos tectónicos no ocurren daños en el medio ambiente, el valor uno a la ocurrencia de daños que pueden ser recuperables; el valor dos en aquellos casos en que se originan pérdidas parciales ante los agentes de riesgo y el valor máximo - tres - bajo las condiciones de pérdida total de los elementos en riesgo.

Elementos en riesgo (Er): Esta variable determina la población, construcciones y actividad socio económica en riesgo y se le asignan valores en el rango de uno a cuatro, el valor uno corresponde a los sectores en que se encuentran expuestos al riesgo elementos del medio ambiente construido o natural de forma independiente, sin perjuicio directo al hombre; el valor dos se asume para sectores en que de



forma combinada están expuesto al riesgo elementos del medio ambiente natural y construido, el valor tres se asigna cuando los elementos en riesgo constituyen un grupo perteneciente al medio ambiente en general, es decir medio natural, construido y social, estando el valor cuatro reservado para condiciones extremas donde todo el medio es afectado, lo cual sólo sería posible ante la ocurrencia de un terremoto de gran intensidad.

Riesgo total (R_t). Se realizó la cuantificación puntual del valor del riesgo total para cada sector de la superficie según la fórmula antes referida, obteniéndose valores que oscilan de uno a veinticuatro como se muestra en la tabla IV, con los cuales se procedió a la confección del mapa de riesgos a través del sombreando con una simbología ya establecida de cada una de las cuadrículas, en dependencia de la magnitud del riesgo. En el territorio fueron determinadas cuatro zonas de intensidades de riesgo que se muestran en la figura 2.

Tabla IV: Valores del riesgo total calculados para el área.

Vulnerabilidad V	Amenaza H	Elementos de Riesgos Er			
		1	2	3	4
1	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
2	1	2	4	6	8
	2	4	8	12	16
3	1	3	6	9	12
	2	6	12	18	24

Zona de máximo peligro o riesgo: Corresponde a áreas de valores de riesgo mayores a nueve para la amenaza que constituyen los movimientos tectónicos lentos y continuos (1), y de dieciocho bajo las condiciones de ocurrencia de movimientos telúricos (2), lo que constituye un indicador de la alta peligrosidad en la cual se encuentra. Espacialmente está limitada a dos áreas pequeñas, que ocupan una posición desde la que pueden ocasionar grandes daños al medio ambiente. La mas extensa está ubicada alrededor del puerto de Moa, donde la planta de amoniaco que presta servicio a la industria del níquel constituye un elemento en riesgo, que al mismo tiempo, pone en peligro a todo el medio ambiente territorial dado fundamentalmente por su ubicación geográfica y tectónica. Tectónicamente está ubicada sobre la falla Moa en su tramo La Vigía, de carácter activo, mientras que la posición respecto a los asentamientos poblacionales del territorio y la dirección predominante de los vientos favorece el proceso de propagación de los productos tóxicos expandidos al medio en caso de ocurrencia de alguna ruptura o avería de la instalación.



La otra zona de alto peligro es la presa Nuevo Mundo, construida sobre el cauce del río Moa que corre sobre la falla de igual nombre, en la zona donde se intercepta con las fallas Maquey y Caimanes, formando un nudo estructural de alta complejidad dado por los desplazamientos horizontales y verticales de gran magnitud y sentido variable, tal y como quedó demostrado en el estudio tectónico. A pesar de haberse realizado la construcción de la presa según las normas técnicas establecidas y tomándose como base para la construcción la intensidad máxima de VIII grados en la escala MSK, hay que tener en cuenta que la base geológica utilizada partía de la consideración de una tectónica pasiva, donde los desplazamientos según los planos de fracturas eran considerados nulos. El valor del riesgo total aquí está determinado por las deformaciones que puede sufrir la cortina de la presa, lo que puede provocar no sólo la pérdida de dicho elemento y alterar el entorno en el cual se encuentra, sino también, llegar en caso extremo a provocar inundaciones con resultados catastróficos debido al volumen de agua acumulado, la altura a que se encuentra el vaso del embalse, construido para el sistema de descarga por gravedad y su posición respecto a la zona de desarrollo socio económico.

Zona de alto riesgo: Corresponde a las áreas donde el valor del riesgo calculado es mayor o igual a seis y menor que nueve para la amenaza (1) y mayor o igual de doce y menor a dieciocho ante la ocurrencia de movimientos telúricos. Esta zona se encuentra desarrollada en los alrededores de la anteriormente descrita, abarcando la porción norte y central del área de trabajo, extendiéndose hacia el este hasta la zona de Quemado del Negro donde se construye la nueva planta de níquel en Moa y sus alrededores y al oeste, hasta el poblado de Centeno, prolongándose hacia el sur, hasta la zona de la presa Nuevo Mundo.

Zona de peligrosidad media: A esta zona corresponden valores del riesgo total mayores o iguales a cuatro y menores a seis para la amenaza de tipo uno (1) y valores en el intervalo de ocho a doce para la amenaza dos (2). Constituye la zona de mayor extensión, encontrándose espacial y genéticamente asociada a las zonas periféricas interiores de los bloques morfotectónicos en ascenso, haciéndose mas pronunciada donde es mayor el levantamiento.

Zonas de baja peligrosidad: Está referida a los sectores que presentan valores del riesgo total menores a cuatro y ocho ante las variantes (1) y (2) respectivamente, estando sometido a los efectos del riesgo sólo el medio ambiente natural a través de la intensificación de los procesos erosivos, predominando la variante uno de vulnerabilidad tomando en consideración que los posibles daños sean recuperables y en gran medida evitables ante la acción conservadora del hombre. Estas zonas de baja peligrosidad se encuentran tectónica y espacialmente ubicadas en la parte central e interior de los bloques morfotectónicos, distribuidas de forma homogénea por toda el área, exceptuando el extremo suroccidental, donde se asumió un valor del riesgo total igual a tres a partir de la posible ocurrencia de daños recuperables al medio ambiente debido a la ausencia de actividad antropogénica intensa y al equilibrio y regularidad del relieve.



Partiendo del conocimiento que ya se tiene de los peligros y riesgos en la región se propone el siguiente plan general de medidas:

- Orientar a las instituciones y organismos competentes la evaluación de las afectaciones actuales y posibles a ocurrir en instalaciones y áreas jurisdiccionales, debido a la acción de los movimientos tectónicos lentos, lo que permitirá establecer las medidas para contrarrestar sus efectos.
- Orientar a los órganos de defensa municipal la confección del plan de medidas ante desastres naturales, específicamente en lo que corresponde a la actividad sísmica y que comprende dos etapas, previa y posterior al terremoto y que siempre deberá partir del sistema de educación masiva.
- Exigir a la industria del níquel el replanteo definitivo de la planta de amoniaco debido a la alta peligrosidad que representa para todo el territorio.
- Establecer un sistema de control de los movimientos a través de mediciones geodésicas cíclicas de todas aquellas estructuras activas que constituyen un riesgo medioambiental, siendo fundamentales para la zona las fallas Moa y Cabaña debido a los objetos de obra asentados sobre ellas y ser las estructuras que cortan el asentamiento socio económico mas grande del territorio.
- Establecer el sistema de monitoréo que corresponde a la presa Nuevo Mundo que permita determinar las posibles alteraciones de su estructura constructiva y tomar las medidas que al efecto se establezcan.
- Hacer funcionar en el municipio el sistema de gestión ambiental que pueda determinar y evaluar los riesgos e impactos a que se encuentra expuesto el medio ambiente y establecer las medidas preventivas o correctivas según sea el caso.

Conclusiones.

Durante el desarrollo del capítulo quedó establecido que en el territorio en que se desarrollaron las investigaciones existe la amenaza ambiental de génesis geológica y específicamente tectónica que de forma lenta o violenta se pone de manifiesto a través de las estructuras activas que en el mismo existen y que pueden originar riesgos de gran magnitud a partir de la existencia de obras de gran complejidad constructiva y de alta peligrosidad.

Los diferentes tipos de riesgos que pueden manifestarse en el territorio originados a través de la actividad tectónica así como las cuatro zonas de magnitudes diferentes de riesgos, fueron determinadas a través del estudio geológico, geomorfológico y topográfico, descritas en el trabajo y cartografiadas en el mapa de zonificación de riesgos que se muestra en la figura , a partir de lo cual es posible proponer un plan de medidas generales que permitan el desempeño de la labor de gestión ambiental. Sin embargo, es necesario señalar que la propia actividad socio económica del hombre puede provocar la intensificación de estos riesgos, haciendo mas complejo el proceso de previsión y prevención.

Referencias Bibliográficas

1. Arango E.D. 1996, Geodinámica de la región de Santiago de Cuba, en el límite de las placas caribeña y norteamericana. Tesis de maestría. México.



2. Castellanos M. 1998, Introducción a la problemática de la valoración económica ambiental. Editorial Academia, La Habana.
3. Cavallín A., Marchetti M. 1995, Geomorphology and environmental impact assessment: a practical approach. Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria.
4. Instituto Tecnológico Geo Minero de España. 1987, Manual de ingeniería de taludes.
5. Oliva G. nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, ACC, 1989.
6. Rodríguez A. 1998 Riesgos de origen tectónico para el territorio de Moa. Revista Tecnológica, Serie Níquel, No.2.

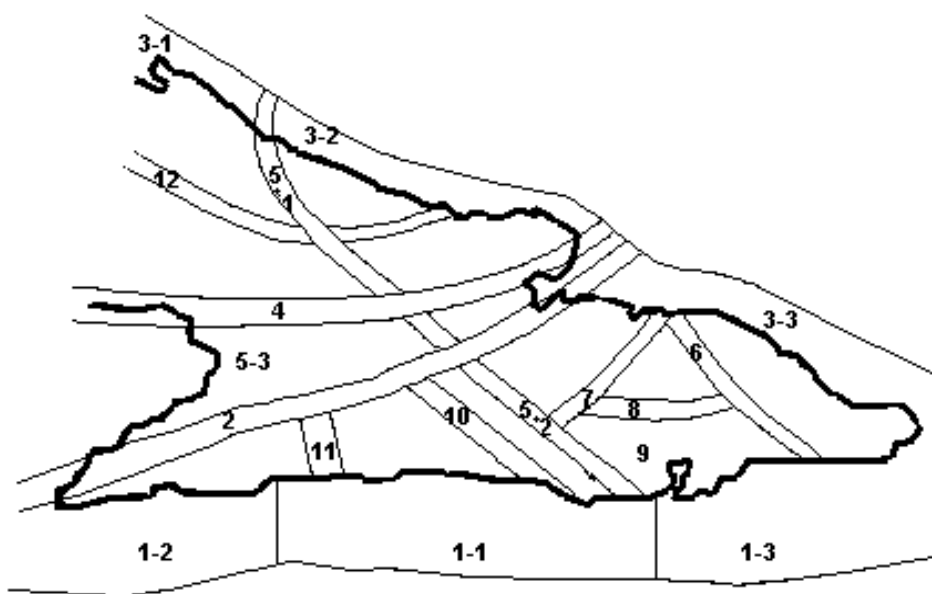


Figura No. 1: Zona de origen de terremotos. Región Oriental de Cuba. CENAI, 1982.

1-1: Oriente 1 (8), 1- 2: Oriente 2 (7,6), 1- 3: Oriente 3 (7,6), 2: Cauto - Nipe (7), 3- Sabana (6- 7), 4: Cauto- Norte (6,5), 5: Baconao (6- 7), 6: Purial (6,5), 7: Santiago -Moa (5), 8: Palenque (5), 9: Guaso (5), 10: Santiago – Bayamo (5,5), 11: Bayamo (6) y 12: Cubitas (5,5).

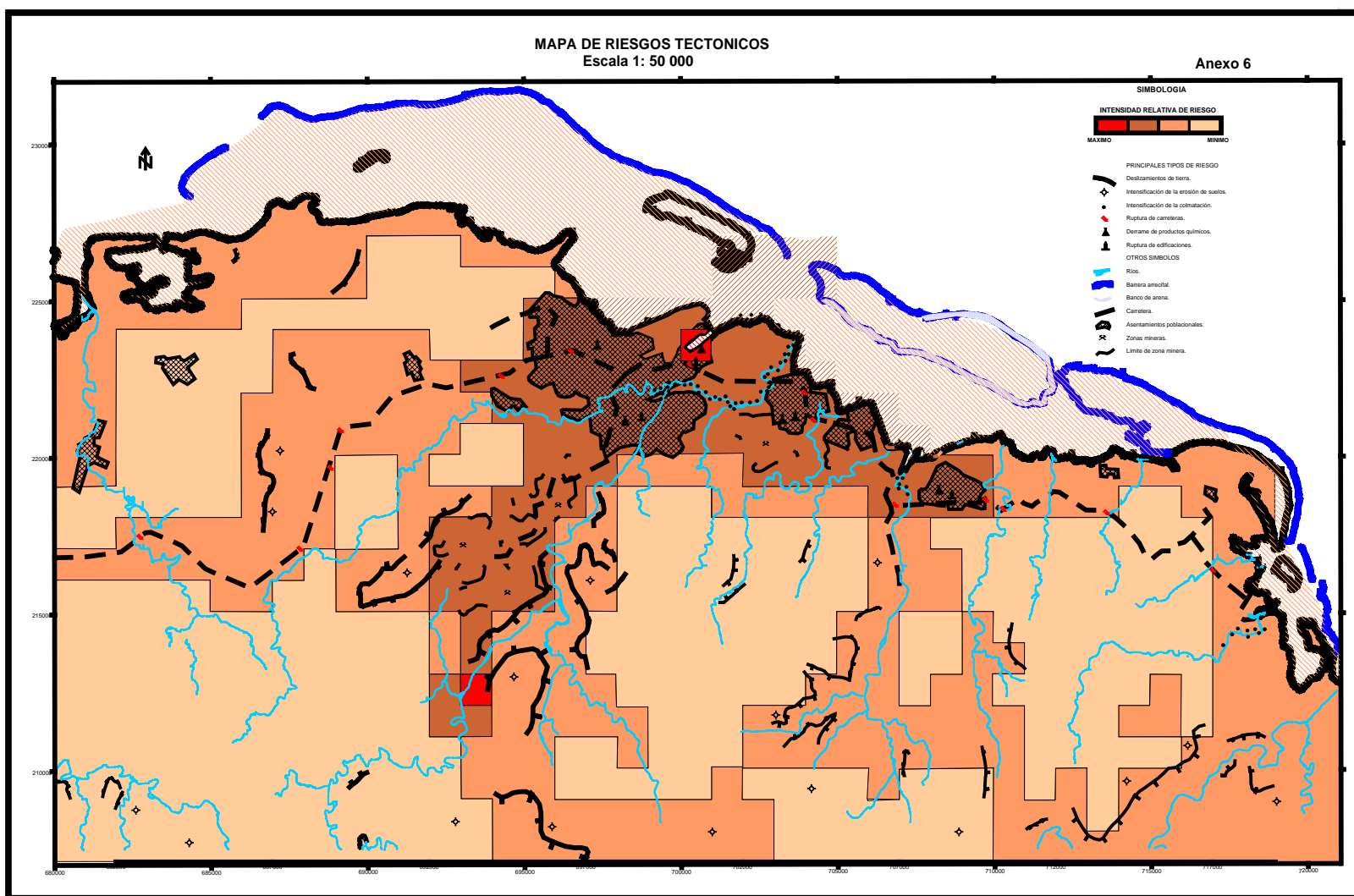


Figura 2: Mapa de zonas de riesgo en Moa.

PROPUESTA DE UNA TÉCNICA DE ADAPTACIÓN ESTRUCTURAL PARA EDIFICACIONES CONSTRUIDAS ANTES DE LA NORMA COVENIN 1756:1998 DE SISMORRESISTENCIA.

GILLES MASSRI BAISSARI⁽¹⁾

(1) Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”, Avenida Orinoco, Residencias Orinoco, Maturín Estado Monagas, Venezuela, C.ELECT. : gillesmb@cantv.net.

RESUMEN

Este trabajo se basa en el estudio del impacto sísmológico, que afecta al Multicentro San Charbel ubicado en la ciudad de Maturín, después de la modificación de las normas de construcción sismorresistentes en Venezuela. Dentro de los objetivos de la investigación están el de analizar sísmológicamente el lugar, rediseñar la edificación con las normas actuales (1756:1998), determinar un factor de deficiencia “Fd”, todo esto con el propósito de dar a conocer una técnica de adaptación estructural para edificaciones construidas antes de la norma vigente. La metodología utilizada se basó en dos tipos de análisis, el físico estructural de campo y el diseño sismorresistente; para la primera se realizó una inspección entre las especificaciones de los planos estructurales y la obra, además de los resultados obtenidos por el análisis de suelo y sísmico; para la segunda se trabajó en el rediseño estructural y la comparación de estos resultados con los de proyecto. Dentro de los resultados obtenidos destaca una marcada deficiencia estructural, no cumpliendo los cuatro primeros niveles con los chequeos mínimos de seguridad y desplazamientos por norma, mostrando una nueva fuente de riesgo e incremento de la amenaza a la vulnerabilidad y fragilidad que predomina ahora en la edificación. En síntesis, partiendo de los resultados, se procedió a diseñar una metodología cuya técnica de aplicación permita adaptar esta estructura a las exigencias de la nueva normativa, proporcionándole mayor rigidez adicionando nuevos miembros estructurales (vigas y columnas), para así eliminar todos los padecimientos e insuficiencias que presentaba la edificación, dándole mayor seguridad y capacidad de respuesta ante cualquier movimiento no lineal de la tierra representado por los sismos.

INTRODUCCIÓN

Toda estructura distribuye, por intermedio de las columnas, las solicitaciones hacia las fundaciones, y estas a su vez la transmiten uniformemente al suelo. Para ello existen normas de procedimientos de diseño y cálculos estructurales que le facilitan esta tarea a los ingenieros, sin olvidar que esas normas tienen un carácter de vigencia transitoria, o mejor dicho aún de provisionalidad, que van evolucionando y mejorando paulatinamente con el transcurrir de los años, presentándose modificaciones según las circunstancias de cada caso.

No escapando a lo expuesto anteriormente se encuentra “la Norma Venezolana para Edificaciones Sismorresistentes” que ha variado con mucha frecuencia en Venezuela durante los últimos 30 años, y prueba de ello son las constantes modificaciones a las normas sísmicas vigentes.

Toda esta revolución empezó hace 32 años, específicamente luego del sismo del 29 de Julio de 1967, que ha significado una lección para la Ingeniería Sísmica Nacional, y el comienzo de estudios serios en esa disciplina. Una de las ultimas modificaciones se dio el año pasado con la creación de la Norma Venezolana Covenin 1756:1998 para edificaciones sismorresistentes, que desplazó a la anterior “1756:1982”.

Partiendo de este breve análisis, surge la inquietud de estudiar a fondo las repercusiones de estos cambios drásticos sobre las edificaciones construidas con las leyes establecidas anteriormente, específicamente en la ciudad de Maturín, que pasó a ser clasificada como zona 5 cuando la Norma Covenin anterior señalaba que pertenecía a la zona sísmica 4.

La meta principal es la de presentar soluciones técnicamente practicas que sean útiles para reforzar las edificaciones construidas antes del establecimiento de la Norma sísmica Venezolana Covenin 1756:1998.

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La transición a la cual fue sometida la ciudad de Maturín que pasó a ser clasificada como zona sísmica 4 y 5, generó deficiencias estructurales en el Multicentro “San Charbel”, ubicado en la calle Juana Ramírez, razón de peso que permite estudiar a fondo las repercusiones de estos cambios drásticos sobre esta edificación.

Esta evolución por la cual atraviesa la Ingeniería sismorresistente, genera que en ocurrencia de un movimiento telúrico, este tipo de armaduras presenten comportamientos inadecuados como:

- Padecimiento de una estructura subdiseñada e insegura.
- Rigideces insuficientes entre sus miembros.
- Perdida de interacción entre el suelo y sus fundaciones.
- Absorción de gran energía sísmica con poca capacidad de disipación.

Los efectos que pudieran aflorar en esta estructura, y que fueron expuestos anteriormente, se originaron básicamente a causa de la modificación de la Norma Venezolana Covenin 1756:1982 para

edificaciones sismorresistentes.

Para incrementar la vida útil de la edificación y su acción de respuesta ante un sismo se diseñará un mecanismo estructural, cuya aplicación permita reforzar la armadura, de tal manera que logre adaptarla a las aplicaciones de la nueva norma Venezolana Covenin 1756:1998 para edificaciones sismorresistentes, publicada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

OBJETIVO GENERAL

Proponer una técnica de adaptación estructural para edificaciones construidas antes del establecimiento de la Norma Covenin 1756 : 1998 de sismorresistencia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y estudiar planos arquitectónicos y estructurales.
- Analizar sismológicamente el lugar, donde se expondrán los riesgos al cual puede estar sometida la edificación.
- Realizar un estudio de suelo
- Rediseñar la edificación con las normas sísmicas actuales, y compararlas con el anterior.
- Determinar un factor de deficiencia estructural que permita reforzar la estructura.
- Comparar las dos estructuras, la actual y la que se reforzó.
- Realizar un estudio financiero.

PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA

Para atacar el problema y eliminar los síntomas, se desarrollaran los objetivos específicos para llegar a la gran solución (el objetivo general); para ello se enfocó de la siguiente manera:

Análisis del contexto. Se estudiaron los planos arquitectónicos y estructurales de la edificación, además de analizar los factores sismológico y de estratificación del suelo; para finalmente

emitir un juicio objetivo y veraz de la situación actual de la edificación. Este estudio arrojó resultados satisfactorios, presentándose la edificación con una distribución equitativa de sus miembros estructurales, es decir que aparentemente las dimensiones existentes en la superestructura fueron correctamente bien asumidas.

Rediseño estructural. Este diseño se realizó básicamente para comparar la diferencia del impacto estructural que genera el cambio de normativa sobre la estructura. Además de esto, con este rediseño se determinará si es necesario o no aplicar la técnica sobre la edificación; chequeando el coeficiente de estabilidad “ θ ” por piso según la norma sísmica vigente (1756:1998) para definir en que sentido y hasta que altura se mejorará la estructura.

El estudio comparativo arrojó los siguientes resultados:

Tabla I: Valores de V_i

Niveles	Norma 98 (kg)	Norma 80 – 82 (kg)	% de aumento
8	23908	19893	17
7	112094	83183	26
6	200934	146941	27
5	274967	200073	27
4	334564	242844	27
3	379644	275197	28
2	435614	315366	28
1	463780	335580	28

Los valores de “ V_i ” (fuerzas laterales del nivel “i” aplicadas a sus respectivos centros de masa) fueron tomados de los resultados de la aplicación del **método estático equivalente** para cada norma respectivamente; notando que el valor promedio de aumento fue un 26 %.

Para eliminar los padecimientos estructurales existentes se propone la siguiente metodología:

METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL FACTOR DE DEFICIENCIA “ F_d ”

Este factor representará la herramienta necesaria e indispensable para añadirle una mayor rigidez a la edificación que permita controlar los desplazamientos laterales, para así normalizar el factor de seguridad “ θ ” en cada nivel y sentido. Cuando se habla de darle mayor rigidez, es en referencia al análisis que se realizó a la siguiente formula de los desplazamientos “ δ_i ”, donde:



$$\delta_i = \frac{D \times V_i \times (h_i - h_{i-1})^2}{12 \times ED} \left(\frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_v} \right)$$

Por supuesto, que al aumentar los valores de $\sum K_c$ y $\sum K_v$ por piso, el efecto del producto final será menor. Partiendo de este breve pero efectivo análisis, se propone lo siguiente:

1. Determinar en qué sentido o sentidos se aplicará la técnica. Esto depende de los chequeos de los factores de seguridad “ θ ” previamente realizados.
2. Fijar la cantidad de niveles a afectar que dependerá también del análisis anterior.
3. Se recomienda tomar sólo dos pórticos para aplicar la técnica, tratándose solo de casos similares a este, o sea que el cambio de normativa sea seguido, o que el porcentaje de aumento no exceda un 30%. Se propone esto, puesto que existen edificaciones sobrediseñadas, que han sido construidas antes de un cambio seguido de normas.
4. Prefijar un factor de seguridad máximo “ θ_{max} ” según la fórmula 8.2 de la actual normativa,

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{R}$$
donde R es el factor de reducción de respuesta según la sección (6.4.2) de la normativa vigente (1756:1998)
5. Establecer una relación entre “ θ_i ” del nivel a analizar y el “ θ_{max} ” obtenido por el paso anterior.

Nota: ahora los niveles deben analizarse de abajo hacia arriba. Esta relación va a representar el valor de “Fd”, donde:

$$F_d = \frac{\theta_i}{\theta_{max}}; \text{ siempre y cuando se cumpla que } \theta_i > \theta_{max}.$$

6. Afectar la sumatoria de rigideces vieja por el factor “Fd” según la siguiente fórmula:

$$\sum K_{cn} = (\sum K_{cv} \times F_d) - \sum K_{cv}, \text{ donde,}$$

$\sum K_{cn}$ = sumatoria de rigidez de columnas necesarias.

$\sum K_{cv}$ = sumatoria de rigidez de columnas viejas.

7. Distribuir el valor de “ $\sum K_{cn}$ ”: entre la cantidad de columnas a colocar:

$$K_{cni} = \frac{\sum K_{cn}}{C_c}$$

K_{cni} = sumatoria de rigideces de cada una de las columnas a agregar

C_c = cantidad de columnas

8. Por último, realizar el prediseño de los miembros estructurales a añadir, (vigas y columnas) por los métodos tradicionales existentes como se demuestra en la propuesta de diseño final.

CONCLUSIONES

La tierra es el único planeta en el sistema solar que aún se mantiene en proceso de formación, los distintos fenómenos naturales que cíclicamente van apareciendo y que en ciertas ocasiones se tornan masivamente destructivos forman parte de esta constante evolución, siendo los *terremotos* una de las manifestaciones más temibles conocidas hasta el momento. Diseñar, proyectar y construir todas las obras civiles tomando en cuenta el factor *sísmico*, no ha sido una tarea fácil, pero si un reto importante para la ingeniería moderna a nivel mundial, buscando siempre los mecanismos y las técnicas que logren unificar la evolución de la naturaleza, con la evolución de la lucha por la supervivencia que ha mantenido el hombre desde su creación.

Emprender una investigación científica en el área de la ingeniería es una tarea ardua y poco sencilla, que a veces hasta se torna interminable o peor aún perdiendo en ocasiones el rumbo que se ha prefijado. Lo más reconfortante para el investigador es encontrar el camino del éxito, a través de resultados satisfactorios que demuestren su capacidad para vencer los inconvenientes y las interrogantes que van surgiendo con el curso de la investigación.

La culminación de este proyecto permite presentar dos resultados importantes:

- El desarrollo de esta investigación garantizó la suficiente certeza de que una manera confiable de eliminar el síntoma más grave, o sea, el descontrol de los desplazamientos presentados en los primeros cuatro niveles, es la de proporcionarle mayor rigidez añadiéndole nuevos elementos estructurales, como vigas y columnas en el sentido que lo amerite, para reforzar la edificación.
- Se ingenió una metodología a seguir para presentar una solución técnicamente factible desde el punto de vista estructural y económica, además de contribuir al desarrollo de la ingeniería moderna en Venezuela, como lo es “**Metodología para determinar el factor de deficiencia**”.

Generalmente la incertidumbre y el desconocimiento de los beneficios de la aplicación que pueda traer una nueva técnica, propicia el temor y la desconfianza en un círculo social, no acostumbrado a los cambios que generan las investigaciones científicas en pro de optimizar nuestra calidad de vida y mejorar la de nuestros descendientes.



Familiarizar a los inversionistas a estos cambios será la tarea más difícil, pero a la vez la más reconfortante, porque nos demostraremos a nosotros mismos que además de futuros Ingenieros, seremos también Científicos capaces de aprovechar nuestros propios recursos para garantizar nuestro propio futuro. Solo así creyendo en nuestra fuerza de convicción y en nuestra con ofesional lograremos llevar a la obra todos nuestros proyectos, sin olvidar que **“Los que olvida do están condenados a repetirlo”**.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arnal E. y Epelboim, S. (1985). Manual para el Proyecto de Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Caracas. Venezuela
2. Arnal E. y Barboza E. (1987) Diseño Antisísmico de Edificios. Caracas. Venezuela.
3. Benavides G. Luis (1992) Fundamentos de Geología Física. Ed. Limusa, México.
4. Febres C. Edgar (1992). Fundaciones Superficiales
5. Felder. B. (1986) Evaluación de Formaciones en Venezuela. Caracas. Venezuela.
6. Fratelli, M. (1985) Diseño Restructural en Concreto Armado. Caracas. Venezuela
7. Graces, J. (1997). Diseño Sismorresistente, volumen XXXIII. Caracas. Venezuela. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.
8. González, C. (1985) Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas, tomos I y II. Caracas. Venezuela.
9. Holmes, Arthur. (1976) Geología Física. Ed. Casanova. Barcelona, España
10. Juarra, M. (1991). Manual de calculo práctico y tablas usuales en concreto armado. Caracas. Venezuela.
11. Landa B. C. (1977) Interpretación de las Normas de Concreto Armado. Ed. Sidetur,. Caracas, Venezuela.
12. López O., Castilla E., Lafuente M., Genatios, C. y Cerrolaza , M. (1994) Contribuciones recientes a la ingeniería estructural sismorresistente. U.C.V. Caracas. Venezuela

13. Pérez G, G. y Carrillo P. (1982). Ingeniería de Fundaciones
14. Trefil, J.(1993). 1001 cosas que todo el mundo debería saber sobre ciencia. Barcelona España.
15. Velásquez, J. (1990) Diseño estructural de fundaciones, parte II, Cabezales y Pilotes. Caracas. Venezuela.
16. Normas Venezolanas Covenin Mindur (1753-85) de estructuras de concreto armado para edificaciones Análisis y Diseño. (1985) Caracas. Venezuela Ministerio de Desarrollo Urbano.
17. Norma Venezolana Covenin 1756:1998 para edificaciones sismorresistentes. (1998) Caracas. Venezuela. Ministerio de Desarrollo Urbano y Funvisis.



MAPAS DE PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS GEOLOGICOS EN EL MUNICIPIO SAN JOSE DE LAS LAJAS, PROVINCIA HABANA

AUTORES : Manuel J. Fundora Granda (1), Lázaro A. Díaz Larrinaga (1), Ida Inés Pedroso Herrera Bertha E. González Raynal (2), Julio García Peláez(2)

(1) Departamento de Geofísica Regional y Riesgos, Instituto de Geofísica y Astronomía / CITMA

(2) Dpto. de Sismología-Habana, CENAI/CITMA.

RESUMEN

En correspondencia con los geoindicadores de desastres naturales, dados por la Agenda 21, y utilizando un conjunto de los mapas geológicos, geofísicos, edafológicos, geomorfológicos y de la red fluvial a escala 1: 50 000, se seleccionaron factores de susceptibilidad y de disparo que relacionados por el Método de Superposición de Mapas, permitieron la estimación y cartografía de los Escenarios de Peligros Geológicos (Hundimiento cársico, Sísmico, deslizamiento) e Hidrológicos (inundaciones) en el municipio San José de las Lajas. La compilación y procesamiento de la información sismológica y meteorológica histórica del municipio de San José de las Lajas, permitió el cálculo de las probabilidades de ocurrencias de lluvias máximas diarias y de terremotos máximo observado, para diferentes intensidades, obteniéndose los Mapas de Peligro correspondientes, incluyendo el Mapa de Peligros Múltiples. Fueron estimadas las vulnerabilidades física y social por la acción de los peligros estudiados para diferentes intensidades, construyéndose los mapas de vulnerabilidad correspondientes. Una vez determinadas estas magnitudes se calcularon los Riesgos Geológicos para las Circunscripciones o Consejos Populares según la convolución:

$$Ra_i = C \sum_{i=1}^n (Pi \cdot Vi)$$

Finalmente fueron construidos los Mapas de Riesgos a escala básica correspondientes del municipio San José de las Lajas.

ABSTRACT

In correspondence with the Geoindexes of Natural Disasters, given by the Summit 21, and by making use of the geologic, geophysical, geomorphologic and soil maps and of the fluvial net to scale 1: 50 000, factors of susceptibility and triggering were selected related by the Method of Overlapping of Maps, they allowed the estimate and cartography of the Scenarios of Geologic Hazards (Karst sinking, Seismic, slide) and Hydrological (floods) at San José de las Lajas municipality. The compilation and prosecution of the seismologic and meteorological historical information from San José de las Lajas municipality allowed the calculation of the probabilities of occurrences of daily maximum rains and of maximum observed earthquakes, for different intensities in this territory, being obtained the Maps of corresponding Hazards, including the Map of Multiple one. They were dear the vulnerabilities physics and social for the action of the studied hazards for different intensities, being built the maps of corresponding vulnerability. Once determined these magnitudes, the Geologic Risks were calculated for the Districts or Popular Council according to the convolution:

$$Ra_i = C \sum_{i=1}^n (Pi \cdot Vi)$$

Finally the Maps of Risks were built to basic scale corresponding of San José de las Lajas municipality.

Introducción

El municipio de San José de las Lajas tiene una extensión territorial de 595,5 Km.². Su población es de 63 451 habitantes, el 74,67 % es urbana, asentada en 10 núcleos principales; el 25.33 % restante es rural, 8 230 de esta última categoría se concentran en 39 asentamientos rurales y 7 844 restante están dispersas. En el municipio hay también un buen desarrollo industrial y agropecuario, una buena red de viales y de ferrocarril. En él radican importantes Centros de Investigación y Educación e importantes obras hidrotécnicas, como embalses y canales de distribución de agua para la población, la agricultura y las industrias del municipio o de otros municipios periféricos.

La región de estudio se caracteriza por la presencia de formaciones carbonatadas y carbonatado terrígenas, lo que propicia el buen desarrollo de los fenómenos cársicos. En algunas zonas se han reportado varios casos de hundimientos por carsificación; hay además actividad neotectónica a través de fallas activas con cinco nodos que pueden generar sismos de baja intensidad (Fundora Granda M., et al, 1999).

El 9 de Marzo de 1995, en las cercanías del poblado de Ganuza, se reportó un sismo con intensidad máxima de V grados en la escala MSK-78 (González Raynal Bertha et al, 1995) que puede haberse originado por un hundimiento natural de formaciones cársicas. Ya en 1954, y quizás con un origen similar, se reportó un terremoto de intensidad similar en el caserío de La Jaula (fig 1), cerca del Poblado Tapaste (González Raynal Bertha, 1998).

Según los datos de nivel de precipitaciones máximas para distintas probabilidades, el territorio puede estar sometido a intensas lluvias y aunque el relieve no es tan abrupto, la ocurrencia simultánea de algunos factores tales como, pendientes críticas, característica ingeniero geológico de algunas formaciones, así como las propiedades físicas de algunos tipos de suelos, la erosión de los mismos por la actividad cársica, y el uso de la tierra en el municipio, provocan que algunas áreas pueden presentar susceptibilidad para el desarrollo de escenarios de peligros por deslizamientos, como los reportados en Tapaste en 1954 y Nazareno en 1956, hundimientos o subsidencia, como los reportados en Rosafé Signet y otras áreas (Garcés Domínguez J., 1998). Todos estos fenómenos naturales reportados en la región propician la ocurrencia de los peligros geológicos por deslizamiento, sísmico y hundimientos por carsificación. Estos factores hicieron necesario evaluar tanto los peligros geológicos como los tecnológicos asociados a estos y la vulnerabilidad de los asentamientos humanos e instalaciones económicas y sociales, con el fin de estimar los Riesgos Geológicos y Tecnológicos Conexos ante la ocurrencia de cualesquiera de estos eventos peligrosos, ya sean naturales o inducidos por la actividad antrópica en el municipio San José de las Lajas.

Materiales y métodos

Para la investigación se utilizaron los materiales geológicos, hidrogeológicos, geofísicos, sismológicos, edafológicos, carsológicos, meteorológicos, topográficos y aereocósmicos de la provincia a diferentes escalas, disponibles en ONRM, el IGA, el CENHICA y el CENAIIS así como información de archivo del Centro Nacional de Información Geológica del IGP.

Para aprovechar las ventajas que brindan SIG, en cuanto a la rapidez y confiabilidad en el procesamiento y análisis de la información, se transformaron a formato digital los siguientes materiales a escala básica (1: 50 000):

Mapa Geológico
Mapa Estructural con elementos de Neotectónica
Mapa de la Red de Drenaje Superficial
Esquema de Zonas Geomorfológicas
Esquema Ingeniero-Geológico.
Esquema Potencial de la Carsificación
Mapas de la Erosión Potencial y Actual de los Suelos

Además se utilizaron varios softwares para la adquisición, transformación, elaboración e interpretación del material cartográfico en formato digital: Software Surface Mapping System versión 6.02, Sistema de Información Geográfica Tele/Map versión 2.2 GEOCUBA, TN Estudio, programa para la interpretación de imágenes (García Reyes Edel, et al. 1995), TX Estudio, programa para la interpretación de imágenes y RSI, programa para la interpretación de Imágenes de Teledetección (García Reyes Edel, 1996).

En los análisis para la identificación de los factores de susceptibilidad y de disparo para la ocurrencia de los fenómenos peligrosos así como para la formulación de relaciones empíricas para evaluar la potencialidad de ocurrencia en diferentes puntos del territorio estudiado se utilizaron métodos o adaptaciones de aquellos que usualmente se utilizan en las Evaluaciones de Impacto Ambiental, entre ellos:

- Comisión de Expertos Ad Hoc (Tormenta de Cerebros)
- Listado de Control con Escala Simple
- Superposición de mapas Raster con el SIG TELEMAT.

Toda la información cartográfica disponible fue llevada a formato digital llevándose a cabo el proceso de georeferenciación y vectorización de la misma y se preparó el proyecto de SIG, definiéndose las diferentes capas, por tipo y sus atributos. Se pasó al proceso de topologización y rasterización de las capas del proyecto SIG, la selección de aquellos factores (de susceptibilidad) del medio físico natural cuya presencia crea condiciones para la ocurrencia de un determinado fenómeno geológico que pudiera ser peligroso, así como de aquellos factores (de disparo) cuya presencia condicionan la ocurrencia del fenómeno. y a la selección de las reglas de decisión que los relacionaban y que se asumieron para estimar cada uno de los tipos de peligros existentes en el área de trabajo. La precisión del proyecto fue de 50 metros por pixel.

Escenarios de peligro por deslizamiento.

Para evaluar la Potencialidad a Peligros por Deslizamientos y construir los mapas de Escenarios de Peligro correspondientes, es posible utilizar la función de relación de Mora y Vahrson(1988):

$$Pd = FI * Fr * Fw (FII + Fs) \quad (1)$$

la que a partir de los factores de susceptibilidad (FI, Fr, Fw) y de disparo (FII, Fs) permiten estimar la susceptibilidad de ocurrencia en el área unitaria seleccionada, donde:

FI.- Factor de Susceptibilidad litológica o Factor Litológico

Fr.- Factor de susceptibilidad debida al relieve.

Fw.- Factor de susceptibilidad humedad.

Fs.- Potencial disparador Sísmico

FII.- Potencial disparador Lluvia.

Escenario de peligro por hundimiento por carsificación:

Para la evaluación de la Susceptibilidad al Hundimiento por carsificación, se puede tener en cuenta que los procesos cársticos se producen por la disolución de las rocas y minerales bajo la acción de la aguas subterráneas (Keller E., 1996). Entonces para estimar la probabilidad de ocurrencia de los procesos de carsificación es posible estudiar dos factores; el primero, al que se ha denominado factor pasivo, está relacionado con el tipo de roca y el segundo, llamado factor activo, se relaciona con las aguas subterráneas y combinarlos según la expresión (Fundora Granda Manuel et al., 2000).:

$$EP_{hk} = F_l * F_{hi} \quad (2)$$

Donde: F_{lc} - Factor litológico cársico (pasivo) . F_h - Factor hídrico (activo)

Escenario de peligro por inundación

Para que existan inundaciones en determinadas zonas en primer lugar debe estar presente el factor externo lluvias, en segundo que el modelo digital del terreno exprese la morfología adecuada para la acumulación de grandes volúmenes de agua y en tercero la capacidad de retención de las rocas y suelos al volumen hídrico. Con estas condiciones podemos formular que la valoración del Potencial de Peligro por Inundación, (PI) pudiera quedar expresada por(Fundora Granda Manuel et al., 2000).:

$$PI = F_{hi} * Fw * FII \quad (3)$$

Donde

F_{hi} - factor de susceptibilidad hídrico que depende de la Curvatura Tangencial del MDE y de la Pendiente del mismo.

Fw - factor de susceptibilidad de humedad dado por el nivel de retención de las aguas en el suelo y estimado según el grupo genético de suelo.

FII - factor de disparo, dado por el nivel de las precipitaciones máximas mensuales.

El próximo paso consiste en la obtención de los mapas de Zonación de esas funciones de Potencialidad a los diferentes procesos que entrañan peligros geológicos para ello se utilizan



las posibilidades técnicas de análisis de capas rasters de los SIGs (GEOCUBA 1994), como son:

Clasificación: Para clasificar regiones dentro de la región de estudio de acuerdo al objetivo expresado.

Superposición : Permite establecer operaciones lógicas y aritméticas bajo determinado criterio de decisión.

Proximidad: Para evaluar las distancias entre objetos. Se aplican los llamados corredores ("buffers") que son áreas con un ancho especificado alrededor de un objeto que se emplearon para determinar proximidad de los vienes expuesto a las zonas de riesgo.

Vecindad: Operaciones que tienen en cuenta las relaciones de vecindad, como ejemplos de ellas pueden mencionarse, los mapas de pendiente, de orientación de la pendiente de drenaje acumulado, etc.

Un ejemplo de los Mapas de Escenarios de Peligro obtenidos se muestra en la figura 1.

Estimación de los peligros

Como señalan la mayoría de los autores en la materia (Spencer R.S.J., Corbun A.W. and A. Pomaris, 1991, Ordaz Mario, 1996, Organización Panamericana de la Salud, 1998), los peligros geológicos pueden ser prevenidos solamente cuando se tiene suficiente información geológica, estructural, geofísica y climatológica, con registros en períodos históricos, para evaluar la probable ubicación, magnitud y frecuencia de los posibles eventos destructivos.

Partiendo de la definición de Peligro, como la estimación probabilística de que ocurra un fenómeno geológico de determinada intensidad o rango de intensidades, es posible determinar de la frecuencia de ocurrencia del fenómeno geológico considerado peligroso en un lapso de tiempo dado y para una intensidad o intervalo de intensidades dado ya sea por vía analítica, utilizando diferentes algoritmos de modelación, o por vía numérica con respaldo estadístico.

Peligro sísmico.

El proceso de estimación del peligro sísmico involucra varios factores. En primer lugar es necesario conocer donde ocurren los terremotos y conque fuerza y frecuencia, así como la forma en que se manifiestan sus efectos a diferentes distancias del foco o hipocentro. Si a todo esto se le une un algoritmo de calculo (Cornell, 1968, McGuire, 1976, otros), obtendremos finalmente el peligro sísmico a que esta sometido un lugar específico o una región, en forma de curvas o mapas.

En el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas los cálculos del peligro sísmico habitualmente se realizan con un programa propio, denominado SACUDIDA (Alvarez Gómez J. Leonardo (1995), que tiene la posibilidad de aplicar diferentes algoritmos de cálculo, a la vez



que permite usar diversos modelos de atenuación y de frecuencia de ocurrencia de terremotos dentro de una zona sismogeneradora.

A partir de las bases de datos de los resultados iniciales de los trabajos realizados en el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, se pueden obtener, utilizando una interpolación espacial por el método del inverso de la distancia, los valores de los períodos de recurrencia correspondientes al área de interés, para intensidad sísmica así como los valores medios para cada valor de intensidad; y para el caso en que no sean posibles sacudidas de un valor dado por alguno de los trabajos, se asume un período de recurrencia de 100 000 años. A partir de esos valores medios se confeccionan, utilizando un modelo Poissoniano de ocurrencia de sacudidas, los gráficos de probabilidad de que no sean igualados o excedidos valores dados de intensidad para tiempos de espera de 10, 20, 50, 70, 100 y 200 años. El nivel de peligro que se puede emplear va desde un período de recurrencia de 100 años para construcciones convencionales a uno de 10,000 años para Centrales Nucleares. En el orden probabilístico es común en muchos lugares tomar un nivel de probabilidad de 0.9 y un tiempo de espera de 50 años para construcciones normales, y puede ser que se varíen uno u otro, determinándose el valor de intensidad que lo satisface.

En la tabla I se muestra un ejemplo de las Probabilidades de que acontezcan sismos de tres niveles de intensidad en el municipio de San José de las Lajas utilizando este procedimiento.

Tabla I.- Probabilidades de ocurrencia de terremotos para tres niveles de intensidad sísmica y sus correspondientes períodos de recurrencia en el municipio San José de las Lajas.

Intensidades de sacudidas Sísmicas (Mmax)	Período de recurrencia(años)	Probabilidad de ocurrencia(%)
< V	<100	70
V-VI	100-475	25
>VI	>475	5

Peligro de inundación

Una vez determinadas las áreas más propensas a las inundaciones, es necesario determinar el peligro de inundación, el cual no es más que la probabilidad de ocurrencia en un área (escenario susceptible de inundarse) y en un lapso de tiempo determinado, de un evento potencialmente dañino para los bienes expuestos. Para ello fue necesario evaluar el comportamiento temporal de las intensas lluvias y su relación con la historicidad de las inundaciones para así hacer corresponder a cada uno de los escenarios una probabilidad de ocurrencia de inundación, de acuerdo a su potencial de susceptibilidad. Para estudiar el comportamiento temporal de las precipitaciones se emplearon los resultados de las investigaciones del Instituto de Meteorología reflejados en el Atlas Nacional de Cuba (1994) en los cuales se recoge el comportamiento de la probabilidad anual de un 1% de que ocurran precipitaciones con intensidades máximas diarias en zonas de montañas y llanuras, y se estimaron para diferentes intervalos de intensidades máximas diarias, a partir de un coeficiente



de transición, las diferentes probabilidades anuales de que ocurran (B. Kochiachivili, Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1994), utilizando en este caso los coeficientes que corresponden a las regiones de llanuras ya que es allí donde están las zonas susceptibles de inundarse. Por otra parte se compilaron los datos históricos de niveles de inundación por regiones, reportados por la Defensa Civil correspondientes a las precipitaciones de intensidades máximas correlacionándolos, esto permitió establecer las probabilidades de niveles de inundación a alcanzar para los eventos de precipitaciones de diferentes intensidades.

Peligro por deslizamientos

Para los deslizamientos se establecen como factores potenciales de disparo, las intensas lluvias y los sismos, como que los factores de disparo tienen una génesis diferente, la probabilidad de repetición de la amenaza (deslizamiento) se estimó como la suma de ambas probabilidades de aquí se adopte el criterio de estudiar la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento a partir de la suma de las probabilidades de que ocurran lluvias y sismos de determinadas intensidades (Ordaz Mario, 1996)

Como antes se vio, en el caso de las inundaciones, aquí para estudiar el comportamiento temporal de las precipitaciones se emplearon, como antes, los resultados de las investigaciones del Instituto de Meteorología reflejados en el Atlas Nacional de Cuba(1994), utilizando en este caso los coeficientes que corresponden a las regiones de elevaciones donde están los escenarios de posibles deslizamientos.

Desde el punto de vista del factor de disparo terremotos, deben tenerse en cuenta tanto la sismicidad regional (terremotos ocurridos en las zonas lejanas al área de estudio que la hallan afectado) como la sismicidad local (terremotos ocurridos en las zonas cercanas al área de estudio y dentro de ella) apoyándonos en los mapas de isosístas de los terremotos históricos. Con este resultado y las familias de curvas probabilísticas de no-excedencia para diferentes tiempos de espera se determina la probabilidad de ocurrencia del terremoto de intensidad dada.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de Mapa de Peligro.

Estimados de la vulnerabilidad

La Vulnerabilidad expresa el grado de afectación física o funcional que sufre un bien expuesto al fenómeno de determinada intensidad. Por lo general en las instalaciones puede estar determinada por uno o varios de los siguientes factores: tipología constructiva, edad de la construcción, altura, profundidad de los cimientos, etc. y se denomina Vulnerabilidad Física. En el caso de los grupos humanos, la Vulnerabilidad, denominada Social o Humana, puede estar condicionada por el sexo, la edad, grado de instrucción, estado de salud, etc.

Los estimados de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un evento se realizan teniendo en



cuenta que la vulnerabilidad es la susceptibilidad de un bien expuesto a las fuerzas naturales de determinada intensidad.

Por ejemplo el cálculo de la vulnerabilidad por la ocurrencia de un evento sísmico se estimó a partir de la fracción de la vivienda que se afecta ante la ocurrencia de un sismo con intensidad dada en grados MSK-78 (EMNDC, 1999).

En la escala de intensidades MSK-78 utilizada en la evaluación de los daños ocasionados por los sismos en nuestro país, las edificaciones se clasifican según la tipología constructiva en A, B y C.

A- Edificios de piedra picada, construcciones rurales, casas de adobe, casas de arcilla.
B- Edificios de ladrillo corriente, construcciones enmaderadas, edificios de piedra natural labrada.
C- Edificios de hormigón armado prefabricado, construcciones de paneles grandes prefabricados, construcciones de madera bien fabricadas.

Esta clasificación difiere de la clasificación de la DAU, porque esta basada fundamentalmente en el tipo de material (hormigón, bloques y ladrillos, adobe, madera, etc.) que predomina en la edificación, considerándolas sin medidas antisísmicas.

Por esta razón fue necesario adecuar la clasificación de la DAU (cinco categorías), la cual divide las edificaciones según las características constructivas de los elementos que las componen (paredes, techo, pisos, etc.), para poder pronosticar los daños en caso de un evento sísmico de acuerdo a la escala MSK-78. De esta forma las edificaciones de tipología I serían del tipo C, las de tipología II, III y IV de tipo B y las de tipología V de tipo A.

Otro factor a tener en cuenta es el por ciento de edificaciones dañadas por unidad de área, donde:

Aisladas equivale a un 5%
Muchas equivalen a un 20%
La mayoría equivale a más del 55%

El tercer factor es el grado de daños clasificado en cinco categorías:

Grado 1: daños ligeros
Grado 2: daños moderados
Grado 3: daños considerables
Grado 4: destrucción parcial
Grado 5: destrucción total

Con estos datos a partir de la experiencia estadística mundial y del país se construye una matriz de Vulnerabilidad (por Consejo Popular) para terremotos de determinada intensidad, a partir de los daños esperados según la tipología constructiva en cada Consejo Popular.

Similarmente se trabajó en el caso de las inundaciones estableciéndose la siguiente clasificación según el nivel de daños:

- 0.- No hay daños ni funcionales ni estructurales.
- 0,2.- Daños funcionales por menos de 1 mes.
- 0,4.- Daños funcionales por mas de 1 mes
- 0,6.- Daños estructurales ligeros
- 0,8.- Daños estructurales medios
- 1,0.- Pérdida de funcionalidad total por daños estructurales severos.

Cálculo de los Costos y estimación de los Riesgos.

Una vez estimada la vulnerabilidad y la probabilidad de ocurrencia de las intensidades analizadas se requiere determinar los riesgos por los distintos peligros geológicos de acuerdo con sus intensidades aplicando la ecuación 4.

$$Ra_i = C \sum_{i=1}^n (Pi \cdot Vi) \quad (4)$$

Donde:

Ra_i.- Expresa el Riesgo asociado i esimo ante un evento peligroso de intensidad i esima

Tabla II – Característica de las bases de datos del proyecto SIG, RIESGOS GEOLÓGICOS.

Capas del Proyecto	Tipo	Atributos	Número de objetos
Límite Territorial	Areal	Area, Perímetro	1
Circunscripciones	Areal	Area, Perímetro Nombre, Viviendas por tipología Habitantes, costos por tipología	48
Tipología Constructiva	Areal	Area, Perímetro, Tipología	48
Asentamientos	Areal	Area, Perímetro, Nombre Importancia	40
Consejos Populares	Areal	Area, Perímetro, Nombre Población	7
Escenarios de hundimientos	Areal	Area, Perímetro	6
Escenarios por inundación	Areal	Area, Perímetro	5
Escenarios deslizamientos	Areal	Area, Perímetro	4
Escenarios sísmicos	Areal	intensidades	3
Vías de Comunicación	Lineal	Tipo	50
Instalaciones	Puntual	Nombre, Tipo, Producción	40
Lluvias	Puntual	Precipitaciones/mes Precipitaciones/años	
Sismo	Puntual	Lugar, Fecha Intensidad(MSK) Profundidad, Magnitud	4
Instalaciones Críticas	Puntual	Nombre, Grupos de riesgos Areas de riesgos, Total trabajadores, Prof. de , propagación, Personas, expuestas, Tipo, Contaminantes	72
Embalses	Areal	Nombre, Volumen (m ³ .)	19

Pi.- es el peligro o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno peligroso de intensidad i esima , **Vi**.- es la Vulnerabilidad media o grado de afectación media que sufre el sistema construido ante la acción de un evento peligroso de intensidad i esima, **C**.- es el valor de



los bienes expuestos, estimado según costo de las viviendas atendiendo a su tipología constructiva dados en el Manual del Programa para el Desarrollo Tecnológico de la Vivienda, 1997).

Para obtener los mapas de Riesgos se utilizan las capas y sus atributos como las que aparecen, a modo de ejemplo, en la Tabla II. El mapa de Riesgo obtenido se expresa en las mismas unidades que C (MP o miles de personas), ya que el peligro y la vulnerabilidad son cantidades adimensionales. Finalmente en la Zonación de los riesgos se categorizan los niveles de riesgos según intervalos de monto de daños mostrándose un ejemplo en la tabla III..

Tabla III. - Categorización de los Estimados de Riesgos por inundaciones

Riesgo físico, Rf (miles de pesos)		Riesgo social, Rs (miles de personas)	
$Rf \geq 15,0 \cdot 10^3$	Zona de alto riesgo	$Rs \geq 5,0$	Zona de alto riesgo
$15,0 \cdot 10^3 > Rf \geq 5,0 \cdot 10^3$	Zona de riesgo moderado	$5 > Rs \geq 1,0$	Zona de riesgo moderado
$5,0 \cdot 10^3 > Rf \geq 1,0 \cdot 10^3$	Zona de riesgo ligero	$1,0 > Rs \geq 0,05$	Zona de riesgo ligero
$1 \cdot 10^3 > Rf > 0,0$	Zona de bajo riesgo	$0,05 > Rs > 0,0$	Zona de bajo riesgo
$Rf = 0,0$	Zona libre de riesgo	$Rs = 0,0$	Zona libre de riesgo

.En la figura 3 se muestra el mapa de Riesgos por Deslizamientos en el municipio.

CONCLUSIONES

Del análisis integrado de los mapas se concluye que el peligro que más afecta al municipio son las inundaciones y las zonas más afectadas se localizan prácticamente en la franja que, corriendo del NW al SE, se extiende por toda la parte central del área de estudio, desde el municipio de Bejucal, pasando por los poblados de El Tamarindo, Pedro Pí, San José de las Lajas y el sudeste de San Antonio de las Vegas, para terminar al SE del municipio Güines, siendo el área total de afectación de 200 km².

La probabilidad de ocurrencia de peligro provocado por lluvias de intensidades entre 100 y 150 mm es del 15 %, mientras que para lluvias superiores a 150 mm, la probabilidad es del 10 %.

Los estimados máximos de pérdidas por inundación oscilan entre 300 000 y 16 300 000 pesos por año, con una probabilidad del 15 % y el total de personas que pudieran verse afectadas supera las 45 500, concentrándose la mayor parte en el casco urbano de San José de las Lajas.

Los deslizamientos provocados por sismos, también tienen una probabilidad muy baja de ocurrencia y sólo de categoría I, poseen un carácter local y las afectaciones previstas no deben ser de consideración.



Los riesgos mayores, por la acción de estos fenómenos geológicos, se concentran en los Consejos Populares de San José Sur y San José Norte, donde mayor densidad de población existe y donde más industrias están presentes, pudiendo provocar más pérdidas económicas y de vidas.

El riesgo sísmico asociado al municipio es relativamente bajo, las pérdidas esperadas para el terremoto máximo observado están asociadas solamente a las edificaciones de tipología A o B en estado técnico deficiente. No obstante se confeccionó un mapa de riesgo para el evento máximo pronosticado(extremo), debido a que en el municipio existen numerosas industrias que almacenan productos altamente tóxicos, cuya afectación podría producir un impacto negativo en el medio ambiente natural y en la población, a pesar de que la probabilidad de ocurrencia de este sismo sea muy baja.

Bibliografía

Alvarez Gómez J. Leonardo (1995): SACUDIDA Versión 2.0. Un Programa para la estimación de la peligrosidad Sísmica. Editorial Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.

Blue Sky Software Corporation of Robo Help (1998): Manual del Software Surface Mapping System (Surfer), versión 6.02

EMNDC, 1999 I, "Defensa Civil del territorio y Planes de Evacuación en caso de desastres.", Folleto EMNDC, La Habana, Cuba.

Fundora Granda M. J., L. Díaz Larrinaga, T. Torres, M. Guerra, M. Campos, E. Jaimes, Bertha E. González Raynal, J. García, 1999, " (inédito), " Identificación preliminar de escenarios peligros geológicos en el municipio San José de las Lajas", Informe Parcial de Resultado, IGA-CENAI, CITMA, La Habana, Cuba.

Fundora Granda M. J., L. Díaz Larrinaga, Ida Inés Pedroso Herrera, T. Torres, Bertha E. González Raynal, J. García y Manuel Serrano Herrera, 2000, (inédito), "Mapas de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos Geológicos y Tecnológicos Conexos en el municipio San José de las Lajas", Informe Parcial de Resultado, IGA-CENAI, CITMA, La Habana, Cuba

Fundora Granda M. J., L. Díaz Larrinaga, Ida Inés Pedroso Herrera, Bertha E. González Raynal y J. García, 2000, (inédito), "Metodología para la estimación de Peligros y Riesgos Geológicos y Tecnológicos asociados a escalas media y básica en zonas rurales con desarrollo industrial" Informe Parcial de Resultado, IGA-CENAI, CITMA, La Habana, Cuba

Garcel Domínguez Jorge Fdo. (1995): " Estructura urbana y desarrollo histórico de San José de las Lajas", Tesis de Diploma para la Carrera de Arquitecto, ISPJAE, La Habana, Cuba.

----- (1998), Comunicación Oral



García Reyes Edel, Maribel Páez Moro, Alvarez Wong Ismael y Castellanos Abella Enrique (1995): Manual del curso de procesamiento digital de imágenes de teledetección, GEOCUBA - Investigación y Consultoría, Playa; Ciudad de La Habana .

García Reyes Edel (1996): RSI Programa para la interpretación de imágenes de teledetección, GEOCUBA - Investigación y Consultoría, Playa; Ciudad de La Habana.

García Edel (1998): RSI programa para la interpretación de imágenes de Teledetección Memorias del III Congreso Cubano de Geología y Minería (1998), Palacio de las Convenciones, Cuba.

GEOCUBA (1997): Manual del Sistema de Información Geográfica Tele/Map, versión 2.2 . Dpto. Estudios Marinos, La Habana, Cuba.

González Raynal Bertha (1995): Informe científico-técnico del sismo del 9 de marzo de 1995. Ganuza, municipio San José de las Lajas., CENAIIS, Filial Provincial.

----- , (1998), Comunicación Oral.

Instituto Geográfico Español e Instituto de Geografía (1994): Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Madrid España.

Instituto Nacional de la Vivienda, 1997, " Programa para el Desarrollo Tecnológico de la Vivienda en el período 1997-2000, La Habana, Noviembre de 1997, Cuba.

Ordaz Mario (1996): Algunos conceptos del análisis de riesgos Prevención No. 14, CENAPRED.

Organización Panamericana de la Salud, 1998, " Mitigación de Desastres Naturales en sistemas de agua potable y alcantarillados" (Serie Mitigación de Desastres) OPS, Washington D.C.

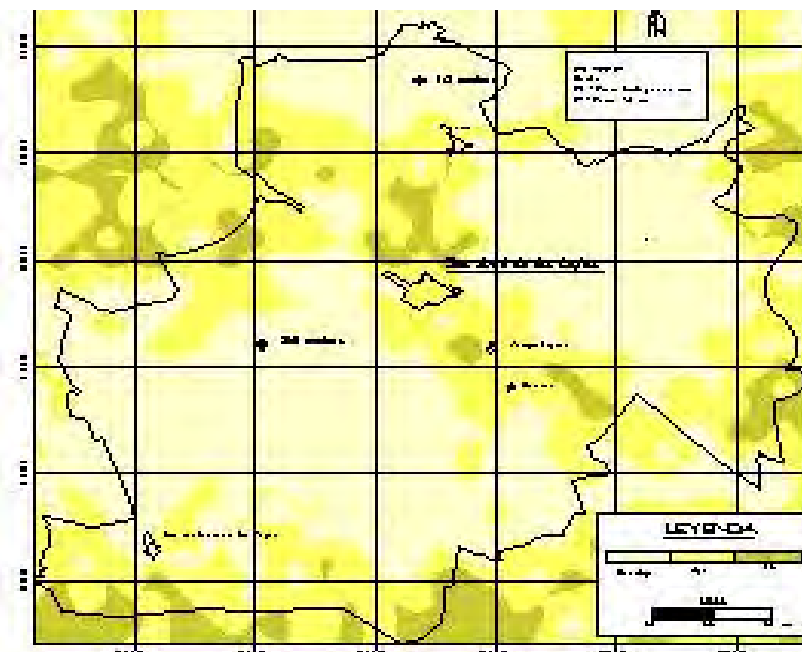


Fig.1.- Mapa de Escenarios de Peligro por Hundimientos Cársicos en San José de las Lajas.

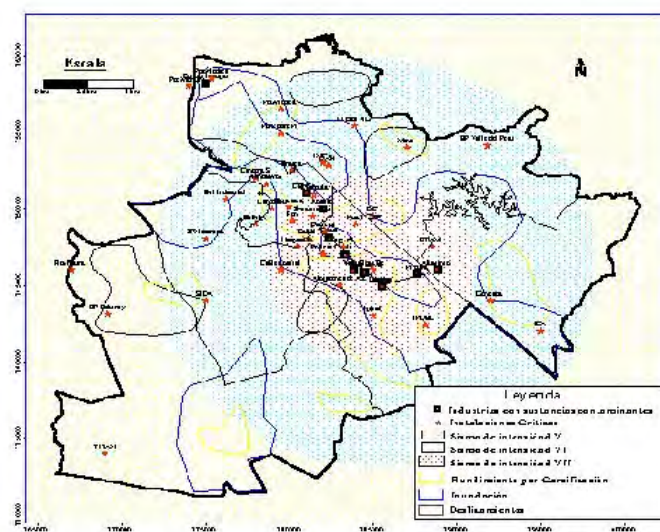


Fig.2.-Mapa de Peligros Múltiples e Instalaciones Críticas de San José de las Lajas.

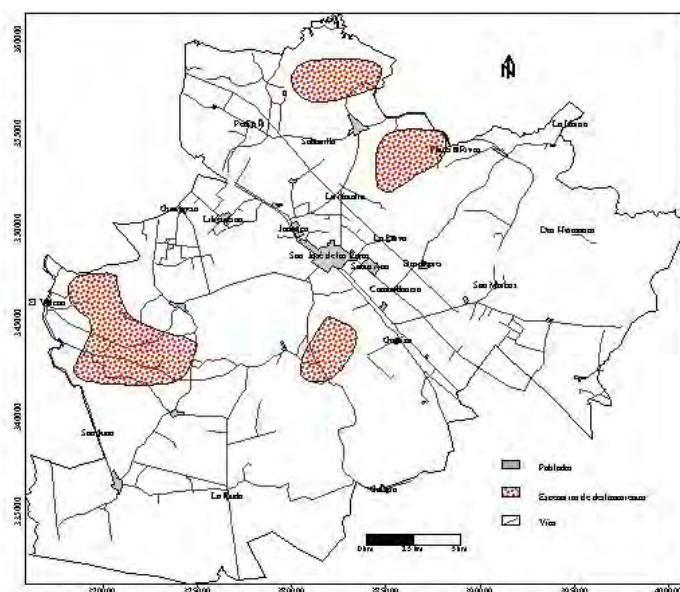


Fig.4.-Mapa de Riesgos por deslizamientos en San José de las Lajas.

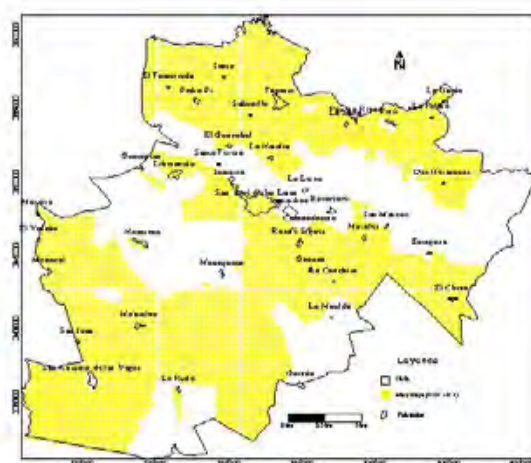


Fig.3.-Mapa de Vulnerabilidad Sísmica Media para I=VI, en San José de las Lajas.



EVALUACION Y ZONIFICACION DE LA FACTIBILIDAD DE SALINIZACION DE SUELOS DEL VALLE DEL CAUTO PROVINCIAS HOLGUIN Y LAS TUNAS POR METODO HIDROGEOLOGICO.

Constantino de Miguel Fernández

Instituto Superior Minero Metalúrgico "Antonio Núñez Jiménez". Las Coloradas S/n CP. 83329. Moa. Holguín. Cuba. C Eléct: cdemiquel@moa.minbas.cu

RESUMEN

En la evaluación y zonificación de la de factibilidad de salinización de los suelos del Valle del Cauto en las provincias de Holguín y Las Tunas se aplica un nuevo método hidrogeológico de pronóstico establecido por el autor del trabajo, en el que se integran cuatro factores de incidencia principal sobre las características de los suelos y que son: 1^{ro}- Profundidad de yacencia de las aguas subterráneas. 2^d- Litología de la zona de aireación. 3^{ro}- Propiedades de ascensos capilares de la zona de aireación. 4^{to}- Quimismo de las aguas subterráneas, representado por el Índice de Salinidad Marina (I.S.M.), establecido por el autor. Basado en los factores mencionados y grado de interrelación de los mismos se establecieron clasificaciones de los suelos que permitió zonificar y caracterizar el Valle del Cauto por grado de factibilidad (potencialidad) de salinización de los suelos, en un área de 3813 km² de las provincias Holguín y Las Tunas y cuyas características se describen en el texto, tablas y mapa anexo a escala 1:770 000, pantografiado del original confeccionado a escala 1:100 000.

El mapa elaborado permite desarrollar un uso sostenible de los suelos del territorio, sirviendo de base a la programación de proyectos de riego y drenaje y a la argumentación de los mismos en aquellas zonas donde es necesario el drenaje y en las que se puede desarrollar el riego bajo condicionales que se especifican en el trabajo. De tal forma el mapa elaborado sirve como Mapa Base para un Reordenamiento Territorial que permita el uso sostenible de los suelos.

ABSTRACT

In the work a new method is introduced that compose: 1- depth of the underground waters. 2- lithology of the stratum of covering. 3- properties of capillary ascent in the stratum of covering. 4- chemism of the underground waters, represented by the coefficient of Marine Salinity (ISM) established for the author of this work.

As an example of application practice are introduced the "Map of Factibility of Salinization of the Floors" in an area of 3813 Km² of the Cauto Valley in Holguin and Las Tunas provinces in which it is defined the areas with different grade of salinization factibility.

INTRODUCCION



Dentro del contexto de protección al "Medio Ambiente" y considerando que el suelo es uno de los principales elementos ambientales, por su importancia como fuente de alimentos y desarrollo de la flora y la fauna, en este trabajo nos hemos dado a la tarea de establecer una forma de diagnosticar la factibilidad de salinización de los suelos, con vistas a prevenir las consecuencias que pueden producir la aplicación del riego de una forma indiscriminada, es decir, sin una debida argumentación técnica, fundamentada en las condiciones geo-hidrogeológicas e incluso con una incorrecta utilización de los suelos con producción en secano..

Para la aplicación del conjunto de métodos hidrogeológicos en los cuales trabajamos desde hace cinco años, por estudios, procesamiento y correlación de datos de archivo, referidos a litología, profundidad y quimismo de las aguas del Valle del Cauto en las provincias de Holguín y Las Tunas, donde anualmente en distintos grados se salinizan cientos de hectáreas de suelos agrícolas con producción en secano y bajo riego, en el presente trabajo presentamos la evaluación y zonificación del territorio mediante la confección el mapa elaborado para este territorio de "Factibilidad de Salinización de los Suelos por las Condiciones Hidrogeológicas Existentes", el cual representa el resultado final con la integración de distintos mapas hidrogeológicos y de quimismo de las aguas subterráneas, en los que se han establecido nuevos coeficientes para definir la salinidad acuífera con sus clasificaciones correspondientes.

Para la confección del "Mapa de Factibilidad de Salinización" del Valle del Cauto que se presenta, se utilizaron datos de 543 análisis químicos, 482 puntos con mediciones de nivel de las aguas subterráneas y 350 puntos con descripciones litológicas de la zona aireación y acuíferos con cálculos de los ascensos capilares en la zona no saturada, todos ellos tomados de los archivos de Entidades del I.N.R.H. de la Provincia Holguín y Las Tunas, así como de otras entidades que ejecutan perforación y mediante algunos recorridos de campo para completamiento de datos.

I-METODOLOGIA PARA EL PRONOSTICO DE LA FACTIBILIDAD DE SALINIZACIÓN DE SUELOS.

El pronóstico de la factibilidad de salinización de los suelos representa la caracterización de los factores que pueden influir en esa salinización, los cuales de forma práctica podrán ser representados en un mapa, que refleje la interacción de los mismos por clasificación que se defina.

Para la confección del "Mapa de Factibilidad de Salinización de los Suelos" de cualquier territorio, considerando como factores que influyen en esta salinización las condiciones hidrogeológicas, se requiere de la aplicación de un Sistema de Información Geográfico con la confección como mínimo de tres mapas básicos que son: Mapa de Profundidad de Yacencia del Nivel de las aguas subterráneas, Mapa de Litología de Cubierta (zona de aireación) y Mapa de Salinidad de las aguas freáticas (para este último consideramos el Índice de Salinidad Marina (ISM) establecido por el autor de este trabajo. En este caso los análisis químicos se procesaron y se determinó el Índice de Salinidad Marina (I.S.M.) en cada punto seleccionado, aplicando la formula:



$$\text{ISM} = (\% \text{ Cl} + \% \text{ Na}) / (\% \text{ HCO}_3 + \% \text{ Ca}) \quad (\text{C. de Miguel} - 1992)$$

Es esta ecuación los porcentajes de los iones se toman de la suma de los miligramos equivalentes de los aniones y cationes de forma independiente o de la suma total de ellos.

Como puede observarse de la ecuación del ISM los cloruros (Cl) y el Sodio (Na) son elementos predominantes en las aguas marinas y el Hidrocarbonato (HCO₃) y el Calcio (Ca) son elementos predominantes de acuíferos continentales. De tal forma este coeficiente corresponde con la determinación de factores que influyen en la salinidad de suelos agrícolas existentes en territorios formados por rocas y sedimentos de origen marino y marino - aluvial en los cuales la salinidad de los suelos es predominantemente clórica y sódica. En el Valle del Cauto predominan las aguas subterráneas Cloricas-Sodicas con mineralización 2 a 5 gr./l. Y la mineralización de los suelos predominante es clorica y sodica.

Estas características no tienen ninguna relación con la línea de costa actual, ya que los niveles de las aguas subterráneas predominantemente se encuentran sobre la cota absoluta + 40 m.

Para la caracterización del territorio de estudio por salinidad de las aguas se aplicó la clasificación de tabla No. I

Clasificación I.S.M. (C. de Miguel 1992)

Tabla 1

Valor I.S.M	Tipo de Agua o Acuífero
< 1	Aguas o Acuífero no Salinizado
1 - 1.9	“ débilmente salinizado
2 - 6.9	" salinizado
7 - 21	" muy salinizado
> 21	“ hipersalinizado (aguas de mar)

En un gran porcentaje del territorio del Valle del Cauto como otros territorios en las condiciones de Cuba, los datos del quimismo de las aguas subterráneas no se tienen y es necesario obtener estos datos de la forma más rápida y económicamente posible; para ello ejecutamos recorridos de campo debidamente programados con el objetivo de obtener los datos necesarios tanto para los mapas de profundidad de yacencia de las aguas subterráneas como para la evaluación del índice de salinidad marina (ISM), para ello en los recorridos se cartografiaron puntos de aguas subterráneas complementarios (manantiales, pozos y calas), tomando los parámetros necesarios y ejecutando mediciones de la mineralización de las aguas en cada punto censado, utilizando salinómetros. Con los datos obtenidos el Índice de salinidad marina se determinó de las mediciones en campo aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{ISM} = 1.18 \text{ M} \quad (\text{C. de Miguel} 1992)$$

donde: M- mineralización de las aguas en sales solubles totales por salinómetro en gr. / l.

II- CONFECCIÓN DEL MAPA DE FACTIBILIDAD DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS POR CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EXISTENTES EN VALLE DEL



CAUTO PAOVINCIA HOLGUIN Y LAS TUNAS.

Para la confección de este mapa de Factibilidad en el Valle del Cauto por la litología predominante, se requirió de la conjugación de tres mapas Básicos:

- 1^{ro}. Mapa de Profundidad de Yacencia de las Aguas Freáticas.
- 2^{do}. Mapa de Quimismo de las Aguas Freáticas.
- 3^{er}. Mapa de Litología de Cubierta y ascensos capilares de la misma.

Para poder lograr la elaboración del mapa, fue necesario establecer una clasificación que correlacionara el ISM con la profundidad de yacencia de las aguas freáticas, teniendo en cuenta que el mayor territorio del Valle del Cauto esta formado por sedimentos y rocas arcillosas, para las cuales están determinadas la permeabilidad, porosidad y magnitud del ascenso capilar, éste último de importancia primordial y que puede ser tomado de literatura. La clasificación de los suelos por condiciones hidrogeológicas presentes se expone en tabla No III. anexa.

Magnitud del ascenso capilar Máximo [Según I.A.Skabalanovich y M. V. Cedenko-1980] Tabla II

Litología	Ascenso Capilar Máximo - m.
Arena gruesa	0.15
Arena Media	0.50
Arena Fina	1.10
Arena Arcillosa	2.0
Arcilla Arenosa ligera	3.5
Arcilla arenosa pesada	6.5
Arcilla	12.0

Con datos de pruebas de laboratorios, el ascenso capilar máximo de los sedimentos arcillosos puede determinarse por la siguiente formula:

$$H_c = 0.0446 \frac{1 - n}{n} \frac{1}{d_e} \quad (\text{Kozeni})$$

Donde: n-coeficiente de porosidad de los sedimentos.

d_e - diámetro efectivo de los sedimentos que forman la zona de aireación.

Con la aplicación del método de pronóstico y clasificación establecidos, el área de estudio pudo ser caracterizada y zonificada con resultados que se exponen en las Tablas IV y V, así como en Mapa anexo.



Características Establecidos para el Valle del Cauto Prov. Holguín y Las Tunas –Tabla IV

Tipo de suelo	Valor I.S.M.	Profundidad nivel de las aguas (m)	Requerimientos generales para la aplicación de riego
I Prácticamente no salinizable	< 1	> 3	No se requiere de medidas de drenaje, exceptuando zonas llanas de empantanamiento donde debe preverse drenaje superficial
	1 - 1,9	> 5	
	2 - 6,9	> 10	
	> 7	> 15	
II Poco salinizable	< 1	1 - 3	Solo requiere de drenaje superficial, en algunos casos drenaje horizontal, soterrado profundo
	1 - 1,9	3 - 5	
	2 - 6,9	5 - 10	
	> 7	10 - 15	
III Salinizable	< 1	< 1	Requiere de drenaje superficial profundo, en algunos casos drenaje horiz., soterrado profundo o vertical (bombeo de pozos)
	1 - 1,9	1 - 3	
	2 - 6,9	3 - 5	
	> 7	5 - 10	
IV Muy Salinizable	1 - 1,9	< 1	Requiere de combinación de drenaje superficial y horizontal soterrado profundo, en algunos casos combinado con vertical profundo y recarga artificial
	2 - 6,9	1 - 3	
	> 7	< 5	
V Extremadamente Salinizable	< 1,9	< 0,5	En estos casos no debe regarse, pero si se requiere de drenajes combinados con recarga artificial y bombeo de pozos, para lavado del acuífero y mejoramiento de los suelos
	2 - 6,9	< 1	
	> 7	< 3	

Nota: En todos los casos se prevé que el riego se ejecute con aguas de mineralización menor de 1 gr./l y I.S.M. < 1.

Teniendo ya todos los datos necesarios se procedió a la elaboración del mapa de factibilidad de salinización superponiendo al mapa de salinidad de las aguas subterráneas [en base al I.S.M], el mapa de profundidad de yacencia del nivel de las aguas freáticas y de litología y en correspondencia con la clasificación establecida se delimitaron las áreas con distinto grado de factibilidad (potencialidad) de salinización para toda el área del Valle del Cauto de las Provincias Holguín y Las Tunas, con los resultados expuestos en la tabla No V.



Resultados de la Zonificación de los suelos por factibilidad de salinización

Tabla V

Tipos de suelos por factibilidad de salinización	Áreas con distinto grado de factibilidad de salinización de los suelos					
	Prov. Holguín		Prov. Las Tunas		Total Área del Valle	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Prácticamente no salinizables	686	31.3	660	40.6	1346	35,3
Poco salinizables	640	29.2	355	21.8	995	26.1
Salinizables	400	18.3	314	19.3	714	18.7
Muy salinizables	350	16	230	14.2	580	15.2
Extremadamente salinizables	112	5.2	66	4.1	178	4.7
TOTAL	2188	100	1625	100	3813	100

(Ver mapa anexo)

III-CONCLUSIONES

El mapa confeccionado de factibilidad de salinización de suelos del Valle del Cauto en las provincias Holguín y Las Tunas por superposición con mapas de salinidad de suelos de ese mismo territorio presenta plena correspondencia, lo que nos permite asegurar que la metodología establecida es correcta al cumplir los objetivos para lo que fue confeccionada, a la vez que nos define que las condiciones hidrogeológicas existentes, representan una de las principales causas de salinización de los suelos del Valle del Cauto, cuando los mismos son explotados sin considerar estas condiciones y sobre todo cuando se utiliza el riego sin la debida argumentación basada en esas condiciones

2-La metodología, clasificaciones y mapa elaborado, son los primeros de este tipo que se confeccionan en Cuba y por grado de conocimiento que se tiene al respecto, pueden considerarse también, que los mismos presentan carácter novedoso en el ámbito internacional, siendo su aplicación de carácter universal.

3-El método y clasificación establecida permite a investigadores, proyectistas y agricultores, definir de forma preliminar, con pequeñas inversiones, la posibilidad y características de la aplicación de riego, por lo que por anticipado permiten pronosticar las dimensiones e inversiones que pueden demandar las investigaciones, proyectos y construcciones de los sistemas de riego y drenaje que se requieren para una aplicación correcta de los mismos.

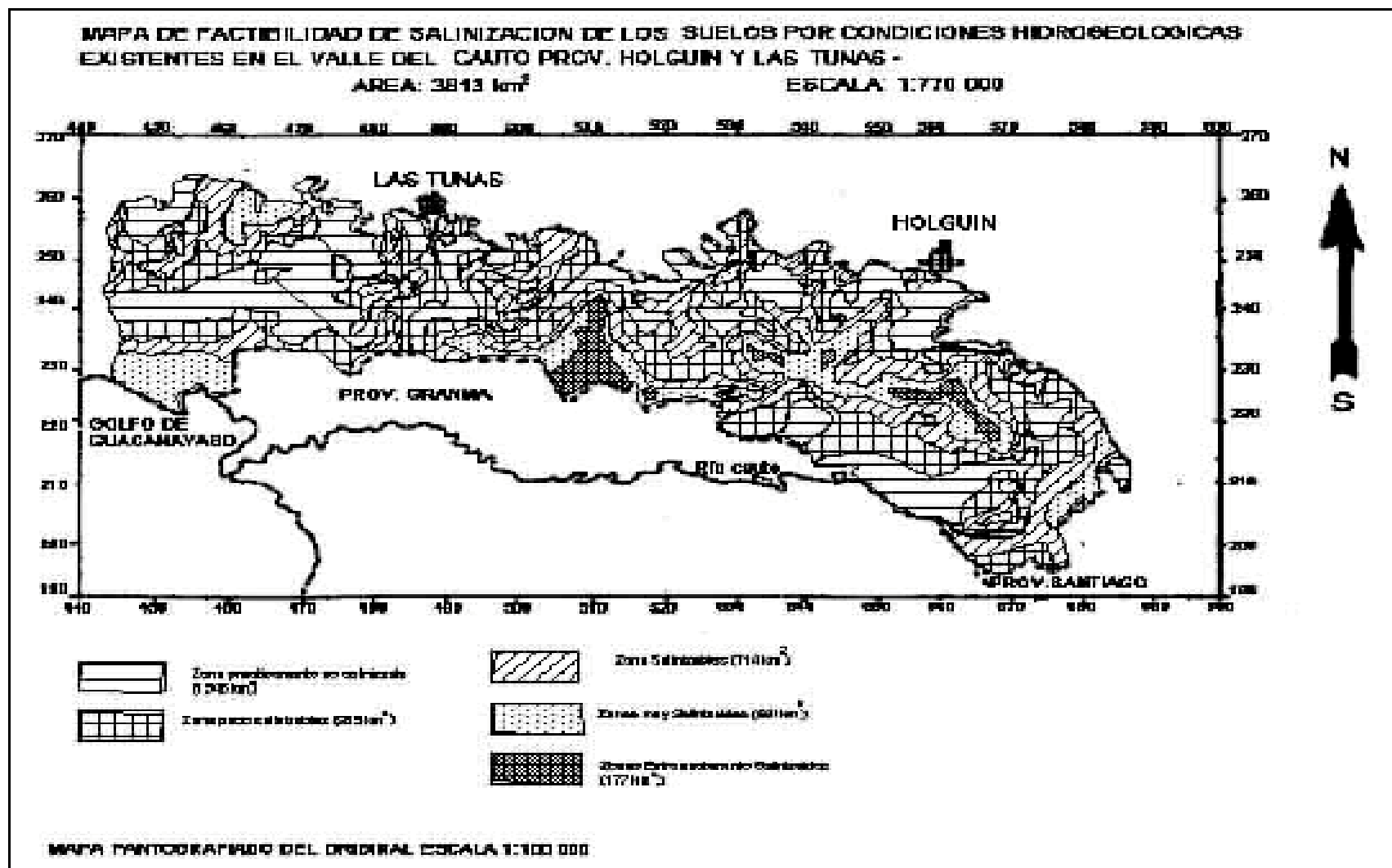
4-Dentro del concepto de protección y mejoramiento del Medio Ambiente, la metodología establecida y mapa elaborados, permiten la planificación de las medidas a tomar con fines de proteger y mejorar los suelos agrícolas del Valle del Cauto en las provincias Holguín y Las Tunas y en todo el territorio Nacional, si se generaliza su aplicación, con lo que se podrá lograr un uso sostenible de los suelo



5-El Valle del Cauto en las provincias Holguín y Las Tunas, con un área de 3813 km², solo cuenta con 1346 km² (35.3% del área estudiada), donde el riego agrícola puede aplicarse sin peligro de salinización de suelo. El resto del área en estas provincias, equivalente a 2467 km² (64.7% del área estudiada), en menor o mayor grado presenta condiciones hidrogeológicas favorables a la salinización de los suelos, con la aplicación de riego sin la construcción de los sistemas de drenaje requeridos, e incluso, sin la aplicación de riego.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Barón P. (1981): *Pronóstico del régimen de las reservas de las Aguas Freáticas en Regiones Bajo Riego - "Niedra", Moscú.*
2. Bieli V. (1982): *Instrucciones Sobre Investigaciones Hidrogeológicas e Ingeniero Geológicas para las Construcciones con Fines de Mejoramiento de Suelos (SOYUSVODPROYEKT), Moscú.*
3. De Miguel C. (1986): *Formación y Evaluación de las Reservas de Explotación de las Aguas Subterráneas en Formaciones de Edad Mioceno-Cuaternario de la Cuenca del Río Cauto. República de Cuba, (Tesis de Doctorado), Instituto de Minas, San Petersburgo.*
4. De Miguel C. (1993): *Hidrogeología del Valle del Cauto para Mejoramiento de Suelos en la Provincia de Holguín. (Trabajo 8vo. Forum de Ciencia y Técnica). Holguín.*
5. De Miguel C. (1994): *Índice de Salinidad Marina en Acuíferos, su Determinación y Aplicación con Fines de Riego y Mejoramiento de Suelos (Trabajo 9no Forum de Ciencia y Técnica) - Holguín.*
6. Daroxim I.V, E.N. Bagacheva (1969): *Yacimientos Útiles y su Explotación - "Niedra", Moscú.*
7. Holmes A (1960): *Geología Física – Universidad de Edimburgo.*
8. Kats D.M, I. Pashkovski (1988): *Hidrogeología Meliorativa. "Niedra", Moscú.*
9. Luthim J. (1957): *Drenaje de Tierras Agrícolas. California.*
10. Poirée M., Ch.Ollie (1960): *Saneamiento Agrícola. Francia.*
11. Plotnikov N. (1972): *Guía Metodológica para las Investigaciones Hidrogeológicas e Ingeniero Geológicas para las Construcciones con Fines de Mejoramiento de Suelos. VCGINGEO. Moscú.*
12. Popov I. (1965): *Características Ingeniero – Geológicas de las rocas y problemas de Litogenesis. "Niedra". Moscú.*
13. Pitieva K. (1997): *Problema de la Hidrogeología. "Naúka". Moscú.*
14. Skavalanovich I. . S.Cedenco (1980): *Hidrogeología e Ingeniería Geológica y Desecamiento de Yacimientos. "GOSGEOLTEXIZDAT. Moscú.*
15. Shestakov V. y Otros (1972): *Materiales de Congresos sobre Mejoramiento de Suelos. Hidrogeología e Ingeniería Geológica. (Edición I. 1era. Parte). Ministerio de Geología de la URSS. Moscú.*
16. Zaltsberg E. A. (1980): *Régimen y Balance de las Aguas Freáticas en la Zona de Sobresaturación. "Niedra", San Petersburgo.*





Clasificación de los suelos por condiciones hidrogeológicas existentes (C. De Miguel, 199)

Tabla III

Profundidad De las aguas Subterráneas (m)	Litología del Estrato de Cubierta (Zona de aireación) Valores I.S.M. de las Aguas Subterráneas.																			
	Arenas				Arenas Arcillosas				Arcillas Arenosas Ligeras				Arcillas Arenosas Pesadas				Arcillas			
	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7
	<1,1	1,1 - 2,0	2,0 - 3,5	3,5 - 6,5	6,5 - 12,0	>12														
<1,1	PS.	S.	MS.	ES.	S.	S.	MS.	ES.	S.	MS.	MS.	ES.	S.	MS.	ES.	ES.	S.	MS.	ES.	ES.
1,1 - 2,0	NS	PS.	S.	MS.	PS.	S.	S.	MS.	S.	S.	MS.	MS.	S.	MS.	MS.	ES.	S.	MS.	ES.	ES.
2,0 - 3,5	NS.	NS.	PS.	S.	PS.	PS.	S.	S.	PS.	S.	S.	MS.	S.	S.	MS.	MS.	S.	MS.	MS.	ES.
3,5 - 6,5	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	PS.	NS.	PS.	PS.	S.	PS.	S.	S.	MS.	PS.	S.	MS.	MS.
6,5 - 12,0	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	PS.	NS.	PS.	S.	S.	NS.	PS.	S.	S.
>12	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	PS.	NS.	NS.	PS.	PS.

NS- SUELOS PRACTICAMENTE NO SALINIZABLES.

PS.- SUELOS POCO SALINIZABLES.

S.- SALINIZABLES.

MS.- MUY SALINIZABLES

ES. – EXTREMADAMENTE SALINIZABLES.



ACTIVIDAD SALINERA: ASPECTOS AMBIENTALES. MARCO LEGAL

Castillo Burgos Jorge E.⁽¹⁾

**⁽¹⁾ Oficina Nacional de Recursos Minerales. Salvador Allende No.666. e/ Oquendo y Soledad
Centro Habana. C.Habana. Cuba. C.Elect. castillo@onrm.minbas.cu.**

RESUMEN

El presente Trabajo consta de 2 partes: la primera relacionada con el **Marco Legal Regulatorio** que tutela la Actividad Salinera en Cuba, referida a las legislaciones mineras y ambientales vigentes, y la segunda compuesta de dos Capítulos, a saber, **El Esquema Ambiental de la Actividad Salinera**, conformado a partir del recorrido diagnóstico integral a dicha actividad y el segundo capítulo, su **Sistema de Gestión Ambiental Integral**, como el camino corrector, con las recomendaciones específicas.

Todo lo anterior en aras de lograr una **actividad salinera sostenible**, lo que más que una necesidad ambiental lo es también económico, si se quiere lograr la competitividad del producto, donde como es conocido, hoy no solo se mide la calidad intrínseca del surtido, sino su **Ciclo de Vida**, es decir el recorrido que ha pasado el recurso para ser producido y hasta que llega al consumidor y/o que se ha hecho para disminuir los costes ambientales, mediante la minimización y/o mitigación de esos impactos.

Se concluye, que si bien es cierto que la actividad salinera puede afectar al medio ambiente, también este puede afectar a las salinas y que las causas operacionales pueden afectar a ambos. Se propone además un sistema de gestión integral con un plan de medidas para cada caso.

SUMMARY

The present Work consists of 2 parts: the first related with the Legal Regulatory Marco that guides the Salt Activity in Cuba, referred at the effective mining and environmental legislation. Two chapters form the second, that is, The Environmental Outline of the Salt Activity, and the System of Integral Environmental, with their specific recommendations.

All the above-mentioned for the sake of achieving an sustainable salt activity that more than an environmental necessity is also economic, if one wants to achieve the competitiveness of the product, where, non only today the intrinsic quality of the product is measured, but its **Cycle of Life**.

This Work concludes that although it is certain that the salt activity can affect to the environment, also the environment can affect to the Salinas and that the operational causes can affect both. It also intends a system of integral administration with a plan of measures for each case.



INTRODUCCION

Las salinas se desarrollan generalmente en lagunas costeras litorales, donde se controla la entrada del agua de mar, se realiza su traslado o corrida por una serie de lagunas compartimentadas, como vía para lograr la exposición solar de esa masa de agua, y la evaporación de la misma, según parámetros establecidos, hasta obtener una salmuera con una salinidad unas 9 veces mayor que la original ($3.5 - 29.0^{\circ} \text{Be}$), y de esa forma obtener una precipitación diferenciada en las diferentes sales que componen el agua de mar en cada laguna, entre ellas el Cl/Na. Esta materia prima previo a su consumo sufre un beneficio mecánico, que puede incluir molienda y secado.

Las salinas o lagunas de evaporación solar en general tienen una distribución climática zonal, relacionada con las zonas costeras de los trópicos secos del planeta, donde prevalece la evaporación sobre la precipitación.

En Cuba, antes del 1959 se reportaban más de 50 pequeñas y rudimentarias salinas con niveles de producción muy bajos, distribuidas principalmente en las costas y cayos adyacentes de su región central y oriental. Actualmente existen 10 concesiones salineras, de las cuales 5 se encuentran en el extremo suroriental del país, particularmente en la región de Guantánamo, como son Frank País (Caimanera), Cerro Guayabo, y un poco más al este, las de Baitiquirí, Joa y Macambo. Representando estas casi el 70 % del volumen de producción nacional. Las demás concesiones salineras se localizan en la costa norte de Cuba, ellas son Puerto Padre en las Tunas, Santa Lucía en Nuevita – Camagüey, 9 y 10 de Abril en Villa Clara y Bidos en Matanzas. **Fig.1**

MATERIALES Y METODOS.

Para la elaboración de la presente ponencia se realizó:

- ♦ Una revisión del marco legal y reglamentario que rigen la actividad minera y ambiental y en particular el que incide sobre la actividad salinera.
- ♦ Un diagnóstico general de las condiciones ambientales de todas las salinas en explotación del país, de forma tal que permitiera una generalización de dichas condiciones, vista esta en diferentes direcciones, de la salina al medio ambiente y del medio ambiente hacia la salina, con las incidencias de las actividades operacionales de las mismas sobre ambos.
- ♦ Una propuesta de gestión integral a partir del diagnóstico antes mencionado, que permita la protección de las salinas y del medio ambiente.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte I: Marco Legal Regulatorio de la salina.

La actividad salinera está tutelada por la Ley 76. Ley de Minas y su Reglamento. En el Art. 12 de la misma, se contempla dicha actividad dentro de la fase de Procesamiento. Las salmueras a su vez se clasifican en el Grupo - IV, de la citada Ley dentro de las aguas minerales, como aguas minerales industriales, definida en la NC. 93.01.218: 95. Aguas de Minerales, como aquella agua que por su composición, (cuantitativa y cualitativa) permite el aprovechamiento racional de los minerales que contienen.

Las sales cristalizadas o precipitadas en dichas salinas se contemplan además como recurso mineral de consumo humano directo.

Dentro de las principales obligaciones de los concesionarios de la actividad salinera relacionada con la gestión ambiental se encuentran:

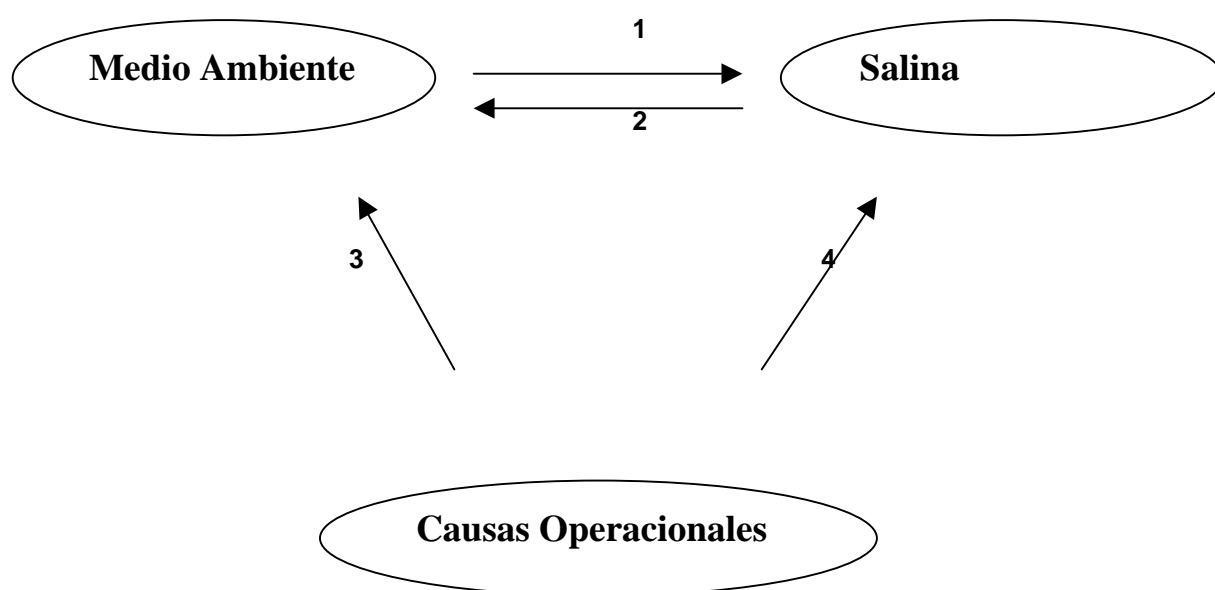
1. La elaboración y presentación a la Autoridad Minera para su aprobación, del Proyecto y los Planes Anuales de Procesamiento, donde deben precisarse entre otras cuestiones:
 - La protección y preservación del medio ambiente, con las medidas necesarias para la minimización y/o mitigación de los impactos reales y potenciales que pudiera ocasionar dicha actividad al medio, teniendo en cuenta además lo previsto al respecto por las legislaciones ambientales.
 - La protección de la salina, a saber, el establecimiento de zonas de protección a las mismas con su plan de medidas, técnica y económicamente fundamentadas. Así como el plan de contingencia contra eventos climáticos u operacionales, visto este en su carácter Preventivo (antes del evento), Operativo (durante el evento) y de Recuperación, (post evento) con su plan de acción en cada una de dichas etapas.



Parte II: Esquema y Sistema de Gestión Ambiental de la Actividad Salinera.

Capítulo I. Esquema ambiental de la salina. Como resultado del presente trabajo se propone El siguiente Esquema de Gestión Ambiental de la salina, conformado a partir del recorrido diagnóstico integral a dicha actividad, se conciben en 4 vectores o direcciones, ellas son:

1. **Impacto del Medio Ambiente sobre la salina.**
2. **Impacto de la Actividad Salinera sobre el Medio Ambiente.**
3. **Impacto de los Aspectos Operacionales hacia el medio ambiente.**
4. **Impacto de los Aspectos Operacionales sobre la salina.**



1. El Impacto del Medio Ambiente sobre la salina. Estos impactos se evidencian fundamentalmente en la contaminación de las salmueras, debido a:

- Contaminación biológica y química de la zona costera, donde se produce la alimentación a la salina (desechos agrícolas, urbanos e industriales, fundamentalmente centrales azucareros).
- Contaminación por vertimientos en la zona emergida más allá de los límites físicos de la salina, principalmente en zonas cársticas o no protegida con diques y/o canales.

2. El Impacto de la Actividad Salinera sobre el Medio Ambiente. Dentro de los principales impactos al medio ambiente (hídrico, suelo y atmósfera) que puede ocasionar esta actividad, por la alteración de estos ecosistemas costeros en su modificación o concentración de la salmuera para obtener dicho recurso mineral, se encuentran:



- Por tener estos acuatorios costeros en algunos casos relación hidráulica con el manto freático y con la línea de interfaces agua salada - agua dulce, pueden contribuir con la intrusión salina de territorios, fundamentalmente en zonas cársicas litorales.
 - La alta concentración de sales que alcanzan estas lagunas o charcas, puede alterar el equilibrio ecológico pudiendo eliminar o debilitar la flora autóctona (mangles) o barreras naturales de protección costera.
 - La evaporación a que se exponen estos extensos espejos de salmueras, pueden provocar verdaderos aerosoles salinos (aire cargados de sales) que al paso de las brisas son desplazados tierra adentro, facilitado por el citado debilitamiento de las barreras protectoras de vegetación, hasta descargarse en los suelos interiores, con el consiguiente incremento de la salinización aérea de los mismos.
- 3. Impacto de los Aspectos Operacionales hacia el medio ambiente.** Las principales afectaciones ambientales ocasionadas por causas operacionales en la actividad salinera, lo constituyen:
- La contaminación a la atmósfera en las plantas de procesamientos o refinación de sal, por emisión de polvos y ruidos.
 - El vertimiento de residuales líquidos y sólidos de las plantas de procesamientos y de las infraestructuras administrativas al medio, sin tratamiento previo
 - El vertimiento al medio de aguas madres y/o salmueras.
- 4. Impacto de los Aspectos Operacionales hacia la salina.** La afectación a la actividad salinera por las causas operaciones es fundamentalmente debido a la contaminación de las salmueras por mezclas de aguas de diferentes densidades y temperaturas debido a:
- Interrupción o alteración del tiempo de corrida de las salmueras.
 - Roturas o deficiente estado técnico de los diques de separación de lagunas.

Capítulo 2. Sistema Gestión Ambiental Integral propuesto para la Actividad Salinera.

A partir del Esquema de Gestión Ambiental propuesto y en aras de garantizar una correcta Gestión Ambiental en dicha actividad, se propone un conjunto de medidas minimizadoras y/o mitigadoras tanto de la salina como del medio ambiente el cual se describe a continuación:

- 1. Para minimizar y/o mitigar los efectos del medio ambiente sobre las salinas,** se propone:
- Establecer las **Zonas de Protección** entorno a las mismas, donde se prohíban, restrinjan o condicionen las actividades que puedan afectar este recurso mineral, como pueden ser el vertimiento o inyección de residuales, la pesca, etc.



Es bueno aclarar que para el establecimiento de las Zonas de Protección de las salinas es necesario conocer entre otras cuestiones, la posible relación hidráulica entre estas y las aguas subterráneas, principalmente cuando dichas salinas se emplazan sobre suelo cársico.

En caso de salinas emplazadas sobre suelos arcillosos impermeables, la principal protección son las obras ingenieras en sus perímetros, entiéndase diques, muros de contención, canales, etc. por lo que dichas Zonas de Protección pueden ser reducidas a los límites de las mismas.

- Contar con el **Plan de Contingencia** de la salina, con medidas Preventivas (antes del evento), Operativas (durante el evento) y de Recuperación, con su plan de acción en cada una de ella.
2. **Para minimizar y/o mitigar los efectos de dicha actividad sobre el medio**, se propone:
 - Controlar y contabilizar la infiltración (perdidas) de las salmueras.
 - Reforestar con especies resistentes a aquellas áreas de la salina que así lo permitan
 3. **Para minimizar y/o mitigar los efectos operacionales de la actividad salinera sobre el medio ambiente**, se propone:
 - Implementar sistema de colección y aprovechamiento del polvo en las plantas.
 - Garantizar el buen funcionamiento de los sistemas de tratamiento, transporte y/o disposición final de los residuales líquidos y sólidos que genera la entidad.
 - Aprovechar las aguas madres o de cola del proceso de producción de sal.
 4. **Para minimizar y/o mitigar los efectos operacionales sobre la salina**, se propone:
 - Garantizar el cumplimiento de las normas operacionales sobre el programa de corrida de las salmueras.
 - Mantener en buen estado físico los diques protectores y canales de drenaje.
 - Contar con un Plan de Monitoreo, con la frecuencia de análisis adecuada en todos los puntos neurálgicos de la salina (toma de agua, etc.)
 - Disponer de un plan de mantenimiento de toda la infraestructura de básica del proceso .



CONCLUSIONES.

- 1 La actividad salinera constituye una actividad minera de procesamiento, legislada por la Ley 76. Ley de Minas y su Reglamento, y la sal (Cl/Na) precipitada o producida en las salinas se clasifica como un recurso mineral de consumo humano directo.
2. Las salmueras que componen las salinas son muy susceptibles a ser degradadas o contaminadas por agentes externos.
3. La actividad salinera puede afectar al medio ambiente.
4. Una correcta gestión ambiental integral se puede lograra mediante:
 - **La Protección a las salinas**, con las Zonas de Protección, el Plan de Contingencia de la salina, con medidas Preventivas, Operativas y de Recuperación, con su plan de acción en cada una de ella, así como el cumplimiento del programa de corrida de la salmuera y el mantenimiento del buen estado técnico de diques y canales.
 - **La Protección al medio ambiente**, con planes de protección al mismo, que incluyan medidas concretas, como son entre otras: controlar y contabilizar la infiltración (perdidas) de las salmueras, reforestación con especies resistentes y la implementación del sistema de colección de polvos en las plantas y su aprovechamiento.

BIBLIOGRAFÍA.

1. García Merlot. A. (1977). Tecnología de la Sal Marina. 0 – 257
2. *Empresas Geo- Mineras. Unión de Geología del MINBAS. Colectivos de Autores. Informes de la Línea de Base Ambiental de las salinas de Guantánamo, Las Tunas, Santa Lucía, 9 y 10 de Abril y Bidos.*
3. UNAI. Camagüey. Colectivos de Autores (2000). Informe del cálculo de las zonas de protección de la salina Santa Lucía en Camagüey.
4. Ley 76. Ley de Minas. (1995).
5. Decreto 222. Reglamento a la Ley de Minas. (1997).
6. Ley 81. Del Medio Ambiente (1997)



7. NC 93 – 01 – 218: Aguas Minerales. Requisitos para la clasificación, explotación y utilización.

8. NC 01 209: 90. Procedimiento de cálculo para la determinación de las Zonas de Protección

Fig.1: Mapa de ubicación de las concesiones salineras en el País





PREDICTION OF SOIL EROSION HAZARDS CAUSED BY LAND USE CHANGES

Tatiana Geler Roffe⁽¹⁾, Arend Ligtenberg⁽²⁾ and Rolf A. De By⁽³⁾

(1) Instituto de Geografía Tropical. Calle 13 No.409 e/ F y G, Vedado, C.P. 10400. Ciudad Habana. Cuba. Fax: (537) 33-3820, 66-2383 E-Mail: igt@ceniai.inf.cu

(2) Centre for Geo-Information. Wageningen University. P.O. Box 47, 6700 AA Wageningen. The Netherlands. Tel +31 (548) 52 15 79 E-Mail: arend.ligtenberg@staff.girs.wag-ur.nl

(3) International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Hengelosestraat 99 P.O.Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands. Tel +31 (053) 487 45 53 E-Mail: deby@itc.nl

Abstract

Dynamics environmental models are effective in representing spatial and temporal variability of natural phenomena. The processes that govern the development and degradation of landscape and of our environment are dynamic and complex. The developed method for dynamic modelling in the study area describes the dynamics of soil losses due to surface runoff by water, because of land use changes. The method proposed was developed for evaluating the risk of soil erosion based on empirical equation (USLE) and was implemented in raster based Geographic Information Systems (Arc/Info and Arcview). Different scenario studies have been developed in Alora study area to predict the behavior on soil erosion rates when the conservation practices factor change. The results of the simulation for two scenarios suggest that there is a slow degradation of the landscape. This is expressed for most of the study area when the erosion hazards are between very low to low (0-5 ton/ha/y). The application of dynamic model and Geographic Information Systems (GIS) in this study has proved and indicated the capability and reliability of dynamic model GIS in performing soil erosion when land uses change. With the dynamic model it is possible to simulate soil erosion. According to this approach, the mapping of existing erosion and/or its prediction in space and time plays an important role in the determination of the spatial variability of the phenomena, becoming an essential tool in soil conservation planning.

1. Introduction

Soil erosion is a natural process, however, owing to intensive agricultural land use and poor management, landscapes dynamics have changed. As a consequence from such human activities soil erosion is accelerating (FAO, 1990; JIID, 1992). The processes involved in erosion are complex and strongly interrelated. Dynamic models related to various scenarios are important for studying these processes because depicting conceivable future situations while at the same time elucidating the driving forces behind them and showing the consequences of available policy options in an ever changing external environment. The use of scenarios has shown to offer a consistent and coherent framework, not only in relation to decision making, but also for effectiveness and capability modelling. Models are formulations of processes and logic as represented by the modeler. The formulations may be representations of simple processes or combinations of processes, as the modeler deems necessary to solve a specific problem (De Roo, 1993).

Transient or dynamic models describe the reaction of the system to dynamic inputs. They do describe the transient state of the system, even if it is not an equilibrium state, and they do describe the



behavior of the system during the time span needed to reach equilibrium. Time is one of the important variables in the model algorithms, and the results can be interpreted as the state of the system at a certain point in time (Deursen, 1995). Two-dimensional spatial models (2D models) are used to simulate processes in a plane. These models can be used for example to represent diffusion and flow processes, it can be described as a function of position in the plane (Deursen, 1995). In general, transient models can be described with

$$S_{x,y,t} = f(I_{x,y,t}, P_{x,y,t}, t)$$

Where S_t state of the system

I_t inputs or forcing functions

P_t parameters

In Which I and P may change as a function of time t and also as a function of position.

Several empirical and conceptual models can be use to assess soil erosion. Empirical models are by definition based on observation and experiment, not on theory. Commonly used models of water erosion include USLE, the Universal Soil Loss Equation (Wischmeier and Smith, 1978), after MUSLE, the Modified Universal Soil Loss Equation (Williams and Berndt, 1977), RUSLE, the Revised Universal Soil Loss Equation (Renard et al., 1987), and so on (cited by De Roo, 1993).

In this paper we develop a dynamic pilot model based on empirical base equation (USLE) that describes soil erosion hazards due to land use management changes. The model was implemented in Arc/Info environment using different scenario studies.

The Universal Soil Loss Equation (USLE) is an empirical quantitative model for prediction of soil loss quantity during a long time under a specific circumstances such as rainfall, soil texture, farm lot layout, crops and farm management system. This empirical formula predicts annual soil loss only by surface and rill erosion. This empirical method was choosing because it is well-known and easy to compute and most of the data needed was already in the database. The disadvantage of this empirical model is that it is a gross oversimplification of the real problem of estimation erosion. Further limitations are that the equation does not estimate deposition, sediment yield (De Roo, 1993).

The USLE model implemented in a GIS environment may serve as a framework for modelling complex natural and socio-economic phenomena such as to compute soil loss per cell. This model can be combined with dynamic modeling using the erosion estimated by reclassifying the attribute derived from the topographic factors and repeating the simulations for a number of time steps.

An important extension for a fruitful integration between GIS and models would be the establishment of the common database structure that supports both GIS operations and model runs. In the case of dynamic modelling, this database should not only support the spatial distribution of geographic data, but in addition the storage of temporal and spatial distributed input and control parameters (Deursen, 1995).

The results of the simulations were used to determine the physical land suitability based on land requirements for different crop management. This can be used in land use planning in order to



determine which conservation methods are most likely to be successful for protect the soil from erosion.

2. Materials and Methods

2.1 Research area

This research will use the Alora area as study area. The Alora area is located in Andalucia, southern Spain and cover an area of 9.3 Km² approximately. For this study, it was selected the small watershed located in Arroyo Sabinal Valley. The physical geographic boundaries of the area are in the northern and northwestern limits are La Sierra de Aguas. The southern limit is El Hacho and Guadalhorse River in the eastern.



Figure 1: Location map of study area (Alora).

The Alora region is located in the Betic Cordilleras, a mountain range at the south of Spain. This area has a complex geology and geomorphology genesis, in which there is a strong geology control in the geomorphology units differentiation. Those contribute in the variety of soil types and characteristics (WAU, 1999). Natural vegetation is probably inexistent because of the influence of thousands of years of human intervention through herding, burning and cropping. Current landscape dynamics are strongly related to human activities.

The main land use systems for cultivated land are either annual or perennial crops. As annual crops we find winter cereals (wheat and others), while the perennial crops are citrus, olive and almonds. Only about 15% of the agricultural area are irrigated, while the rest is rainfed agriculture.

2.2 Conceptual structure of the model

The hypothesis for this study was that erosion was likely to be the greatest problem for sustainable continuation of the present land use management. Despite of that soil erosion rates can be very



different as a consequence of the complexity of soil process and land characteristic for different crop management.

Water erosion by rainfall is caused from soil dispersion and transportation by the actions of raindrops together with those of surface runoff water. It depends mainly upon the following factors and its interrelation: amount and intensity of rainfall, characteristic features of the soils, inclination and area of lands, vegetation, provision of countermeasures of soil conservation or not.

Also the soil erosion has a major impact on the topography based on changes in soil depth. Erosion is often a result of intensifying agriculture and absence of proper conservation methods in order to protect the soil from erosion and reduce soil losses. Thereby this study considers various aspects to solve the heterogeneous problem.

So the main problem is how to estimate soil losses. This can be done by including an empirical erosion model (USLE) in the procedure in order to estimate absolute rates of soil losses per year. Another problem is how to model the shallowness of soil provoked by erosion and how this procedure can be used to determine crop suitability in land evaluation methodology.

2.2.1 Erosion hazard

Soil erosion determinants in the universal soil loss equation (USLE) can be shown as:

Soil erosion hazard = f (Socio-economic factors, Physical factors)

- Socioeconomic factors, dependent on land management such as: conservation practices and crop management
- Physical factors, dependent on natural processes such as: rainfall erosivity, soil erodibility and slope length and factor

The Universal Soil Loss Equation (Wischmeier, W.H. & Smith, D.D., 1978) is:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

In which:

A = the average annual soil loss (ton/ha/year)

R = the rainfall erosivity factor (MJ/ha/mm/year)

K = the soil erodibility factor (ton/MJ/mm)

L = the slope length factor

S = the slope gradient factor

C = the crop management factor

P = the conservation practice factor

Several of the components of the USLE vary on seasonal basis, notably R and C . These are generally accounted for by first calculating annual weighted averages and subsequently multiplying the averages. The method applied is to calculate soil loss (A) for monthly periods and subsequently sum the twelve figures to obtain a yearly estimate for the soil loss. Thereby, the USLE is rewritten as:

12

$$A = \sum_{m=1}^{12} (R_m \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C_m \cdot P)$$

The influences of topographical characteristics on the soil loss are described in the slope length and steepness factor LS. To predict erosion at a point in the landscape the LS-factor can be written as (More, 1991). It is better to utilize this theory in landscape with more complex topographies, than to use the original empirical equation given in Wischmeier and Smith (1978) (Stoorvogel, 1999).

3. Result and Discussion

3.1 Soil erosion hazards

Erosion hazard may be expressed in qualitative terms (severe, moderate, slight, etc.) or quantitative terms (as predicted soil loss in tones per hectare per year) expressed by Renschler (1996) At the same time was calculated the equivalent in mm as shown in table 1.

In this work we are assuming a renewal soil erosion rate tolerable between 5 to 10 ton per hectare per year according to Wischmeier and Smith (1978), who describe the soil loss tolerance as a value denoting the maximum level of soil erosion. This will permit a high level of crop productivity to be sustained economically and indefinitely. The most important factors which define the limit of 5 to 10 t/ha as tolerable soil loss per year are soil depth, physical properties and other characteristics affecting root development, gully prevention, on-field sediment problems, seeding losses, soil organic matter reduction, and plant nutrient losses (Wischmeier & Smith, 1978).

Table 1: Erosion hazards in ton per hectare per year and equivalent in mm per year.

Erosion risk	Erosion amounts (t/ha/y)	Erosion amounts (mm/ha)
Very low	0-2	0-0.15
Low	2-5	0.15-0.38
Tolerable	5-10	0.38-0.77
High	10-20	0.77-1.54
Very high	> 20	> 1.54

Effective rooting depth is an important indicator of soil productivity, and can be assessed from soil characteristics (Groenevelt et al., 1984). Rooting depth also varies among crop species and cultivars (Taylor and Terrel, 1982). Root-restrictive characteristics in soil may be related to physical, and chemical or nutritional attributes. Physical, soil layers of high strength or bulk density restrict or limit root growth (Lal, R. 1994).



To convert the amount of soil loss in weight units (t/ha) in length units (mm) it was used the average value of bulk density of soil as a constant 1.3g/cm^3 (Marshall, 1996). Soil bulk density is defined as the ratio of the mass of dry solids to the bulk volume of the soil occupied by those dry solids. The value of bulk density was converted to 1300 Kg/m^3 that is more suitable for the calculation (Geler, 2000).

3.2 Land suitability analysis for different land use.

Land suitability is the fitness of land for a specified kind of use (FAO, 1993). The FAO system consists of three levels of classification: suitable or not suitable and degree of suitability. These are the conditions necessary or desirable for the successful and sustained practice of a given land use type. Includes crop requirements or plant growth requirements, management requirements and conservation requirements. The comparison of requirements of land use types with properties of land is brought together in a land suitability classification (Burrough, 1986). The major reasons for lowering the classification is land limitations that determine the class limits of land suitability for a certain use. According to the above mentioned statements, in this study simple rulers have been used to define the land use suitability in the study area taking into consideration four types of land use (Wheat, Citrus, Olive/Almond and Semi Natural Vegetation). This analysis was based only in two attributes: soil depth and slope. Were created three classes of suitability for soil depth and for slope two classes (Geler, 2000).

3.3 Dynamic model in soil erosion, model implementation and GIS integration

The method proposed was developed for evaluating the risk of soil erosion. The model developed is considered the proposed method for dynamic modelling in the study area (figure 2). This model describes the dynamics of soil losses due to the influence of surface runoff by water, because of land use changes. USLE was used in its original way to predict annual soil loss for a period of 40 years.

The model has been implemented using map algebra language in Arcinfo GRID environment. The model was programmed using the Arc Macro Language of Arc/Info, and as a result, the dynamic model was obtained. All this process is shown in figure 2.

The generation of USLE input parameters, necessary for the estimation of soil loss, was calculated in GIS environment. Basic spatial data sets available for Alora area are Land Cover 1998 (ArcInfo coverage 1: 50000), Digital Elevation Model (ArcInfo raster 25 meters cell size), Soil 1999 (ArcInfo coverage 1: 50 000).

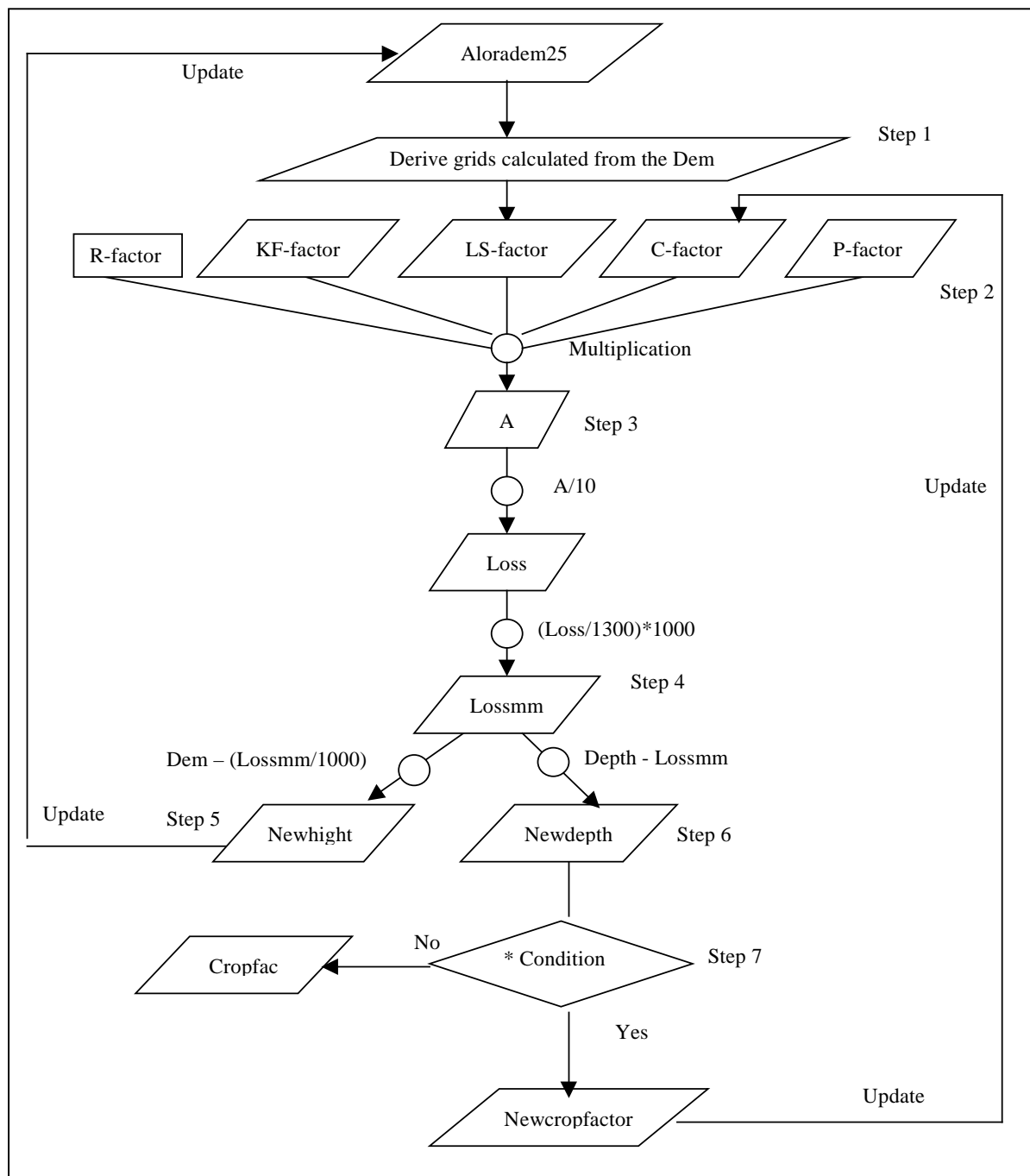
The climatic data of erosive storm events for the study area have been used as a constant, and is given by van den Berg (1992), Stoorvogel (1999) cited by Geler (2000).

The soil data is another input in the model. In order to complete the necessary attribute for computing K factor, was calculated the percentage of particle size (Geler, 2000). The values of saturated hydraulic conductivity for every soil texture class and its related permeability class, soil structure classes, stoniness and soil depth were used according to FAO (1990), JIID (1992), USDA (1996),



USDA (1997), EPA (1998), cited by Geler (2000). The crop factor value was used according to Stoorvogel, (1999) cited by Geler (2000).

The basic data used to compute the topographic data was the DEM, and was used to create the slope table using the classes according to FAO (1990). These classes were created mainly to derive the grids with the value of every conservation practice factor (Berg, 1995, Stoorvogel, 1999) cited by Geler (2000).



* Condition

```

if ( % cropname% == 0.04 && depth < 1000 && depth > 500 && newslope <= 5 ) then % cropyear%_i% = 0.4
else if ( % cropname% == 0.4 && depth < 1000 && depth > 500 && newslope > 5 ) then % cropyear%_i% = 0.55
else if ( % cropname% == 0.4 | % cropname% == 0.55 && depth < 500 ) then % cropyear%_i% = 0.05
else % cropyear%_i% = % cropname%
endif
    
```

Figure 2: Flowchart of the implementation of the dynamic process in the calculation of the soil loss.

The use of dynamic soil erosion models and its integration in GIS is considered one of the advantages of this study especially when running the model several times for a certain analysis using different sets of inputs maps. At the same time, for analyzing different scenarios and storing several outputs (Geler, 2000).

3.2 Testing model and output

The model was applied for forty time steps, and in every time step were stored five outputs. The results computed (outputs) for each time step after running the model are in given the following units: Soil loss (ton/ha/year), Soil loss (mm), Soil depth (mm), DEM (m) and Crop factor.

The model results for the erosion amounts per cell were evaluated qualitatively with the assumption of a soil loss tolerance level from 5 to 10 tons per hectare in one year. According to this assumption, the risk of soil erosion per cell was represented using five levels in erosion risk for several scenarios. Areas indicated as having a higher erosion risk have been found in the study area characterized by several erosion features, such as rill and channels after surface runoff.

The erosion modelling method of this study can be considered as provisional because it is only tested in the study area. Nevertheless, this has been useful to identify future research aspects in order to modify or improve the model.

Different scenarios are used to predict the behavior on soil erosion rates when the conservation practices factor change: Non conservation practices scenario and Conservation practice scenario (terracing). The non-conservation practices scenarios is based on the assumption that no conservation practices are applied in the study area in crop management.

The conservation practices scenario has to be assumed as a reduction of the simulated erosion amounts. This assumption is based on conservation practices in crop management and is applied to Alora area. The conservation factor considered here is terracing. The effectiveness of practice support is strongly dependent on the slope gradient. The aims of practice support are mostly redirection of surface runoff and reduction of its transport capacity.

The results of the simulation for two scenarios suggest that there is a slow degradation of the landscape, in which the spatial changes from one ten year period to the next one, is imperceptible. The analysis of the results for the conservation practices scenario shows that the amount of soil loss in millimeters is considerably reduced when conservation measures are applied.

The simulation results according to the soil loss classes suggest that most of the study area has very low values of soil loss, concentrated in certain areas. These areas of small concentrations are called rills that tend to be parallel across the slope except where landform converges or diverges. Whereas runoff and sediment tend to move laterally on interrill areas toward the rills, runoff and sediment move directly downslope in rills.



The soil depth changes are very well expressed when compared in both scenarios. In the scenario where no conservation measures were applied, in general, the amount of soil loss is increased in mm. That means the soil depth is decreased in general, but in certain areas is decreased in more than 80 mm, when compared with the scenario in which conservation measures are applied.

At first sight, the results seem quite convincing and realistic, but we have no way to know if they are near the truth. It is essential that the model be properly calibrated by reliable fieldwork in the areas where it is used.

4. Conclusions

Quantitative models for soil erosion are needed to evaluate strategies for improved land management that reduces the magnitude of soil erosion problems. Furthermore, models contribute to furthering science in many ways, such as providing a way to bring knowledge about the components of a system.

There have been many attempts to develop computer-based mathematical models of runoff and erosion. The USLE model was chosen for this study for compute soil erosion. This is because it is easy to apply and because there is a lot of data relative to the components of the equation are tabulated.

The developed method for dynamic modelling in the study area describes the dynamics of soil losses due to surface runoff by water, because of land use changes. The method proposed was developed for evaluating the risk of soil erosion based on empirical equation (USLE).

The dynamic model has been implemented in raster based Geographic Information Systems Arc/Info (AML) and the results portrayed on a map of erosion hazards using Arcview. The application of dynamic model and GIS in this study has proved and indicated the capability and reliability of dynamic model GIS in performing soil erosion, when land uses change.

Further advantages of using a GIS in this approach are the possibilities of rapidly simulation for different scenarios and the storage of several outputs. Different scenario studies have been developed in Alora study area to predict the behavior on soil erosion rates when the conservation practices factor changes.

The results of the simulation for two scenarios suggest that there is a slow degradation of the landscape. This is expressed for most of the study area when the erosion hazards are between very low to low (0-5 ton/ha/y).

The dynamic model is a powerful tool to simulate soil erosion. According to this approach, the mapping of existing erosion and/or its prediction in space and time plays an important role in the

determination of the spatial variability of the phenomena, becoming an essential tool in soil conservation planning.

References

- Berg, M.van den (1995). SWEAP: A computer program for water erosion assessment applied to SOTER: Documentation version 1.5 SOTER Report 7. International Society of Soil Science. Wageningen.
- Burrough, P.A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soil and resources survey No. 12. Clarendon Press, Oxford, 193p.
- Deursen, W.P.A. van (1995). Geographical Information Systems and Dynamic Models: Development and application of a prototype spatial modelling language. Ph.D thesis, Department of Physical Geography, University of Utrecht, NGS 190, The Netherlands.
- Environmental Protection Agency (EPA), National Risk Management Research Laboratory. (1998). Estimation of Infiltration Rate in the Vadose Zone: Application of Selected Mathematical Models. Volume II, 28p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (1990). Guidelines for soil description. Rome, Italy.
- FAO, (1993). Guidelines for Land-Use Planning. Rome, Italy. 96p.
- Geler, T. (2000). Prediction soil erosion hazards caused by lands use changes. Centre for Geo-information, Wageningen University and International institute for aerospace Survey and Earth Sciences, The Netherlands. MSc. Thesis. 55p.
- Lal, R. (1994). Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil and Water Resources in the Tropics. Department of Agronomy, The Ohio State University, Columbus, Ohio. USDA. SMSS Technical Monograph No. 21
- Marshall, T.J. et al. (1996). Soil Physics. Third Edition. Cambridge University Press.
- Moore, I.D. et al. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrological Processes, Vol. 5, 3-30 p 3-30.
- Renschler, C. (1996). Soil Erosion Risk Mapping by means of geographical information systems GIS and Hydrologic Modelling. Ph.D. Thesis ITC. 8 p.
- Roo, A.P.J. de. (1993). Modelling Surface Runoff and Soil Erosion in Catchments Using Geographical Information Systems. Utrecht University, The Netherlands, Ph.D. Thesis. 128p.
- Schoute, J.F.Th.et al. (1995). Scenario Studies for the Rural Environment. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 11-13p.
- Soil Survey Staff. (1996). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture (USDA). Natural Resources Conservation Service. Appendix C.
- Stoorvogel, J.J. et al. (1999). GIS Applications in Land Resource and Land Use Studies. A guide to practical course. Laboratory of Soil Science and Geology. WAU.
- The Japanese Institute of Irrigation and Drainage Engineering. Manual for farm land conservation. Japan: JIID, (1992). 462p



- U.S. Department of Agriculture (USDA). Agricultural Research Service. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook Number 703.
- Wageningen Agricultural University (WAU) (1999). Introduction to the interdisciplinary practical Sustainable Land Use in the Alora region, Spain.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses – a Guide to Conservation Planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537. Washington, D.C., United States of America.

MANEJO DE LA INFORMACIÓN EN LA REGIÓN ESPECIAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE NIPE-SAGUA-BARACOA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE AVANZADA

Gustavo Martín Morales, José E. Yumar, Haddid Vega Vazquez, Eduardo Garea, Reyno O. Cruz Díaz y Sebastián Croissis

- (1) GEOCUBA-IC, Calle 4 No. 302, e/ 3ra y 3ra A, Playa, C. Habana, Cuba. E-mail: gustavo@geocuba.cu
- (2) GEOCUBA-IC, Calle 4 No. 302, e/ 3ra y 3ra A, Playa, C. Habana, Cuba. E-mail: yumar@geocuba.cu
- (3) GEOCUBA-IC, Calle 4 No. 302, e/ 3ra y 3ra A, Playa, C. Habana, Cuba. E-mail: haddid@geocuba.cu
- (4) GEOCUBA-IC, Calle 4 No. 302, e/ 3ra y 3ra A, Playa, C. Habana, Cuba. E-mail: eduardo@geocuba.cu
- (5) ACyT- Agencia de Ciencia y Tecnología, Calle 20 No. 4103, Playa. Cuba. E-mail: acyt@ceniai.inf.cu
- (6) Organo de Montaña Nipe-Sagua-Baracoa. Limonar de Monte Ruz. Guantánamo. Cuba E-mail: secroiss@orgmon.gtmo.inf.cu

Resumen

En Cuba la preocupación por la montaña se ha puesto de manifiesto desde el triunfo de la Revolución. En 1987 por decisión de la dirección del Partido y el Gobierno de la República de Cuba, se pone en marcha el Programa de Desarrollo de la Montaña, conocido como Plan Turquino, en tal sentido desde 1986 se vienen realizando un grupo de investigaciones en dichos territorios para garantizar el adecuado desarrollo productivo y social en estos territorios; en la actualidad la información resultado de estas investigaciones en la Región Especial de Desarrollo Sostenible de Nipe-Sagua-Baracoa, está desactualizada y en manos de distintas entidades, por lo que existe la necesidad de perfeccionar y hacer más eficiente el manejo de la información en este territorio, para dar respuesta a las necesidades de manejo del Programa Nacional Científico Técnico Desarrollo de la Montaña y plantear las acciones de planificación espacial para los Organos de Montaña en estos frágiles ecosistemas.

El trabajo se fundamentó en la utilización de un conjunto de métodos, procedimientos y técnicas de investigación geográfica, dirigidos al análisis integrado de los componentes naturales y socioeconómicos, vinculados con sus características económicas productivas, desarrollo social, infraestructura y condiciones de vida, división político administrativa, la defensa y el orden interior; el mismo se sustentó en el esquema metodológico general del funcionamiento de un SIG, que permite el análisis integrado y sistémico de la información; diseñado para identificar, evaluar y dar respuesta a las necesidades que demandan los órganos de montaña, incluyen las etapas de: organización, caracterización, construcción de la base de datos, análisis de los resultados. Como resultado se obtuvo una base de datos de los componentes naturales y socioeconómicos del territorio, relacionados con: el relieve, la geología, suelo, vegetación, fauna, uso del suelo, hidrografía, fuentes contaminantes, forestal y socioeconomía.

Introducción

En Cuba la preocupación por la montaña se ha puesto de manifiesto desde el mismo comienzo de la Revolución, en enero de 1959, desde entonces se le presta cada vez mayor atención al estudio interdisciplinario de estas regiones, conocidas como: "Regiones Especiales de Desarrollo Sostenible" (REDS), por ser representativas de valores naturales de interés relevante que necesitan de un manejo adecuado, en armonía con actividades de uso, incluyendo asentamientos humanos, que promuevan un desarrollo sustentable con el consecuente mejoramiento de la calidad de la vida.

En 1987 por decisión de la dirección del Partido y el Gobierno, se planteó la necesidad de diferenciar las zonas montañosas para garantizar el adecuado desarrollo productivo y social de estos territorios poniéndose en marcha, el Programa de Desarrollo de la Montaña, conocido como Plan Turquino. El mismo fue concebido para controlar todas las acciones dirigidas a la transformación económica y social, dándole una mayor integralidad y sistematicidad a los esfuerzos que en tal sentido se venían realizando desde el triunfo de la Revolución por desarrollar estos territorios desde el punto de vista económico, político, social y en particular con ello, fortalecer la defensa del país.

Entre las acciones que sirven de soporte a los procesos de transformación en las REDS, se encuentran las investigaciones geográficas, las que determinan la necesidad de ejecutar proyectos aplicados sobre la base del conocimiento de las interrelaciones del medio físico, biótico y socioeconómico, lo cual, sienta las bases para la evaluación de la dinámica medioambiental y el desarrollo sustentable, mediante el seguimiento en el espacio y en el tiempo de los cambios naturales, sociales y productivos.

En tal sentido, en: Gaceta Oficial 1995a [1], se plantea crear los Órganos de atención al Desarrollo Integral de las Montañas, en cada uno de los cuatro grupos montañosos principales del país, con las funciones esenciales de dirigir, ejecutar y coordinar, según correspondan, el trabajo científico, tecnológico y de gestión ambiental con el objetivo de lograr el desarrollo sostenible de estas regiones. Unos meses más tardes según, Gaceta Oficial 1995b [2], se crean las Juntas Coordinadoras de los Órganos de Montaña, como órgano de coordinación, evaluación y consulta colegiada, constituida por los representantes de los órganos de la Agricultura, Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR), Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y Ministerio del Interior (MININT).

Para ejercer estas funciones, la Junta Coordinadora de los Órganos de la Montaña de Nipe-Sagua-Baracoa, se debe apoyar en la información (*base de datos*) existente sobre la ubicación y el estado de los principales componentes del medio geográfico, para tomar decisiones en interés de las necesidades de seguimiento y evaluación del desarrollo socioeconómico, la gestión ambiental y la defensa del país.

En consultas realizadas a trabajos Fernández, M. C. 1997 [4]; Instituto de Geografía 1998a [5], 1988b [6], 1988c [7], se puede constatar, que desde 1986 se vienen realizando un grupo de investigaciones en dicha región montañosa, por diferentes instituciones y ministerios. Importantes resultados se han alcanzado por parte del Instituto de Geografía Tropical, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, donde por más de 14 años se ha trabajado en el tema de investigación "Problemas Geográficos del desarrollo Integral de la Montaña" el cual ha obtenido, como resultados fundamentales más de diez monografías referidas a los distintos territorios estudiados; y por otra parte en la Agencia de Estudios Ambientales del Grupo Empresarial GEOCUBA, se han realizado varios Estudios Integrales en Zonas Montañosas en interés de la economía y la Defensa, de los cuales se han obtenido álbumes de mapas temáticos con sus correspondientes monografías científicas.

Por su importante contribución, no pueden dejar de mencionar un conjunto de resultados que se han obtenido en los trabajos BIOECO 2000 [3] e INCA 2000 [8], ejecutados como parte de las acciones del Programa Nacional Científico Técnico (PNCT) "Desarrollo Sostenible de Montaña" del CITMA en el quinquenio 1995-2000 y aprobado para continuar en el quinquenio 2000-2005.

En la actualidad toda esta información por lo general está desactualizada y en manos de distintas entidades, presentando además las dificultades siguientes:

- Dificil acceso a los resultados de las investigaciones por parte de los *decisores* (*Junta Coordinadora*) ya que en su mayoría se encuentra representada en formato análogo;
- Dispersión espacial y temática de los resultados (*cada temática que se aborda precisa de un mapa distinto*);
- Falta de integración entre los componentes físico-geográficos y socioeconómicos;
- Poca representación gráfica de los fenómenos espaciales;
- Tratamiento de datos de escalas diferentes;

- Deficiente precisión en la representación gráfica de los fenómenos espaciales.

A estas deficiencias se le puede sumar la limitante que presenta la mente humana cuando para efectuar un análisis debe manejar al mismo tiempo varios mapas de diferentes temas, lo que genera la necesidad de nuevos enfoques, tales como:

- Informatizar los resultados de las investigaciones como vía para el procesamiento, gestión y análisis de la información así como un acceso rápido a los datos;
- Sintetizar e integrar bajo un enfoque sistémico la información resultante de las investigaciones realizadas y futuras, para dar solución a complejas tareas de gestión, ordenamiento y análisis de la información.
- Contar con una constante información exacta y oportuna.
- Potenciar del estudio de temáticas no abordadas que sean de interés del PNCT Desarrollo Sostenible de la Montaña.

Del análisis anterior se deduce que el manejo y organización de la información resultado de estas investigaciones en su estado actual se hace muy difícil y en algunas ocasiones prácticamente imposible. Una de las vías más eficientes de dar solución a este problema, es mediante la aplicación de técnicas de avanzada para la recopilación de toda esta información en un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.), quien es capaz de manejar grandes volúmenes de información espacial y puede dar solución a complejas tareas de gestión, ordenamiento y análisis de la información.

Materiales y Métodos

La investigación se fundamentó en la utilización de un conjunto de métodos, procedimientos y técnicas de investigación geográfica, dirigidos al análisis integrado de los componentes naturales y socioeconómicos, vinculados con sus características económicas productivas, desarrollo social, infraestructura y condiciones de vida, división político administrativa, la defensa y el orden interior.

Como métodos fundamentales para lograr los objetivos planteados se utilizaron los siguientes:

- ♦ Recopilación de antecedentes del área de estudio, teniendo como base la documentación de trabajos realizados con alto rigor científico en las regiones montañosas.
- ♦ Investigaciones en campo de las diferentes componentes del medio geográfico, que son necesarios para conformar la base de datos del S.I.G.
- ♦ Procesamiento de imágenes de satélite, digitalización cartográfica, captura de información tabular y verificaciones en campo.
- ♦ Como apoyo cartográfico para la generalización y/o actualización de la base topográfica digital se utilizaron los originales sepia, azul y negro del mapa topográfico a escala 1:50 000 y 1:100 000 de GEOCUBA; la conversión del formato analógico en digital se realizó empleando la metodología de la Digitalización Masiva de Mapas y Planos de Páez, M. y otros, 1993 [10].

El Sistema de Información Geográfica se utilizó como una herramienta interactiva para la actualización, análisis y modelación de información espacial y tabular y sirvió además, de soporte para el manejo del territorio.

El esquema metodológico general del funcionamiento que se asumió para lograr los objetivos propuestos en el proyecto SIG fue el desarrollado por Martín, G. y otros, 2000 [9], tiene como sustento el análisis integrado y sistémico de la información, el mismo, se diseñó para identificar, evaluar y dar respuesta a las necesidades que demandan los órganos de montaña, incluye las etapas de: organización, caracterización, construcción de la base de datos, análisis de los resultados (ver figura 1). Se basa en el

desarrollo de un sistema de información, que permitirá la manipulación de grandes volúmenes de datos y la actualización cartográfica y temática por medio de imágenes de satélite y G.P.S. en formato digital.

En forma de síntesis el procedimiento metodológico general empleado consistió en:

Identificar las necesidades del usuario para definir los objetivos del sistema, mediante la aplicación de cuestionarios utilizando la técnica Delphi, así como delimitar el área de estudio; posteriormente se procedió a la generación y/o actualización del Mapa Base de Apoyo Digital a escala 1:100 000, mediante el empleo de técnicas de cartografía digital, procesamiento de imágenes y G.P.S. diferencial; posteriormente se recopilaban los antecedentes del área de estudio relacionados con: bases de datos y la cartografía temática; esta última se digitalizó utilizando como referencia el mapa Base de Apoyo Digital y organizándose en forma de mapas independientes clasificados en temas según las características que los definen, referenciados de forma tal que cada polígono de cada mapa corresponde a un registro de la base de datos tabular, que posteriormente se empleó para el análisis a fin de obtener como resultado mapas, reportes tabulares, consultas, localización espacial y otros documentos, en interés del manejo de dicho territorio.

Resultados

Como resultado de la implementación del SIG, en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, se obtuvo una Base de Datos de la región con el contenido siguiente:

No.	Nombre de la Temática	Contenido General
1	Macizo (<i>ver figura 2</i>)	Limite del macizo de montañoso; Codificador del macizo montañoso, Principales indicadores del macizo.
2	Provincias	Limite de las provincias; Codificador de la provincia; Principales indicadores de la provincia.
3	Municipios (<i>ver figura 2</i>)	Limite de los municipios; Codificador de los municipios; Principales indicadores de los municipios.
4	Consejos Populares	Limite de los consejos populares; Codificador de los consejos populares; Principales indicadores de los consejos populares.
5	Circunscripciones	Limite de las circunscripciones; Codificador de las circunscripciones; Principales indicadores de las circunscripciones.
6	Cuencas	Limite de las principales cuencas y sub-cuencas. Principales indicadores de las cuencas y sub-cuencas.
7	Relieve	Formas del relieve; Alturas del relieve (curvas de nivel con sus alturas); Nombre y características principales de las formas; Características geológicas.
8	Modelo de digital del	Modelo de alturas del relieve;

	terreno (<i>ver figura 3</i>)	Inclinación de la Pendiente del terreno; Aspecto de la Pendiente del Terreno.
9	Geología	Formaciones; Principales características geológicas.
9	Hidrología	Características cualitativas de la red superficial; Red superficial.
10	Vegetación y Flora	Distribución de las especies; Principales características y uso potencial.
11	Fauna	Distribución de las especies; Principales características.
12	Suelo (<i>ver figura 4</i>)	Distribución del Suelo; Principales características y uso potencial.
13	Clima (<i>ver figura 5</i>)	Precipitación, temperaturas, humedad relativa, presión atmosférica, vientos; Principales características.
14	Base Geodésica	Base geodésica con los puntos de I, II y III Orden; Principales características.
14	Uso y tenencia de la tierra	Parcelas con el uso actual y la tenencia de la tierra.
15	Elementos socioeconómicos	Económicos productivos (<i>café, forestal, apicultura, cultivos varios, ganadería, avicultura, acuicultura, turismo y minería</i>); Principales indicadores. Desarrollo social (<i>Población, salud, pública, educación, vivienda, cultura y deporte</i>); Principales indicadores. Infraestructura y condiciones de vida (<i>viales, transporte, comunicaciones, energía, industrias y comercio y gastronomía</i>); Principales indicadores y características. Defensa y orden interior; Principales indicadores y características.

Conclusiones

La realización de las investigaciones teóricas y los resultados de los trabajos experimentales relacionados con la implementación de un SIG, para el manejo de la información en el Macizo Nipe-Sagua-Baracoa, nos permiten llegar a las conclusiones siguientes:

1. La investigación desarrollada y los resultados obtenidos en el marco del trabajo, confirman que las acciones de seguimiento y evaluación del cumplimiento de los objetivos previstos por el programa de

desarrollo sostenible de la montaña, pueden ser mejoradas y más eficientes, con el diseño e implementación del SIG para el manejo de la información y la toma de decisión.

2. Se comprobó, de acuerdo a las condiciones de la región, la funcionalidad y efectividad de la metodología propuesta para la automatización del procesamiento de los datos, mediante la aplicación de los SIG, la teledetección y los GPS, en interés de realizar las acciones necesarias de seguimiento y evaluación del programa de desarrollo de la montaña, las acciones de planificación espacial y gestión ambiental.
3. Se logró por primera vez a escala a escala 1:100 000, para el macizo Nipe-Sagua-Baracoa, sintetizar e integrar bajo un enfoque sistémico la información resultante de las investigaciones ejecutadas con anterioridad por el Programa Nacional Científico Técnico (PNCT) para el Desarrollo Sostenible de la Montaña del CITMA.

Bibliografía

1. Gaceta Oficial (1995a): Resolución 143. "*Creación de los Organos de Atención al Desarrollo Integral de la Montaña*". Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. C. Habana. 4 pág.
2. Gaceta Oficial, (1995b): Resolución 333. "*Creación de las Juntas Coordinadoras de los órganos de la Montaña*". Ministerio de la Agricultura. C. Habana. 2 pág.
3. BIOECO (2000): "*Diversidad biológica de los macizos montañosos: Nipe-sagua-Baracoa y Sierra Maestra*". (*Proyecto en ejecución*).
4. Fernández, M. C. (1997): "*Dimensión Geográfica de la utilización y la protección de los recursos vegetales en Cuba*". Tesis en opción al grado científico de doctora en ciencias geográficas. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Instituto de Geografía Tropical.
5. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba (1988a): "*Estudio Geográfico del municipio Tercer Frente*". C. Habana. Inédito.
6. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba (1988b): "*Estudio Geográfico del municipio Yateras*". C. Habana. Inédito.
7. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba (1988c): "*Estudio Geográfico del municipio Segundo Frente*". C. Habana. Inédito.
8. INCA (2000): "*Zonificación Agroecológica del cafeto en los macizos montañosos Nipe-Sagua-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya*". (*Proyecto en Ejecución*).
9. Martín, G. y otros, (2000): "*Concepción teórico-metodológica general del diseño e implementación del S.I.G, para el manejo de las regiones montañosas*". Resultado Parcial. PNCT Desarrollo Sostenible de la Montaña CITMA. (Inédito). 78 pág.
10. Páez Moro, M. y otros (1994): "*Tecnología para la digitalización masiva de mapas y planos*". GEOCUBA-IC. La Habana. IX Forum Nacional de Ciencia y Técnica.

EL CIERRE DE MINAS Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Dr. Orestes Santana Maurell, Ing Martín Sánchez Cabrera,

ONRM, Cuba.

Introducción

Desde un enfoque académico el cierre de una mina es un proceso más y el último en la explotación de un yacimiento mineral. Por lo tanto una mina comienza con su construcción y puesta en marcha, hasta alcanzar los niveles de producción previstas y a veces sobrepasarlos motivado por modernizaciones a lo largo de su vida útil; después por agotamiento de sus reservas, la producción disminuye y se llega a su cierre o abandono.

La práctica ha enseñado que muchas veces el cierre de la mina no se debe al agotamiento del mineral, sino a accidentes mineros, tales como derrumbes, colapso del macizo rocoso, inundaciones o por problemas económicos; variación de los precios en el mercado, sustitución de materias primas, pérdidas de mercado, etc.

En la actualidad, independientemente de la causa, el cierre de mina constituye un elemento a tener en cuenta para que la minería contribuya al desarrollo sostenible. Por eso se hace necesaria la planificación y control de las operaciones de cierre y postcierre de una mina.

Antes de la década de los ochenta se pensaba poco en una minería amigable con el medio ambiente y que al cerrar sus operaciones de explotación se ocupara de mitigar los impactos ocasionados y que tomara en cuenta las relaciones armónicas con la comunidad, con los mineros y empleados, no dejándolos desamparados al cerrar la mina.

El cierre de minas debe regirse por un marco jurídico, por normativas y con un estricto control que garantice la ejecución de lo acordado. Es necesario tener bien definido los responsables de los trabajos de postcierre.

Otro factor muy importante es el financiamiento del cierre de minas. Lo bueno sería que durante la explotación de la mina se acumulasen los fondos necesarios para acometer las tareas del cierre y del postcierre. Buscar además en los casos necesarios la cooperación estatal o de grandes empresas mineras.

En Cuba los cierres de mina hasta la década de los sesenta eran más bien abandonos de mina. Desde los sesenta hasta los noventa se empezaron a tomar medidas técnicas en los



cierres de mina y a garantizar el empleo a los trabajadores. Después del año 95, los cierres de mina se rigen por la Ley de Minas y su reglamento.

En la Ley de Minas se define: que el cierre de una mina puede ser temporal o definitivo, según sea posible reanudar la explotación o no y total o parcial, según se contemple el cese de actividades en toda o parte de la mina.

Para el cierre temporal de una mina se requiere la autorización mediante resolución del Ministro de la Industria Básica y para el cierre definitivo la autorización del Consejo de Ministros o de su Comité Ejecutivo.

Como causas de un cierre temporal puede ser por razones técnicas, económicas, minero-geológicas, hidrogeológicas, incendios, daños al medio ambiente u otras que no permitan continuar la explotación del yacimiento.

El cierre definitivo puede tener lugar por la extracción total o por cancelación de las reservas minerales, en los casos en que no haya perspectivas para su incremento o hayan cambiado las condiciones técnico-económicas, de seguridad minera o ambientales.

Como paso previo a la aprobación del cierre de mina es necesario presentar por parte del concesionario al Ministro de la Industria Básica, a través de la autoridad minera, un estudio técnico económico con las argumentaciones pertinentes y el programa de trabajo con las medidas a ejecutar.

En caso de que el cierre se produzca por interés estatal, el estado cubano indemniza al concesionario como corresponda.

Una vez aprobado el cierre de la mina, los inspectores estatales de la autoridad minera controlan el cumplimiento de los trabajos.

Las argumentaciones técnico-éconómicas y el programa de cierre que se presentan para el cierre temporal o definitivo debe contener:

- Estado actualizado de las reservas minerales.
- En minas subterráneas la forma en que se liquidan los laboreos, para evitar la posible afectación de la superficie.
- El sellaje de todos los laboreos de acceso.
- La utilización o destino de las instalaciones de superficie, equipos y materiales
- La recuperación de equipos y materiales de las minas subterráneas.
- El estado en que quedan los depósitos de colas, escombreras y escoriales y el cálculo de los minerales contenidos o del volumen total del depósito.



- El programa de restauración de la superficie afectada y un informe sobre las afectaciones provocadas al medio ambiente.
- La utilización que se pudiera dar a las instalaciones mineras subterráneas o a las canteras.

En el caso del cierre temporal, en el reglamento de la ley se expresa que: cuando se elimina la razón que motivó el cierre temporal, el concesionario estará en la obligación de reiniciar los trabajos de explotación.

El titular de una concesión de explotación podrá cerrar temporalmente la mina hasta dos años con la aprobación previa del Ministro de la Industria Básica. Los períodos de cierre que excedan de dos años serán aprobados previamente por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros.

Una vez cumplido el programa de cierre definitivo establecido en la disposición jurídica que lo autorizó, se firma un acta de cierre definitivo entre el concesionario y la Autoridad Minera donde se evaluará el cumplimiento del programa aprobado y se reflejarán las medidas de postcierre que correspondan.

En todo cierre de mina debe considerarse la protección del medio ambiente. Por lo general la minería es una de las pocas industrias donde se puede conocer cuando finalizan las actividades de una mina. Es por eso que es prudente en los proyectos de nuevas minas tomar en cuenta su cierre y en las existentes prever su cierre con tiempo. Esto significa minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente. La mitigación de los efectos al medio puede llevar largos años de trabajo. Esto obliga que en lo posible se tomen medidas de mitigación durante la vida útil de la mina y se planifiquen cuidadosamente a la hora del cierre. Dicha planificación debe contemplar, la restauración de las zonas explotadas, la recultivación de escombreras, las presas de colas y todas las medidas de control y mitigación en las variantes más baratas.

Este tipo de previsión en los cierres de minas debe facilitar el trabajo de las autoridades reguladoras y contribuye a eliminar los problemas que se presentaron en los abandonos de minas en años anteriores. Una cuestión muy importante es dentro del cierre de minas contemplar el financiamiento del programa propuesto.

En todo este trabajo preventivo, se destacan varias etapas:

- Diseño inicial del cierre. Para una nueva mina o una mina en explotación.
- Rehabilitación progresiva, aplicada durante el tiempo de vida útil de la mina.
- Plan interino de cierre, preparado en el caso de expansiones de operaciones mineras o cambio de legislaciones.
- Plan final de cierre, preparado ante la inminencia del cierre de la mina.

El cierre de mina se ejecuta con la remoción de los componentes mineros, la limpieza de las áreas y garantizando la seguridad del área. En esa etapa también se acometen los trabajos de



rehabilitación de las áreas y se establece el monitoreo. El cierre efectivo de la mina se certifica por la autoridad competente y se procede a la entrega de áreas.

Los criterios en los cuales se ejecuta el cierre de la mina son:

- Estabilidad física. Las estructuras antropogénicas después del cierre quedan estables. No hay peligros de daños a las personas, inmuebles y bienes de la zona.
- Estabilidad química. El área minera queda químicamente estable. Las medidas de mitigación garantiza la salud y seguridad de las personas y el ambiente.
- Estabilidad biológica. Esta es la garantía final de la rehabilitación y la posibilidad del uso de las áreas y del terreno.

Dentro de un Plan de Cierre de Minas, se debe contemplar :

- los recursos naturales de la zona, el impacto ocasionado a ellos y la forma de su recuperación.
- Los factores socio-económicos, al cerrarse la mina hay una declinación económica inevitable en el área , que afecta en primer lugar a los trabajadores mineros y a los prestadores de servicios. A estos problemas hay que planificarle una solución.
- Los trabajos y controles del postcierre y las personas o entidades responsabilizadas de ello.
- El costo del cierre de la mina y las fuentes de su financiamiento.

Ejemplos de cierre de Minas:

RUMANIA.

Cierre de 29 minas en Rumanía por ser antieconómicas y presentar problemas medio ambientales no soluble con el nivel de técnica y tecnología con que se explotan. El Gobierno Rumano ha puesto en práctica un proyecto de Reestructuración del Sector Minero. El Proyecto contempla un Programa de cierre de Minas, dirigido por un grupo central de cierre de minas y el cual toma en cuenta el apoyo financiero a los mineros y la mitigación del medio.

Este Proyecto contempla también la mitigación social, en un esfuerzo para revitalizar la depresión que sufren las áreas mineras. Esto se realizará a través de inversiones en las pequeñas empresas, reentrenamiento y creación de nuevos empleos, diversificando la economía local. Las áreas de cierre de minas serán priorizadas.

El costo total del proyecto es de 61.5 Millones USD, de los cuales 44.5 Milones USD corresponde a una préstamo de Banco Mundial.

CANADA

En Ontario se acomete por parte de The Rehabilitation Compliance and Inspection Office un Programa de Rehabilitación de Minas Abandonadas, que incluye el monitoreo.

MINA MATAHAMBRE.

El yacimiento de cobre “Matahambre” se encuentra al noroeste de la Provincia de Pinar del Río. A 46 km. de la Ciudad Pinar del Río y a 12 km. del Puerto de Santa Lucía. (Fig. 1)

Fue descubierto en 1911, de forma casual por un campesino de la Zona, quién encontró una muestra de malaquita, perteneciente al afloramiento de la zona 14. Esta muestra fue entregada al alcalde de Pinar del Río, quién lo comunicó al Ing. Manuel Luciano Díaz, Ministro de Gobierno. Este Señor hizo las primeras inversiones y comenzó la explotación en 1913 a cielo abierto y por socavones, constituyendo la asociación “Porta y Díaz” dedicada a la explotación y comercialización del mineral de cobre de Matambre. El mineral se exportaba a los Estados Unidos de Norteamérica, en rajón, transportándose hasta el puerto de Santa Lucía en carretas tiradas por bueyes.

En 1920 American Metal Company LTD, una compañía norteamericana compra el 60% acciones de la mina y en el año 1921 se comienza a realizar inversiones de mayor envergadura. Se excava el pozo Nro. 1 para explotar las zonas 14, 19 Y 30. Este pozo llegó hasta el nivel 21, alcanzando 582 metros de profundidad. En esa época también se construyó la Planta de Beneficio. (Fig. 2)

En 1930 se comenzó la excavación de los pozos Nros. 2 y 3 para alcanzar las zonas 14, 19 y 30. El Pozo Nro. 2 después alcanzo una profundidad de 1 166 metros y el pozo Nro. 3 unos 1 019 metros. En ese año se realizaron modificaciones a la planta de beneficio, se instalaron compresores para el suministro del aire comprimido a la mina, se instalaron los winches de izaje principales y auxiliares. La Planta y la mina se llevaron a la capacidad de extracción y procesamiento de 300 000 t al año.

El sistema de explotación utilizado era el de corte y relleno hidráulico con las colas de la planta de beneficio. El beneficio se realizaba por el método de Flotación, obteniéndose concentrados con contenidos de metal de 30% de cobre. Este concentrado se trasladaba hasta Santa Lucía por un teleférico (funicular). (Fig. 3)

A principio de la década del 40, la mina sufre una crisis por falta de reservas minerales, debido al acuífamiento de las zonas 14, 19 y 30 hacia la falla Manacas. La producción disminuye considerablemente y American Metal Company LTD, en 1944, vende sus acciones a una compañía liderada por el Dr. Romagoza. En ese mismo año se descubre la zona 44, activándose de nuevo la explotación.

En 1954 se comienza la excavación del pozo ciego Nro. 5, como un escalón del pozo Nro. 2, para continuar la explotación de la zona 44 en la profundidad hasta los 1502 m.

En 1960 Se nacionaliza la compañía Romagosa por el Gobierno Revolucionario. La mina estaba en crisis, la explotación se desarrollaba a una profundidad cercana a los 1 000 metros y se rumoraba un posible paro de operaciones.

No obstante que el personal técnico dirigente abandonó el país y faltaban los recursos, la producción se mantuvo y las condiciones de vida de los mineros mejoraron. Poco a poco se fueron incorporando técnicos extranjeros e egresados cubanos de los países socialistas, los cuales asumieron la explotación de la mina y de la Planta y prepararon al personal cubano..

En 1970 La mina y la Planta son sometidas a una rehabilitación total. Ya la explotación se encontraba a la profundidad de más de 1200 m, el Sistema de explotación dominante era el de corte, fortificación y relleno. La ley de extracción había disminuído y los costos eran altos.

En 1972 se reiniciaron las actividades, pero ya las condiciones mineras, las bajas productividades y el crecimiento de los costos de producción, provocaron que se realizaran varios estudios del año 1977 al 1979, donde se recomendaba el cierre de la mina. No obstante eso se elaboró un programa para mejorar la situación y alcanzar niveles de producción más altos. A pesar de los esfuerzos realizados en la década de los 80, la mina no pudo recuperarse aunque alcanzó producciones promedios de 53 000 t /año y ya en el 1990 se agrava la situación económica del país. La mina sufre grandes crisis de bombeo, paralizándose por inundaciones, el equipamiento estaba obsoleto física y moralmente, ya la situación productiva en 1996 era insostenible. la explotación llegó hasta el nivel 45 a 1500 m de profundidad

El análisis técnico operacional realizado en 1995 demostró que la situación de la mina en cuanto a reservas minerales, situación del equipamiento y los indicadores técnico económicos que se pueden alcanzar, no satisfacían las exigencias mínimas necesarias, constituyendo una pequeña producción con pérdidas, lo cual la hace irrentable y era necesario ir a su cierre definitivo.

Sobre esta base se prepararon los documentos necesarios para solicitar el cierre definitivo de la Mina Matahambre, así como los Programas de cierre y postcierre, siendo aprobado por las autoridades competentes de acuerdo a la Ley de Minas.

- **Causas de cierre.**

- Después de 84 años de explotación y con la extracción de cerca de 12 millones de toneladas de mineral y la venta 591 868 toneladas de metal de cobre, la mina presentó un situación económicamente desfavorable debido a:
 - ❑ Incremento de la profundidad de la mina hasta 1500 m.



- ❑ Disminución de la ley de mineral desde 8% de Cobre a 2,5% y de las reservas minerales, encontrándose la mayoría de ellas en las partes más profundas.
- ❑ Disminución de la producción.
- ❑ Empeoramiento de las condiciones técnico mineras: Altas temperaturas (más de 40 grados), aumento de la presión del macizo rocoso, complicación del sistema de explotación.
- ❑ Deficiente sistema de bombeo y de ventilación.
- ❑ Riesgos en la seguridad minera.
- ❑ Aumento de los costos de producción
- ❑ Reducción del precio de venta.

Situación similar había sido analizada 10 años antes, pero en aquella ocasión se tomó la decisión por parte del Gobierno de mantener la mina en operación, preservando la fuerza calificada y tomando medidas para mejorar los indicadores técnico-económicos.

Ejecución del cierre de la Mina Matahambre.

- Como premisas en la ejecución del programa de cierre, se plantearon las siguientes:
 - Reubicación del 100% de los trabajadores, con una garantía salarial del 80%.
 - Garantizar la continuidad de la mejora de viviendas y obras para la comunidad.
 - Preservación del valor histórico de la Mina.
 - Recuperación de equipos, instalaciones y medios que pudiesen ser aprovechados.
 - Mitigación de las afectaciones al medio ambiente.
 - Efectuar un proceso político con todos los trabajadores, jubilados, personal de salud, sector educacional y todo el pueblo, donde se explicará las causas del cierre de la mina y las medidas a tomar.
- **Recuperación de recursos:**
 - No se extrajeron de bajo mina los recursos que su recuperación implicara riesgo para la vida de los trabajadores, tales como recursos en los pozos verticales y obras inclinadas, tuberías de relleno, agua, aire, cables e instalaciones eléctricas y otros materiales que por sus condiciones no ofrecen seguridad para la operación.
 - El valor de los equipos y materiales recuperados y preservados de la mina ascendieron a 109,0 mil Pesos y a 258,2 los de la Planta de Beneficio.
- **Recursos humanos.**
 - Los 623 trabajadores fueron reubicados en distintas actividades a saber:
 - En otras Minas: 293
 - En industria Química: 28
 - En el Despalillo de Tabaco de nueva creación: 72
 - Carpintería y Forestal: 70
 - Acueducto e industrias Locales: 36



- Agricultura: 26
- Reubicación por sus propios medios: 27
- Jubilación anticipada: 71
- La casa del Minero se mantuvo como centro de recreación, restaurándose el local, mejorando el sistema de audio, videos y equipos de música.
- Se crearon fuentes adicionales de trabajo para la familia de los mineros en fábrica textil y de tabacos.
- Por resolución No. 166 de la Comisión Nacional de monumentos, se declaró Monumento Nacional la Mina de Matahambre.
- Medio Ambiente:
 - Se sellaron las excavaciones de la mina que salían a la superficie, tomando las medidas de protección correspondientes.
 - Se conservaron las instalaciones de superficie del pozo Nro.2, Pozo Principal, como parte del Museo.
 - Los residuales de relleno de la Planta de Beneficio en la presa de cola, fueron removidos, descontaminándose toda el área y reforestándose.
 - Se removieron las escombreras y reforestaron.
- Financiamiento del cierre y del postcierre.
 - Como fuente de financiamiento se tomo el valor de la última venta de cobre ascendente a 552,0 miles de dólares. Con este dinero se sufragaron los gastos del cierre y postcierre planificados, así como los beneficios sociales directos a los trabajadores y a la comunidad.
 - Los gastos de la operación del cierre fueron de 210,0 miles USD y se destinaron a beneficios sociales 280,0 mil USD, el resto 62,0 se destinaron a cubrir gastos del postcierre.

MINA JUCARO.

La manifestación mineral de cobre Júcaro fue descubierta por Havlicek en 1966. La exploración geológica se llevó a cabo hasta 1971. La explotación del yacimiento comenzó en 1978.

El yacimiento cupropirítico Júcaro se encuentra ubicado en la parte noreste de la Provincia Pinar del Río, 12 km. al sudoeste del Municipio Bahía Honda, barrio las pozas y a 100 km de la Ciudad de La Habana. (Fig. 1)

La apertura de la mina se realizó por un pozo vertical de hormigón con 316 m de profundidad y un pozo auxiliar de 100m. de profundidad, ambos situados en los flancos del yacimiento. (Fig. 4)

Se construyó también una planta de beneficio por flotación.

El sistema de explotación era el de Derrumbe por subniveles. Los subniveles a 15 de altura.

La producción anual proyectada de la mina era de 150 00 t, con una ley del 1% de cobre contenido en el mineral. El producto final 1 200 t de metal de concentrado al 18%. Tenía posibilidades de producir también concentrado de pirita con 40% de azufre.



La explotación se llevaba a cabo en tres niveles, dos en extracción y uno en desarrollo, hasta la profundidad de 156 metros.

Por problemas técnico-mineros y poco conocimiento geológico esta mina sólo pudo alcanzar el 50% de capacidad proyectada.

Con la caída de los precios de cobre en el año 1998, se cuestionó la operación de la Mina y el resultado de un análisis operacional fue de que solamente podría operar rentablemente con precios de 1.20 USD/ libra . Esta mina venía con resultados marginales desde hacía algunos años.

Elaborada una variante de contingencia introduciendo mejoras técnicas y reduciendo los costos, para lograr no tener pérdidas el precio del cobre debía de alcanzar 0,9 USD/libra. Esto era sin contemplar estudios geológicos y desarrollo minero.

Realizado un estudio de factibilidad , recalculando las reservas minerales para varios cut-off entre 0,5 y 1,5 % Cu e introduciendo mejoras en la planta de beneficio para alcanzar un concentrado de más del 20% de cobre, los resultados fueron negativos.

Por lo cual se planteo el cierre de la Mina en una variante temporal y en otra de forma definitiva.

Se aceptó y aprobó el Cierre definitivo de la Mina en 1999.

El cierre se realizó siguiendo lo establecido en la Ley de Minas.

- Se recuperaron todos los equipos y materiales bajo mina y de superficie
- Preservación de equipos e instalaciones que dejaron de funcionar hasta la definición de su nuevo destino.
- Sellaje de los pozos y contrapozos en la superficie.
- Cercado y prohibición de acceso al área de derrumbe.
- Cálculo de las reservas que quedaron en los Niveles II y I. El total fue de 86 378 t con 1,30% de cobre.
- Reubicación de la fuerza de trabajo. El total de 283 trabajadores se reubicaron de la siguiente forma:
 - En actividades mineras: 116
 - Túneles populares: 63
 - Zafra tabacalera: 48
 - Agricultura: 13
 - Faltan por reubicar: 43

Para la mitigación de impacto ambiental, se realizó un diagnóstico y sobre la base de él se dictaron las medidas correspondientes, las cuales ya se han ido ejecutando. La medida de



mayor envergadura es la solución a la presa de cola, para lo cual se hicieron los análisis pertinentes de las mediciones de vertimiento en diferentes épocas del año y se está confeccionando un proyecto.

Los gastos del cierre de la mina se han cubierto con el fondo obtenido por el último embarque que realizó la mina y con fondos de la Unión GEOMINERA. La medidas de post-cierre, donde se incluye la solución de la presa de cola, serán asumidas también por la Unión.

La connotación de este cierre no es como la de la Mina Matahambre, pues no existe poblado minero como tal. La fuerza de trabajo era en su mayoría del poblado Las Pozas y Bahía Honda, algunos procedentes del pueblo de Matahambre.

Esta experiencia acumulado nos prepara para acometer en el próximo año (2001) el cierre de la Mina Santa Lucía de Pirita y de la Mina Grande de "EL Cobre", ambas a cielo abierto.

En la minería de Niquel, hasta ahora lo que se destaca son agotamiento de zonas mineras, las cuales se recultivan. Manteniéndose la actividad minera en otras zonas y tributando el mineral a las fábricas metalúrgicas.

PROPUESTA DE UM SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL EN CUATRO EMPRESAS DE PIEDRA PARA CONSTRUCCIÓN EN EL ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.

Jacqueline Chiu Espinosa. Ing. de Minas. Mestranda em Administração e Política de Recursos Minerais do Instituto de Geociências. Universidade de Campinas. Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas – SP. CEP 13083-970 - Caixa Postal: 6152 BRASIL. Email: espinosa@ige.unicamp.br

Rachel Negrão Cavalcanti. Economista. Mestre em Geociências. Doutor em Engenharia Mineral. Chefe do Departamento de Administração e Política de Recursos Minerais do Instituto de Geociências. Coordenadora de Pós-Graduação- Area de Concentração em Administração e Política de Recursos Minerais. Universidade de Campinas. Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas – SP. CEP 13083-970 - Caixa Postal: 6152 BRASIL. Email: rachel@ige.unicamp.br

RESUMEN.

La explotación de los recursos minerales es una de las actividades humanas que ejercen mayor transformación en los medios naturales y una influencia significativa en el nivel y calidad de vida de la población. La eficiencia y el nivel de organización de los sistemas de gestión ambiental implementados inciden de forma directa en dichas transformaciones y en los impactos ambientales negativos o positivos que se manifiestan. El objetivo de este trabajo está dirigido a proponer un Sistema de Gestión Ambiental para cuatro empresas productoras de gravas en el Estado de São Paulo. Para ello fue necesario realizar un levantamiento de la legislación mineral y ambiental vigentes en el país además de analizar y comparar los instrumentos de gestión ambiental y procedimientos técnicos implementados en cada una de las empresas con vistas a garantizar el uso y manejo sostenible del recurso mineral y la protección del medio ambiente.

Este estudio fue aplicado en las empresas: Galvani Engenharia e Comércio Ltda, municipio Paulínia; Usina Paulista de Britagem São Jerônimo, Ltda, municipio Valinhos; Pedreira Basalto municipio Monte Mor y Embu S.A Engenharia e Comercio (Pedreira Juruaçu) región metropolitana de São Paulo todas las empresas con capacidad de producción que oscila desde 35 000 hasta 45 000 m³/mes. Entre los principales instrumentos de gestión ambiental que fueron analizados podemos citar: evaluación de impacto ambiental, control de la contaminación, monitoreo ambiental, auditoria ambiental, recuperación ambiental, planes de control ambiental, programas de comunicación, sistemas de gestión y certificación ambiental, programas de salud y protección en el trabajo, establecimiento de normas y patrones ambientales, penalidades administrativas, civiles y criminales, entre otros. La propuesta del sistema de gestión ambiental fue basada en el modelo ideal conforme a la norma internacional elaborada por la "International Standardization Organization" denominada ISO 14001, de la serie 14000 relativa a cuestiones del medio ambiente con el principal objetivo propiciar una mejoría continua del desempeño ambiental en las empresas de piedra para construcción. Este trabajo muestra falta de integración entre los órganos gubernamentales que regulan la actividad minera, ausencia de recursos técnicos, humanos y financieros para llevar a cabo el control y la fiscalización de la actividad y el uso racional del recurso mineral, inadecuación de la legislación ambiental y mineral vigente, ineficiente nivel de cultura ambiental, insuficiencias tecnológicas en las empresas. De los cuatro estudios de caso analizados la pedrera Juruaçu es la que más se aproxima a una práctica adecuada con relación a la conservación ambiental, presentando una política ambiental definida, no obstante es necesario implementar algunas acciones con vistas a aumentar su desempeño ambiental, en el trabajo presentamos las vías.



CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DE LINARES, N.L./ MEXICO.

Héctor de León Gómez⁽¹⁾, Francisco Medina Barrera⁽¹⁾

(1) Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Hacienda de Guadalupe, carretera a Cerro Prieto, Km. 8, A. P. 104; 67700 LINARES, N.L./México. C. Eléct.: hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx, famedina@ccr.dsi.uanl.mx

RESUMEN

El relleno sanitario se localiza en la cuenca del río Pablillo, a casi 4 kms. al noreste del vaso de la presa Cerro Prieto, en Linares. En él se depositaron los desechos domésticos, municipales e industriales de casi 100,000 habitantes.

El tipo de relleno sanitario es de trinchera a cielo abierto, enclavado en rocas lutíticas de la formación Méndez del Cretácico Superior, con fracturamiento alto y fallas del tipo "push fault" así como una serie de diaclasas rellenas de calcita con espesores de hasta 1 m y longitudes de más de 500 m. En su diseño no se contempló el uso de geomembranas o barreras geológicas para evitar la interconexión de los lixiviados con el agua subterránea.

El acuífero del área del relleno es del tipo grietas, cuya dirección de flujo principal del agua subterránea es en dirección SW-NE, coincidiendo en gran parte al sistema de facturamiento predominante "ac" y profundidades promedio del nivel freático de 25 m. observados en pozos y norias que lo rodean y que abastecen a las localidades para fines potables y agrícolas.

En los análisis físico-químico-bacteriológicos realizados en los pozos y norias se obtuvieron valores del ion Nitrato cercanos a los 50 ppm, cuyo origen se le atribuye a los lixiviados de dicho relleno, y sobrepasando la norma ecológica NOM-1996. También en el análisis de hidrocarburos pesados, a través del método de Cromatografía de Gases se obtuvieron valores de hidrocarburos de 14 hasta 320 mg/L. En ámbos casos causan trastornos a la salud del hombre.

Se propondrán medidas de remediación y saneamiento del acuífero para frenar el avance de la contaminación, evitando así la posible conexión con las aguas del vaso de la presa Cerro Prieto y el resto de los aprovechamientos hidráulicos.

ABSTRACT

The waste deposit is located on the drainage basin of the Pablillo River and at about 4 kilometers northeast of Cerro Prieto reservoir in Linares, Nuevo Leon, Mexico. Industrial, municipal, and domestic wastes, generated by a population of almost 100,000 people, are dumped in this deposit.

The type of deposit is that of open-air trench type, built on lutaceous rocks from the early Cretaceous Méndez formation, with high fractures and push faults, as well as a series of calcite filled joints with as much as 1 meter wide and more than 500 meters long. When designing this waste deposit, it was not taken into account the use of geomembranes or geologic barriers to avoid any interconnection of the leaching with groundwater deposits.

The aquifer located in the waste deposit area is of the fissured type. The direction of its main flow is SW-NO, being, for the most part, the same as the "ac" predominating fissure system, with an average depth of freatic level of 25 meters, as observed in wells and drillings located in the area and which supply agricultural and potable water to the nearby people.

Values of about 50 ppm of Nitrate ions were found as a result of the bacteriological- physical-chemical analysis conducted in the wells and drillings in the sited area. This Nitrate ions are thought to be generated by the leaching coming from the waste deposit. These values are greater than the permitted by the ecological norm NOM-1996. Also in the analysis for heavy hydrocarbons using the Gas Chromatography method, the outcome was of 14 to 320 mg/L. In both cases the values found can cause harm to human health.

Solution and sanitation measurements will be established to stop this pollution, avoiding as much as possible, any connection between the leaching from the waste deposit and the water reservoir of Cerro Prieto and all the other hydraulic uses.

IMPACTO GEOMORFOLÓGICO POR ZONAS DE COLAPSO EN LA REGIÓN DE GALEANA, NUEVO LEÓN / MÉXICO.

Francisco Medina-Barrera ⁽¹⁾ & Héctor De León-Gómez ⁽¹⁾

(1) Facultad de Ciencias de la Tierra Universidad Autónoma de Nuevo León A. P. 104, C.P. 67 700 Linares, N. L. México, C. Eléct.: famedina@ccr.dsi.uanl.mx, hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx.

Resumen

El trabajo a presentar está relacionado con el cambio morfológico que se tiene en la región de Galeana N.L., Noreste de México, donde se han estudiado tres zonas en la parte central de la cadena montañosa de la Sierra Madre Oriental, que se ubica el Altiplano Mexicano. Estas zonas presentan emanaciones de vapor y calcinación de materia orgánica, las cuales presentan una morfología reciente y en constante modificación.

Debido a la calcinación subterránea del subsuelo se pueden observar estructuras de hundimiento presentando escarpes en forma de pequeños grabenes, dentro de sedimentos orgánicos finos que muestran restos de un ambiente lacustre, con gran cantidad de organismos y una alta concentración de carbonatos y precipitación de los mismos formando costras de travertino.

Las localidades se ubican en la zona de transición hacia el Altiplano Mexicano, en el margen Este de una estructura tipo Bolsón, la cual esta enmarcada con sedimentos estratificados calcáreos de edad Cretácica y Jurásica y alejados de cuerpos intrusivos y de toda actividad magmática.

La situación hidrogeológica muestra que desde hace más de 30 años se ha estado explotando el acuífero calcáreo para fines agrícolas, el cual esta formado por pozos, con profundidades promedio de hasta 120 m, con un nivel estático de 11 a 20 m s.n.m. y gastos de extracción hasta de 70 l/s (pozo 1). El descenso del nivel freático debido a la explotación desmedida del acuífero, esto ha contribuido, a que los sedimentos lacustres pierdan el contenido de agua formándose vacíos y generándose hundimientos del terreno.

En las zonas de estudio se obtuvieron muestras de los sedimentos y se realizaron pruebas de calcinación obteniendo una calcinación total de las mismas. En los estudios de campo se midieron las temperaturas de vapor de agua, en la superficie alcanzando rangos hasta de 75 °C, también se pudo observar precipitaciones de azufre en forma de pequeños cristales en las paredes de las grietas por las que se reconoce la emanación activa de vapor.

Las respuestas obtenidas en estas zonas es que la calcinación subterránea de estos sedimentos son propios de una acumulación de turbas, las cuales son altamente combustibles y pueden insendiarse por si solas o bien en forma indirecta. Por otro lado el efecto ecológico impacta de manera directa la morfología del terreno, ya que este tipo de fenómenos consume la vegetación superficial cambiando el paisaje a una zona desértica, sin producción de tipo agrícola. El riesgo puede ser controlado en áreas donde no existan asentamientos humanos, sin embargo el cambio morfológico repentino en forma de colapso, puede causar daños graves a vías de comunicación y a áreas urbanas en esta región.

Abstract

During the last years, at least three localities with obvious vapour and combustion of organic matter have been observed. These points are located in valleys of the central region of the mountain chain of the Sierra Madre Oriental, far away of the scarce outcrops of older magmatic rocks. The valleys (sp. "bolsón") are bordered by stratified jurassic and cretaceous rocks, in a geographical transition to the Mexican Highland.

The morphology of the burning areas is very recent and shows continuous modifications. Well developed subsidence features, as scarps forming small grabens, are present in the very fine organic sediments. This material were deposited in a lacustrine enviroment, documented by the presence of typical shell organisms and plants, as well as the precipitation of calcium carbonate (travertine).

The agriculture of the region have needed the exploitation of the aquifer over 30 years. 5 wells, with average deeps of 120 m, and static levels between 11 and 20 m, give up to 70 l/s. The decreasing water level have contributed to the subsidence of the sediments due the structural support loss.

The dry sediments, typical peats, can be burn freely and totally, due the very high organic matter content. On the other hand, the emanating vapours reach temperatures over 75°C. Sulphur crystals are present at the wells of open fractures. This element is transported in solution by the vapour, and precipitate due the change of geochemical parameters. It is originated probably from the dissociation of H₂S in the reducing environment.

The fires impact the surface vegetation, making also impossible the agriculture. The emanations of smoke (carbon monoxide, among others) represent a health risk for the inhabitants.

The distribution and thickness of the peat layers, the origin of the sulphur crystals are matter for the near future investigations.

APORTES GEOFISICOS EN EL ESTUDIO DEL MEDIO FISICO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCION DE UNA LAGUNA DE OXIDACION EN LA REFINERIA “HERMANOS DIAZ”.

Fernando Mondelo Díez, Eric Escobar Pérez.

Geominera de Oriente, Carretera Siboney, Km 2.5, Santiago de Cuba. Cuba.

C. Eléct.: fmondelo@geom.stg.minbas.cu, eescobar@geom.stg.minbas.cu

RESUMEN

El trabajo resume los estudios geofísicos realizados con el fin de esclarecer en el corte geológico, las zonas de intrusión salina, su potencia, el grado de agrietamiento y la tectónica presente en el área proyectada para la construcción de una laguna de oxidación para el vertimiento de los residuales en la Refinería “Hermanos Díaz”. Para ello se procesaron datos de Sondeo Eléctrico Vertical, Tomografía Eléctrica con dispositivos Wenner y del Gradiente Magnético Vertical.

Con el análisis complejo de las variables geofísicas, imágenes de resistividad a diferentes niveles, mapa magnético, pseudo-cortes geoeléctricos por SEV y TEW, permitió la clasificación de los tipos litológicos presentes en el área, su ubicación espacial, y la posición de la intrusión salina con su potencia, además se pudo ubicar las zonas o vertederos antiguos cubiertos en la actualidad por sedimentos, escombros, etc.

ABSTRACT

The work summarizes the geophysical studies carried out with the purpose of clarifying the geologic sections, the areas of saline intrusion, its thickness and the tectonic present in the area projected for the built of a oxidation lake for the Refinery “Hermanos Díaz”. They were processed the data of Vertical Electric Sounding, Electric Tomografía with Wenner array and of the Vertical Magnetic Gradient.

With the complex analysis of the geophysical variables, resistivity images at different levels, magnetic map, pseudo-courts for VES and TEW, allowed the classification of the litological types present in the area, its location, and the position of the saline intrusion, you could also locate the areas or old drains covered at the present time by silts, waste, etc.

INTRODUCCIÓN

Como lo dispone la Resolución 168/95 y la Ley 81/97 sobre el otorgamiento y la aprobación de las licencias ambientales en aquellas obras o proyectos que puedan introducir cambios en las condiciones naturales de un lugar, es de vital importancia el estudio de las condiciones geológicas y de las características medio ambientales del área a estudiar.

Las investigaciones fueron realizadas en una zona cercana a la Bahía de Santiago de Cuba en áreas de la Refinería "Hermanos Díaz" (**Figura 1**) e incluyeron descripciones geológicas, estudios hidrogeológicos, geofísicos, topográficos y de perforación. En este trabajo se sintetiza toda la información sobre la base de los estudios geofísicos realizados.

MATERIALES Y METODOS

De forma general las rocas que se encuentran en el área son tobas de composición media, areniscas tobáceas, fragmentos de calizas, intercalaciones de conglomerados tobáceos, andesitas y andesitas basaltos pertenecientes al Grupo El Cobre. Para la verificación geológica y caracterización hidrogeológica de los litotipos presentes en el área fueron realizadas 5 perforaciones con una profundidad promedio de 5 a 7 metros.

El complejo de métodos geofísicos incluía la utilización del Gradiente Magnético Vertical (GMV) y de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en todo el área de estudio, y en un perfil seleccionado por sus características geológicas y geoeléctrica se realizarían la Tomografía Eléctrica Wenner (TEW).

Sondeo Eléctrico Vertical

La red utilizada para los SEV fue de 20 x 10 m, con aberturas de $C_1C_2 / 2 = 40$ m lo que permitió estudiar el corte hasta la profundidad de 12 m. Los SEV fueron interpretados automáticamente con el software RESIST del ITC de Holanda. Se construyeron los pseudo - cortes de resistividad y los mapas de contornos de resistividad para las profundidades de 1, 3 y 10 m respectivamente.

Gradiente Magnético Vertical

Se estudió en la red de 20 x 5 m, con dos lecturas sobre la superficie, una a 1.5 y 2.5 m respectivamente. Esto permitió calcular el GMV y las señales de alta frecuencia producto de los objetos magnéticos diseminados en el área de estudio.

Tomografía Eléctrica

Esta técnica geofísica fue desarrollada recientemente en investigaciones de complejidad geológica, donde los métodos tradicionales de SEV y otras técnicas son poco resolutivas. Se estudió la línea L20 N, con un dispositivo Wenner para una distancia entre electrodos de $a=2.5$ m y cantidad de dipolos de $n=6$. Esto permitió estudiar con detalle las variaciones geoeléctricas (imagen eléctrica) hasta la profundidad de 6 m, limitando la influencia de las resistividades laterales. Se construyó la sección eléctrica y la imagen digital.

RESULTADOS Y DISCUSION

El mapa de contorno del gradiente magnético vertical (**Figura 2**) señala cinco zonas donde los valores superan los 8000 nT y se correlacionan con la distribución de los desechos metálicos en superficie o enterrados a poca profundidad mezclados con material de relleno.

En los mapas de contorno de resistividad realizados para las profundidades de 1, 3 y 10 m (**Figura 3**) se observa la poca variación de la resistividad con la profundidad, corroborando las características zonales señaladas para la distribución de la intrusión salina.

Como apoyo a la interpretación en profundidad fueron construidos los pseudo – cortes de SEV por las líneas L0, L20 N, L40 N, L60 N y L50 W hasta la profundidad de 12 m. Las variaciones de resistividad y distribución de los gradientes varían poco entre ellos. En la línea L20 N los mayores valores de resistividad (8 – 12 ohm.m) están asociados a la presencia de las tobas de composición andesítica en el corte, así como los menores valores (< 2 ohm.m) se corresponden a mayores espesores de sedimentos areno – arcillosos influenciados en gran parte de su distribución por intrusión salina, siendo más intensa la intrusión salina sobre las líneas L0 y L20 N.

La Tomografía Eléctrica fue realizada en la línea L20 N y como se observa en la (**Figura 4**) manifiesta mayores variaciones de la resistividad, que el pseudo – corte de SEV para la misma línea. La tomografía con su imagen, señala una zona subvertical de mayor resistividad por debajo de la estaca 60, que se puede asociar a tobas andesíticas. La imagen digital proyecta con precisión la intrusión salina con valores de resistividad por debajo de 2 ohm.m.

Partiendo de estas premisas y datos de pozos, se confeccionó el modelo sintético de interpretación (**Figura 5**) y el mapa de interpretación compleja (**Figura 6**). En el corte se señalan las diferentes capas geoelectricas, partiendo desde superficie tenemos como primera, la capa vegetal y material de relleno caracterizada por valores de resistividad de 7 – 22 ohm.m. En todo el corte están distribuidas las tobas, con material areno – arcilloso de la propia composición, por ello las variaciones de resistividad son producto del grado de compactación y humedad. Las capas sucesivas tienen variaciones de resistividad de pequeña amplitud, aumentando sus valores en la última capa hasta valores de 12 ohm.m después de los 12 m de profundidad.

En el modelo sintético se mapearon las áreas de distribución de la intrusión salina, así como las tobas andesíticas consolidadas y las anomalías culturales magnéticas asociadas a desechos metálicos en superficie o enterrados a poca profundidad mezclados con material de relleno.

CONCLUSIONES

Con el análisis complejo de las variables geofísicas, imágenes de resistividad a diferentes niveles, mapa magnético, pseudo-cortes geoelectricos por SEV y TEW, permitió la clasificación de los tipos litológicos presentes en el área, su ubicación espacial, y la posición de la intrusión salina con su potencia, además se pudo ubicar las zonas o vertederos antiguos cubiertos en la actualidad por sedimentos, escombros, etc. Estos resultados constituyeron una herramienta efectiva para el enfoque y proyección de los trabajos geológicos y de perforación a realizar en la zona de estudio.

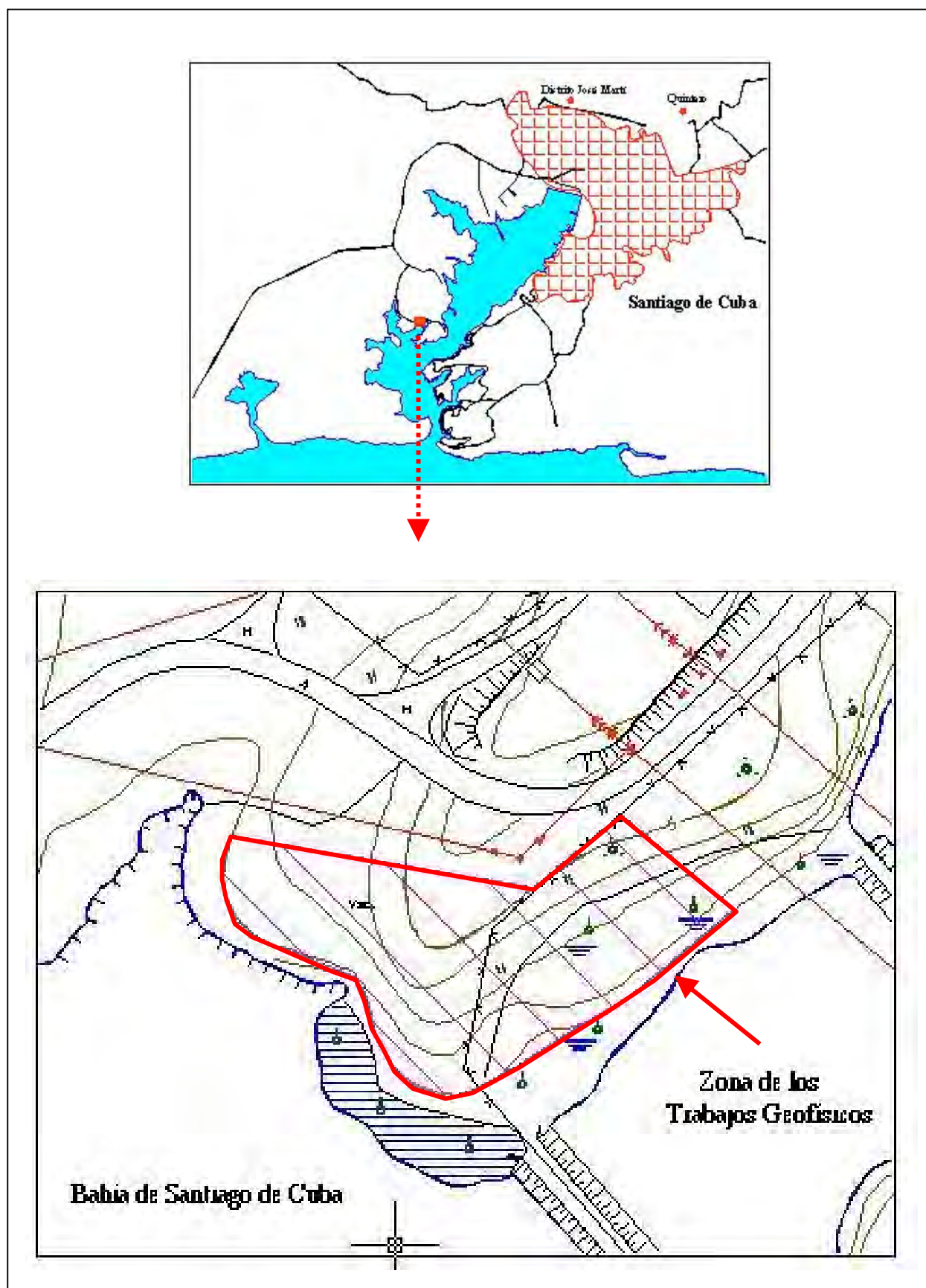


Figura 1. Mapa de Ubicación de los trabajos Geofísicos.

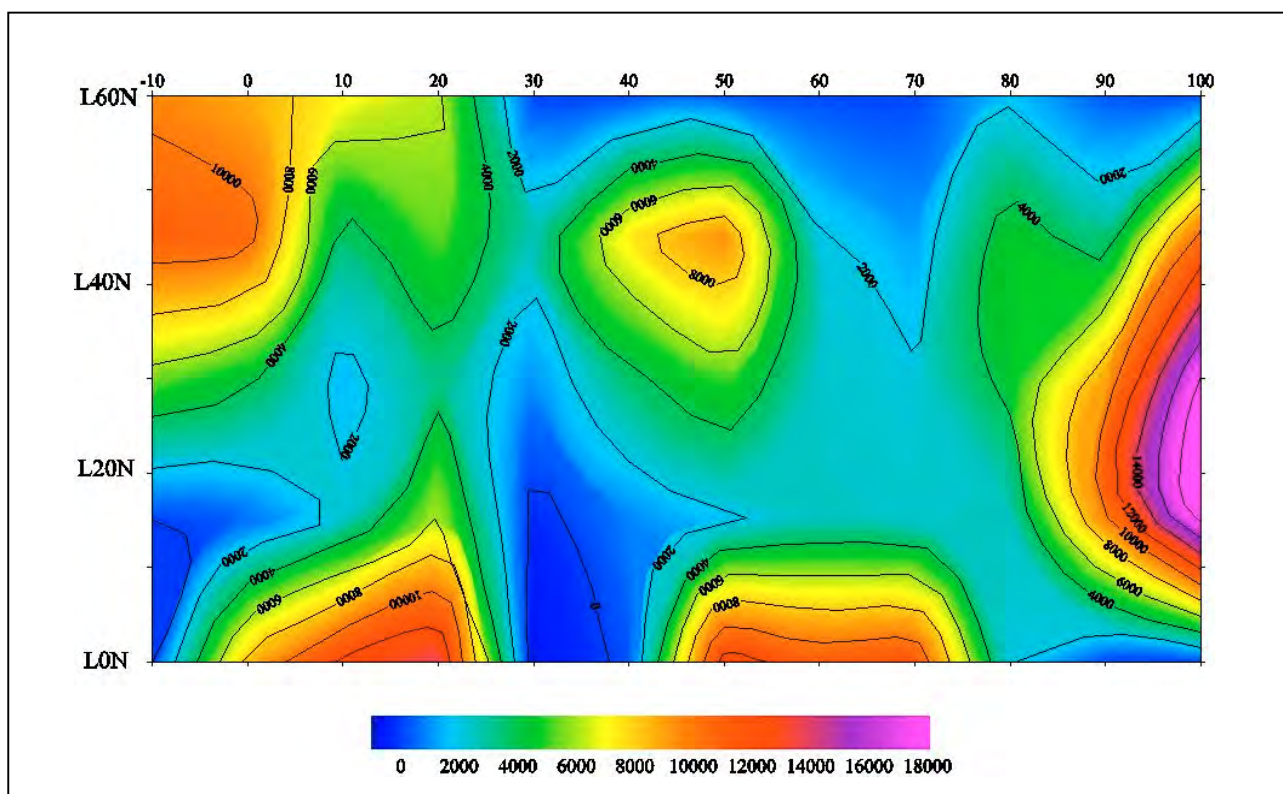


Figura 2. Contorno del Gradiente Magnético Vertical.

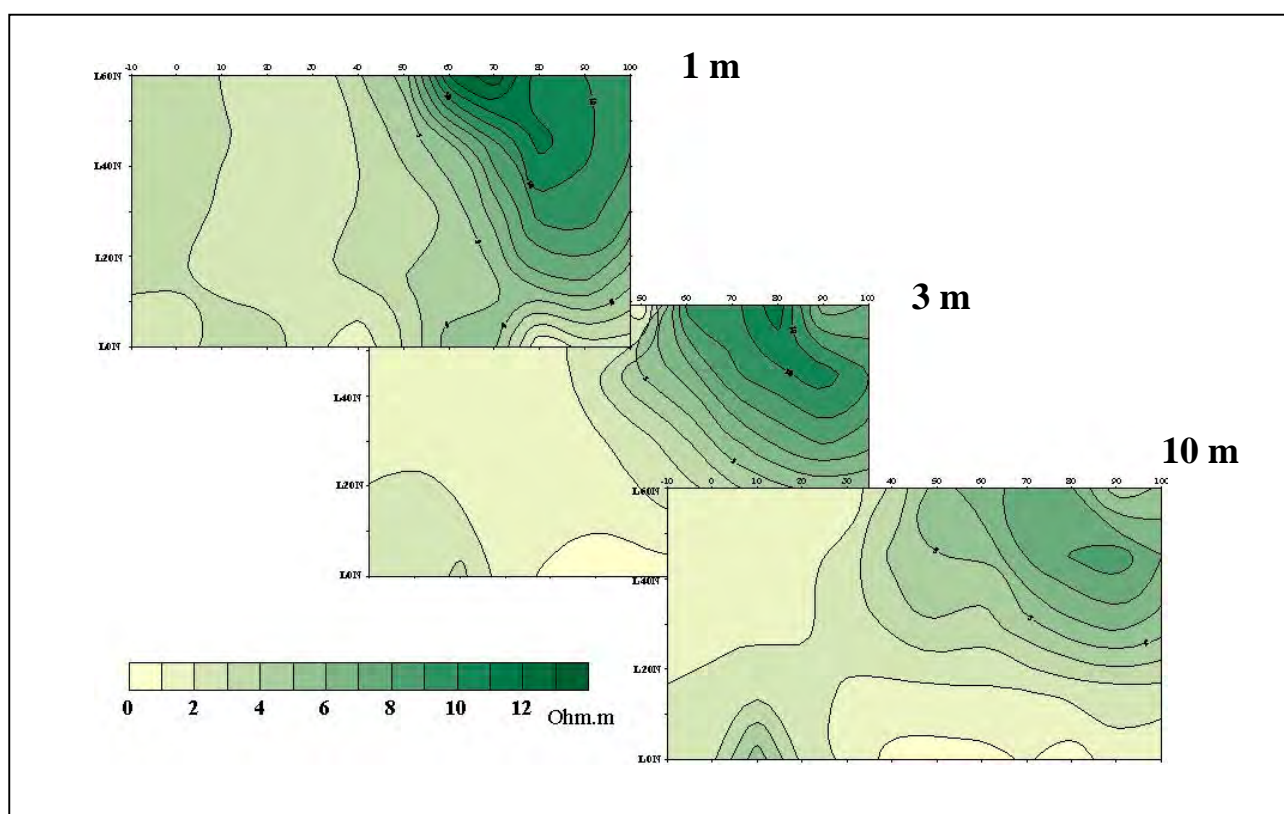


Figura 3. Contornos de resistividad para las profundidades de 1, 3 y 10 m.

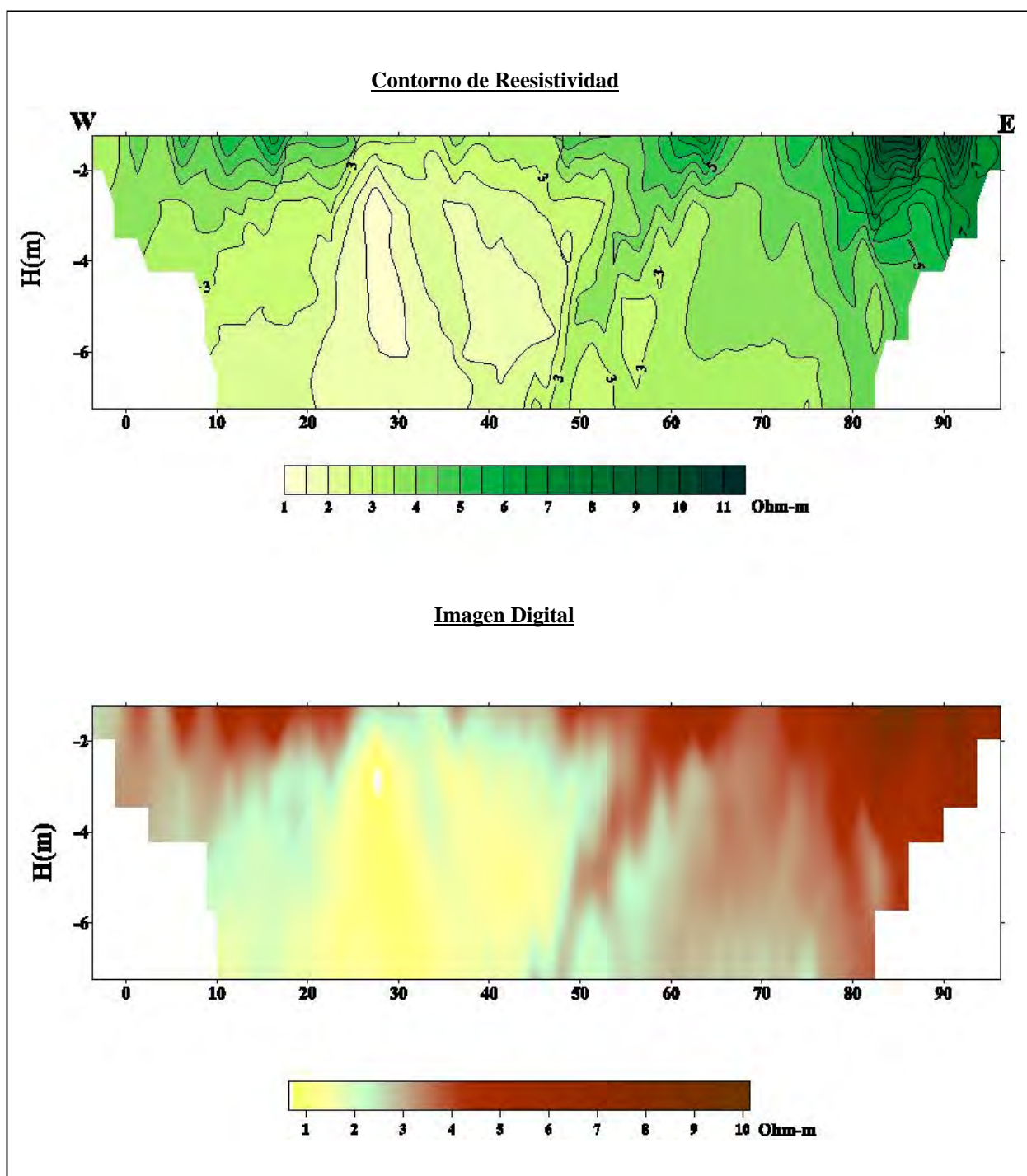


Figura 4. Contorno e Imagen de la Tomografía Eléctrica.

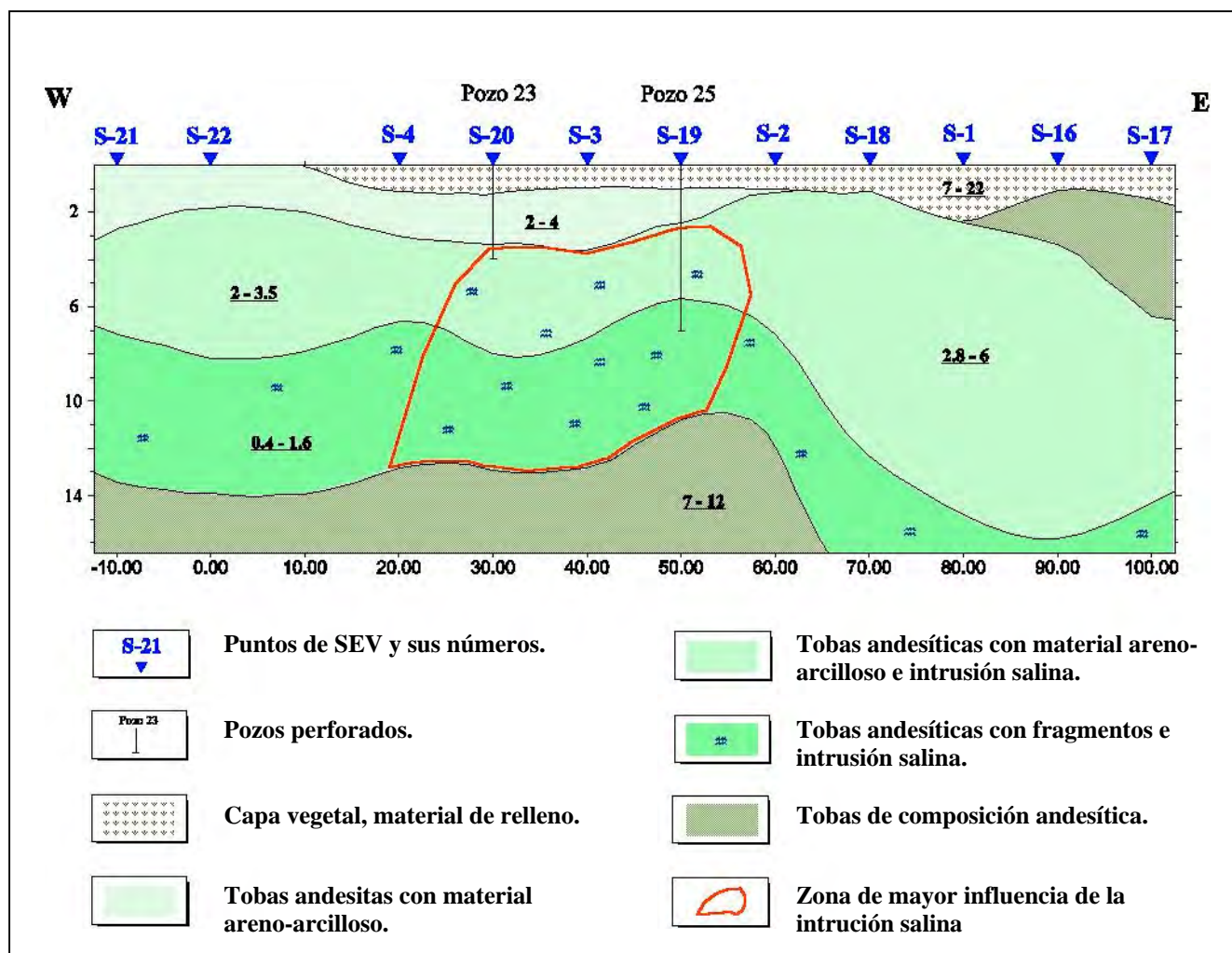


Figura 5. Modelo Sintético de Interpretación.

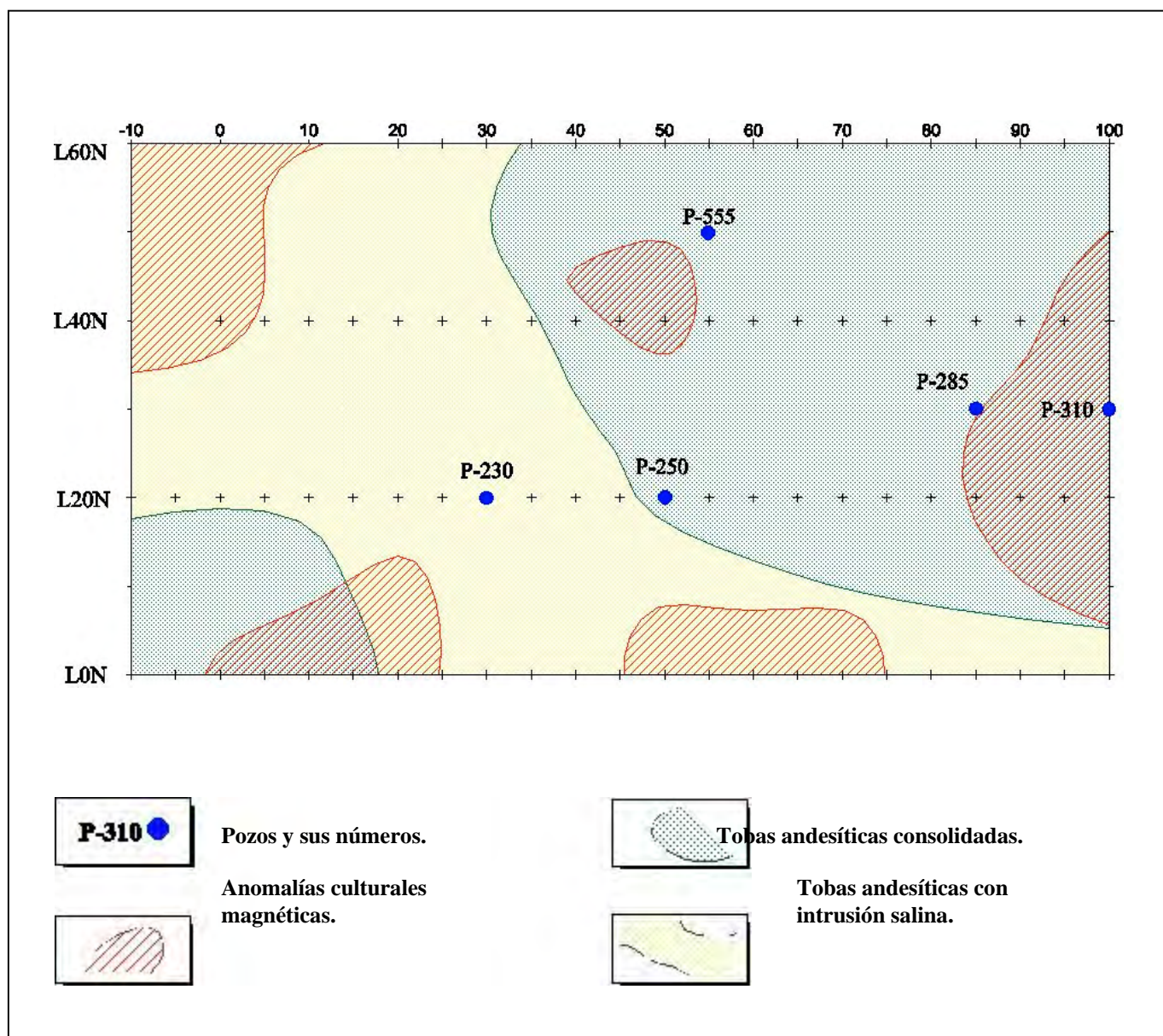


Figura 6. Mapa de Interpretación Compleja.

SEISMIC HAZARD ANALYSIS BASED ON THE REVISED EARTHQUAKE DATA BANK IN WESTERN MEDITERRANEAN COUNTRIES –ALGERIA, MOROCCO, TUNISIA – AND ITS IMPLICATIONS ON DISASTER MANAGEMENT

Djillali Benouar

USTHB, FES, Civil Engineering Dept., BP 32 EL-ALIA, Bab Ezzouar, Alger, Algeria
Tel & Fax: +213 2 247 224/855 010 E-mail: dbenouar@hotmail.com

1. SUMMARY

The main purpose of this work is to establish a uniform catalogue of all earthquakes reported in the Maghreb region, which satisfies the conditions of homogeneity, and to derive from this basic data set the general laws governing the space and time distribution of earthquake occurrences in the seismic source zones, and to evaluate the seismic hazard.

For the Maghreb region, earthquake hazard constitutes a constant threat to human life and property, sometimes causing major economic losses and disruption. The rapid urbanisation, development of critical engineering works such as dams, nuclear power plants, industrialisation of cities with modern types of buildings and the concentration of populations living or settling in hazardous areas are matters of growing concern, as they contribute to heavier loss of life and increase considerably the cost of disaster damage. The environment concerns and an increased official and public awareness of earthquake hazards have, in the last decade, led to a rapid rise of interest in seismicity and, seismic hazard and risk evaluations in the Maghreb countries. In order to assess the seismic hazard with a certain degree of reliability, an earthquake data of the region under survey which are as complete, homogeneous and accurate as possible are needed. For this purpose, and from the point of view of long term prediction and seismic hazard assessment, it is imperative that input data in the catalogues of the Maghreb countries be revised and homogenised.

2. DEFINITION OF THE REGION UNDER SURVEY

By « the region under survey » it will be meant hereafter the main country to investigate and adjacent regions. Actually, for the evaluation of seismic hazard in any country it is necessary to take into consideration also the seismic sources which lie outside its borders, but which can affect its territory. Thus, the investigation will cover also earthquakes the epicentral zones of which do not fall within the country of interest but which may affect its seismic hazard assessment.

The region under consideration, which is defined as the Maghreb, includes Algeria, Morocco, Tunisia and the south Iberian Peninsula, it is limited by the 20°N and 38°N and 10°W and 12°E, and shown in Map 1. The term Maghreb is used here to illustrate the extent of the interest of the project, although Algeria constitutes the main concern. For the Maghreb region, as well as for other regions of the World, it is imperative to look beyond the boundaries of each country when evaluating seismic hazard. In fact, there are various reasons for investigating beyond the boundaries of each country and looking rather into the north African-south Iberian Peninsula region, designated as the Maghreb in this study, as a unit and for evaluating the final seismic hazard of the entire zone under similar criteria: (1) Similar geological process: the countries limiting the western part of the Mediterranean Sea and its adjacent continuation in the Atlantic Ocean have had, since hundred million years ago, the same tectonic process marked by a relative motion alternating between left and right lateral along the border of the African and Eurasian plates; (2) Similar present compressional state of stress: the actual state of stress in the whole zone is dominated by a compression with a principal axis along the NNW-SSE direction. (3) Similar historical development: the historical development of the countries in the region shows many common factors, such as cultural background, which lasted for several centuries and are still apparent today. Similarities in population settlements, building stock characteristics and socio-economic and demographic conditions, etc., are very important parameters in the whole process of seismicity studies in the zone under consideration. The selection of this area allows investigation of any earthquake, affecting although not occurring in a specific zone of the Maghreb, which may influence the seismic hazard assessment in any particular site of the region. The term Atlas is used here to define the block containing the Atlas mountains along the whole north Africa (Map 1.).

3. PERIOD OF CONSIDERATION

The period before 1900 is to be extended as back in time as far as the data allow. The problem of timing in this period, which is carried out by historical records, is usually expressed according to various calendars or time systems. The use of different calendars which are not directly convertible into those in use today is a constant hazard.

The period between 1900 and 1990 deals with the twentieth century which is characterised by a rapid development on instrumental seismology and by adequate seismological services operating in and around countries of the Maghreb. It has been found that during this period of time, homogeneous data for earthquakes above a certain magnitude can be obtained for the entire region under survey. However, the overall detection capability was significantly reduced for long periods of time during the unstable years between 1914 and 1922 and again between 1940 and 1947 as a result of permanent or temporary suspension of some stations and services. This period had also been marked by the development of national seismographic stations in the Maghreb countries, where the number of operating stations increased from one station in 1917, to two in 1948, to four in 1957 and to nine in 1990 in Algeria. For Morocco, it increased from one station in 1937, to two in 1964, to four in 1968 and to fourteen in 1990. For Tunisia, from one station in 1937 to six in 1990.

4. GENERAL METHODOLOGY

This paragraph presents the methodology used to re-evaluate the seismicity of Algeria and adjacent regions, during the twentieth century. This required (1) the retrieval and revision of both macroseismic and instrumental information, (2) the development of a methodology for the assessment of seismicity, (3) the application of techniques of completing the homogenised available data, (4) the establishment of a homogeneous and complete earthquake catalogue, as the available data allow today, for the region under survey, (5) the geographic distribution of the earthquakes in order to define the seismic source zones in the region, (6) the calibration of the Atlas block and Algerian earthquakes and (7) the derivation of intensity-attenuation relationships in the Atlas zone and Algeria. This work has allowed the assessment of seismic hazard in the Maghreb region, the Atlas block, Algeria and at eight major urban cities in Algeria.

The procedure which is used to re-evaluate the seismicity of Algeria and surrounding regions is given by the flow-chart in Figure 1. It is clear that for historical earthquakes (pre-instrumental events) and even for twentieth century earthquakes for which there are no instrumental data, but for which intensities and radii are available, their magnitudes are calculated from macroseismic data (using calibration relationships).

4.1 Instrumental information

Earthquake instrumental recordings in and around the Maghreb region started late in the last century which were by today's standards very limited. The first instrument in north Africa was installed by 1917. Most of the seismographic stations covering the Maghreb countries were operating in southern Europe, thus all to the north, resulting in a narrow range of azimuthal distribution of stations around the epicentre and contributing to east-west positioning uncertainty. Stations such as those at Cairo (Egypt) and Ksara (Lebanon) give some additional east-west control. For a better understanding of the instrumental data in the Maghreb countries, it is important to know about the historical development of seismographic station network in and around the region under investigation. For this purpose a detailed study of the historical development of the seismographic station network in and around the Maghreb countries is presented in Benouar (1993, 1994).

4.1.1. Seismological bulletins

Monthly bulletins of various seismological stations and international organisations have been used along this study for checking the event itself, completing and/or determining missing characteristics of the event. The main seismological bulletins consulted in this study are those of the International Seismological Summary (ISS, 1913-1963), the International Seismological Centre (ISC, 1964-1982) and the National Earthquake Information System (NEIS, 1983-1990); they are summarised in Table 1. They may be used to re-evaluate hypocentral locations, origin time and exceptionally to determine source mechanism.

4.1.2. Seismograms

Seismograms are the fundamental observational records to study the various parameters of earthquakes and earth's interior. They are recorded at seismographic stations all over the world and are usually stored locally. The relocation of hypocentral location will be mostly accomplished using original seismograms as well as bulletin data if wave forms are missing.

4.2 Relocation of Hypocentres

The relocation of Hypocentres is a fundamental problem in seismological observations and research. In regions well covered with seismographic stations, it is believed that instrumental locations are more precise than macroseismic epicentres. However, this is not the case of the Maghreb countries where neither the quality of the data nor the azimuthal distribution and number of stations is suitable for an accurate epicentral location, particularly before 1960. Whenever, the instrumental data permits, it is imperative that earthquakes before 1960 be relocated, using the present location ISC procedure, to obtain a reliable geographical distribution of epicentres which may lead to a better seismotectonic interpretation so that hidden features be revealed. In this project, some Algerian earthquakes have been relocated to show the degree of accuracy of the British Association for the Advancement of Science (BAAS:1899-1917) and the International Seismological Summary (ISS: 1918-1963), presented in Table 2. It is found that the location error reaches values about an average of 16 km, still remains important since it represents about 2 to 3 times the radius of the meizoseismal area, in comparing relocated positions and macroseismic ones, where it is an average about 65 km between relocated and ISS epicentres which is a significant improvement.

4.3 Determination of Magnitudes

The magnitude scale allows to classify earthquakes objectively and independently of local ground conditions and environment. The aim in this study is to determine anew or to revise and to unify existing magnitudes; it is to produce a file of reliable data which could reflect, as homogeneously and completely as possible, the seismicity of the region under study.

Body-wave magnitude m_b is calculated using Gutenberg and Richter formula:

$$m_b = \log(A/T)_{\max} + Q(D,h) + S \quad (1)$$

where $(A/T)_{\max}$ is the maximum amplitude-period ratio in the wave classes (PV, PH, PPH and SH) and $Q(D,h)$ is a calibrating function which depends on epicentral distance D , focal depth h and wave type.

Surface-wave magnitude M_s is calculated using the Prague formula given by:

$$M_S = \log(A/T)_{\max} + 1.66\log(D) + 3.3 \quad (2)$$

where $(A/T)_{\max}$ is the maximum value of the ratio of the ground displacement amplitude in microns, T is the corresponding period in seconds and D is the focal distance in degrees.

For the early years of this century, when Milne seismographs were operating, M_S is calculated using the calibrating Ambraseys and Melville formula given by:

$$M_S = \log(2A_t) + 1.25\log(D) + 4.06 \quad (3)$$

where $(2A_t)$ is the double trace ground displacement amplitude (peak-to-peak) in millimetres and D is the focal distance in degrees.

For a variety of reasons, many earthquakes in the Maghreb region remain without surface-wave magnitudes or simply without any type of magnitude. To solve this problem, M_S are estimated when possible from semi-empirical relationships, derived in this work, between M_S and m_b or M_S and M_L or by using the number of stations that reported the event to the ISS or ISC. M_S for historical earthquakes, may also be estimated from the radius of perceptibility (r_3) which is defined as the mean epicentral distance of an area within which the shaking was felt with an intensity equal to or greater than III (MSK) by using a relationship between M_S and r_3 , or by using the relationship between M_S and I_0 . Table 3 shows all these relationships derived for the Maghreb region to estimate the equivalent surface-wave magnitude to complete and homogenise the earthquake catalogue.

4.4 Macroseismic information (literary sources)

Documentary source materials are essential for a retrospective reconstruction of the macroseismic field data of past earthquakes. However, it is clear that the results of any study based mainly on an inventory of data available from various sources is subject to the quality and completeness of the information. Thus, the earthquake data available today will determine the accuracy of this work and the significance of the conclusions drawn. Sources of information are found in local and European documentary materials, newspapers, administrative records, special studies, scientific reports, private diaries and various books. Such materials are found to be available in libraries and archive centres across the Maghreb countries and the Mediterranean European countries such as Spain, Italy and, particularly France.

4.4.1 Catalogues

Although catalogues or listings of earthquakes in the Maghreb region are available, they cover different time periods, incomplete at a given region, and are grossly deficient in several respects, particularly in magnitude, depth and location. Some of these catalogues are new, some incomplete for any given region or time period, some out-of-date or at second hand, some others are oversimplified and misleading. The most important and accessible catalogues and other publications containing information about earthquakes in the Maghreb region are listed in references in

Benouar (1993, 1994). For the early times in Algeria, only one reliable earthquake catalogue for the province of Algiers has been found dating back to the fourteenth century (Ambraseys and Vogt, 1988). In Tunisia, the earthquake catalogue compiled by Rothé (1980) dates from 410 but does not contain enough information about the sources used. For Morocco, Ramdani et al. (1988) published a listing on historical earthquakes. Mezcuca and Martinez (1983) compiled an earthquake catalogue for the Ibero-Maghreb region for the period 500 BC - 1980. For some events, especially those prior to 1960, epicentral locations, magnitudes and other pertinent earthquake characteristics are inaccurate or simply not available.

The first task was to make an inventory of all existing catalogues, covering the whole region or parts of it and period under investigation, shown in Table 1, and to compare and combine their entries. The number of estimates inventoried for the Maghreb reached 12,447 for 7,724 earthquakes reported of which 2,061 have surface-wave magnitude equal to or greater than 3.0. This methodology has allowed the estimation of the accuracy of the various catalogues and, in particular, the identification of the sources consulted in their compilations as well as the procedures used in the determination of the earthquake parameters. These catalogues, despite their incompleteness and inhomogeneity, constitute important references, in terms of both felt and recorded seismic activity, and should be considered as the starting point for the revision of the seismicity of the region under consideration. Additional macroseismic information, collected during this project, are used to answer ambiguities among previous catalogues.

4.4.2. Contemporary accounts

These documentary sources could be classified under two general headings which are: the official reports and the general public information (local and foreign newspapers). The first type includes published and unpublished scientific works, official reports, administrative correspondence, private letters and military records. The second type of document, although written for public consumption, generally presents the effects of the event according to the geographical and political circumstances. Some of these reports contain detailed information, mentioning names of damaged cities, villages, douars and even buildings, houses and streets, behaviour of the population and animals, effects on nature, relief operations, photographs and interviews with people. This type of archives has played a major role in the revision of the knowledge of the seismicity of the Maghreb. From his accounts, generally, one is able to retrieve the historical context during which the earthquake occurred.

4.4.3. Other documentary sources

Another new source of information appearing during the twentieth century is unpublished technical reports related to the construction of large engineering structures. Most of these reports contain invaluable information accumulated in situ by engineers or geologists after an earthquake or in specific studies made to evaluate local seismic hazard.

4.5. Intensity assessment

Intensity assignment presents also one of the main reasons for inhomogeneity. Intensity value is usually attributed in terms of different scales, sometimes even unspecified. Newly retrieved data should be re-assessed according to one suitable scale and correlate the old data with it.

Intensities in this study are re-assessed with reference to the Medvedev-Sponheuer-Karnik -MSK- (1981) intensity scale, using standard criteria and macroseismic information retrieved from various sources mentioned earlier.

For a wise analytical study of past earthquakes, and better understanding of the information contained in the contemporary sources, one should take into account the political, socio-economic and demographic conditions, times of peace or war, cultural and religious backgrounds as well as the building stock characteristics of the period concerned. From these factors that may influence the macroseismic information, the buildings play a major role in the frame of intensity estimations. Because the building stock in the Maghreb countries, as that in the Middle East, has numerous variable characteristics such age, building materials and structural systems, an extensive investigation was carried out in order to reveal what type of constructions were exposed and what state they were in during the period of the concerned earthquake.

In this research, Intensities IX (MSK) and higher are assigned to the sites where destruction was complete (intensity depending of the nature of buildings) and there was great loss of life. Broadly, this means that within the area containing the fault-breaks associated with the earthquake, masonry and adobe structures were totally destroyed, many of which collapsed completely, causing casualties. Intensities VI to VIII (MSK) are consistent with a rigid interpretation of the MSK intensity scale. Lower intensities IV to V (MSK) were attributed solely on felt effects and on evidence of lack of damage to low-quality types of constructions. For the very low intensities II to III (MSK), negative reports were also taken into account; generally in the absence of very low intensity observations, intensity III⁺ (MSK) is assumed to be the boundary of the felt area.

4.6. Isoseismal maps

An intensity map, that is the distribution of observed intensity data points of an earthquake, is the best compromise between the qualitative nature of historical records and the quantitative needs of the users. An intensity map illustrates at a glance how good is the knowledge of the earthquake itself; the total number of intensity data points, their density and azimuthal coverage can be used for assessing quality factors.

From intensity data when enough, an isoseismal map is constructed and a macroseismic epicentre located for each studied earthquake. Radii (R_i) and intensity (I_i) are reported in the catalogue. The location of macroseismic epicentres is of great

value, in terms of tectonic feature determinations, particularly during the first half of this century when instrumental data were still unreliable. As an output of the processing of isoseismal maps, attenuation relationships are derived.

4.7. Calibration of historical earthquakes

The calibration of historical earthquakes represents the magnitude-intensity relationship model for the region under survey. One of the results of the revision of the data set presented in Table 4 is the derivation of a relationship from which the surface-wave magnitude M_S can be estimated from macroseismic information. This can be achieved by fitting the pairs l_i and R_i with their corresponding surface-wave magnitude M_S .

From the isoseismal map using the pairs l_j and R_j with their corresponding surface-wave magnitude M_S , a relationship $M_S = f(R_i, l_i)$ can be easily derived. The result of the regression analysis of the data of the Atlas block which consist of 32 events and 124 (l_i, R_i) pairs is :

$$M_{sc} = -2.36 + 0.596j^{-1}\Sigma(l_i) + 0.0016j^{-1}\Sigma(R_i) + 2.71j^{-1}\Sigma(\log(R_i)) \quad (4)$$

where $j \geq 1$ is the number of isoseismals available for the determination of the mean value of the equivalent M_{sc} of a particular earthquake, R_i is the focal distance that corresponds to the average epicentral radii (in km) of isoseismal l_i .

The derived relationship, which represents the equivalent surface-wave magnitude, M_{sc} , in terms of felt effects, could be used to assign magnitudes to historical and even to 20th century earthquakes which have no instrumental data but for which isoseismal radii and intensities are available.

4.8. New Catalogue

All the previous section of this paragraph contribute to a homogeneous, complete and as accurate as possible catalogue. For most of the seismic hazard assessment methods, the earthquake catalogues represent the main, if not the only, seismological data sample and it is considered as the « maximum possible today » earthquake information in the region.

The structure of this catalogue includes: Serial number, Date: Year, Month and Day, Time of origin of the event: Hours, Minutes and Seconds in Universal Time (UT), Instrumental epicentre: latitude and longitude, Macroseismic epicentre: latitude and longitude, Focal depth, Magnitudes: M_S , m_b , M_L and M (unspecified), Epicentral intensity, Number of reporting stations: NS, Site of maximum felt intensity, References, Remarks. Table 5 shows the global structure of the Maghreb earthquake catalogue.

The catalogue should go back in time as far as possible in order to extend the seismic history of the region under consideration.

The distribution of the epicentral locations of all earthquakes reported in the Maghreb region during the period 1900-1990 is shown in Map 2.

5. CONCLUSION

This methodology and the consistency process of the available data, particularly magnitude determinations and intensity estimations, ensure a high degree of homogeneity for the whole period under investigation. This has led to an earthquake catalogue for the Maghreb region, as homogeneous and as complete as possible as the available data allow today, which can be used in seismic hazard and risk evaluations in this region. The catalogue compiled in this work is stored as a computer file for ease of use. The last years have seen an important development of methods and computer routines for the assessment of seismic hazard. For most of these methods the catalogue presents the main, if not the only, seismological data set and it is assumed as the « maximum possible » information, upon which the evaluation of seismic hazard and risk relies to a large extent. However, this research clearly demonstrates that in order to investigate the pattern of current tectonic activity or to evaluate long term seismic hazard in a certain region, seismic information should go back in time as far as possible.

REFERENCES

- Annuaire et Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (France) publiés entre 1920 et 1972 sous la direction de E. Rothé puis J.P. Rothé.
- Archives du Gouvernement Général d'Algérie, 1900-onwards (unpublished).
- Benhallou, H., (1985). Les catastrophes sismiques de la région d'Echéliiff dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie. Thèse de Doctorat es-science, USTHB/IST, Alger.
- Ben Osman, E., 1960. Relevé des secousses sismiques en Tunisie depuis 1962 jusqu'à 1955. Manuscrit, 21 pp.
- Benouar, D., 1993. The seismicity of Algeria and adjacent regions, during the twentieth century. Ph.D. thesis, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Civil Engineering Dpt., London.
- Benouar, D., (1994). Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century. Special issue of *Annali di Geofisica*, No. 37, Vol. 4, July.
- Ben Sari, D., 1987. Connaissances géophysique du Maroc. Centre National de Coordination et de la Planification de la Recherche Scientifique et Technique, Rabat, Maroc.
- British Association for the Advancement of Science (BAAS). Seismological Investigation Reports 1899-1917, London, UK.
- Cherkaoui Maknassi, M.T., 1988. Fichier des séismes du Maroc et des régions limitrophes 1901-1984. *Trav. Inst. Scie. Rabat, Série géol. Géog. Phys.* No 17, 158 pp.

- Cherkaoui Maknassi, M.T., (1991). Contribution à l'étude de l'aléa sismique au Maroc. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier de Grenoble, France.
- Debrach, J., 1952. Tremblements de Terre Marocains. Bull. Soc. Geogr. Maroc, No. 1, p.42-71.
- Grandjean, A., 1954. Séismes D'Algérie de 1940 à 1950 inclus. Annales de l'Inst. Phys. du Globe. Strasbourg, 3eme partie: Géophysique, tome VII, Le Puy, p. 83.
- Hatzfeld, D., 1978. Etude séismotectonique de la zone de collision Ibéro-Maghrébine. Thèse, Institut de Recherches Interdisciplinaires de Géologie et de Mécanique, Grenoble (France).
- Hée, A., 1925. La Fréquence des Tremblements de Terre en Algérie 1911-1924. Monogr. Bur. Centr. Seis. Inter., Serie B, Fasc. 2, 111-154.
- Hée, A., 1932. La séismicité de l'Afrique du Nord, 1911-1931. Matériaux pour l'Etude des Calamités, Genève, t. 4, No. 28, p. 291-296.
- Hée, A., 1950. Catalogue des séismes algériens de 1850 à 1911. Ann. Inst. Phys. Globe, tome 6, 41-49, Strasbourg.
- International Seismological Centre (ISC), Newbury, Berkshire, 164-onwards.
- International Seismological Summary (ISS), Kew Observatory, Richmond, 1918-1963.
- Mezcua, J. And Martinez, J.M., (1983). Sismicidad del area Ibero Mogrebi. Seccion de Sismologia, Inst. Geogr. Nacional. Madrid.
- Munuera, J.M., (1963). Datos basicos para un estudio de sismicidad en la area de la peninsula Iberic (seismic data). Memorias del Instituto Geographico y Catastral, tome XXXII, Madrid, pp.93.
- Rothé, J.P., 1950. Les Séismes de Kherrata et la Séismicité de l'Algérie. Bull. Serv. Cart. Geol. Algérie, 4eme Série, Geophysique, No.3.
- Rothé, J.P., 1969. The Seismicity of the Earth. UNESCO Report. Paris. pp.336.
- Rothé, J.P. 1980. Catalogue des séismes tunisiens. Manuscrit (Unpublished).
- Roussel, J., 1973. Les zones actives et la fréquence des séismes en Algérie 1716-1970. Bull. Soc. Hist. Natur. Afrique du Nord., 64, fasc. 3, 211-227.
- Roux, G., 1934. Notes sur les tremblements de terre ressentis au Maroc avant 1933. Mémoires de la Société des Sciences Naturelles du Maroc, Vol. XXXIV, 42-71, 31 July.

Figure Captions

Map 1. Limits of the region under study.

Map 2. Illustrates the distribution of the epicentral locations of all earthquakes reported in the Maghreb region during the period 1900-1990.

Fig. 1. Flow-chart of the general methodology of the re-evaluation of seismicity and assessment of seismic hazard.

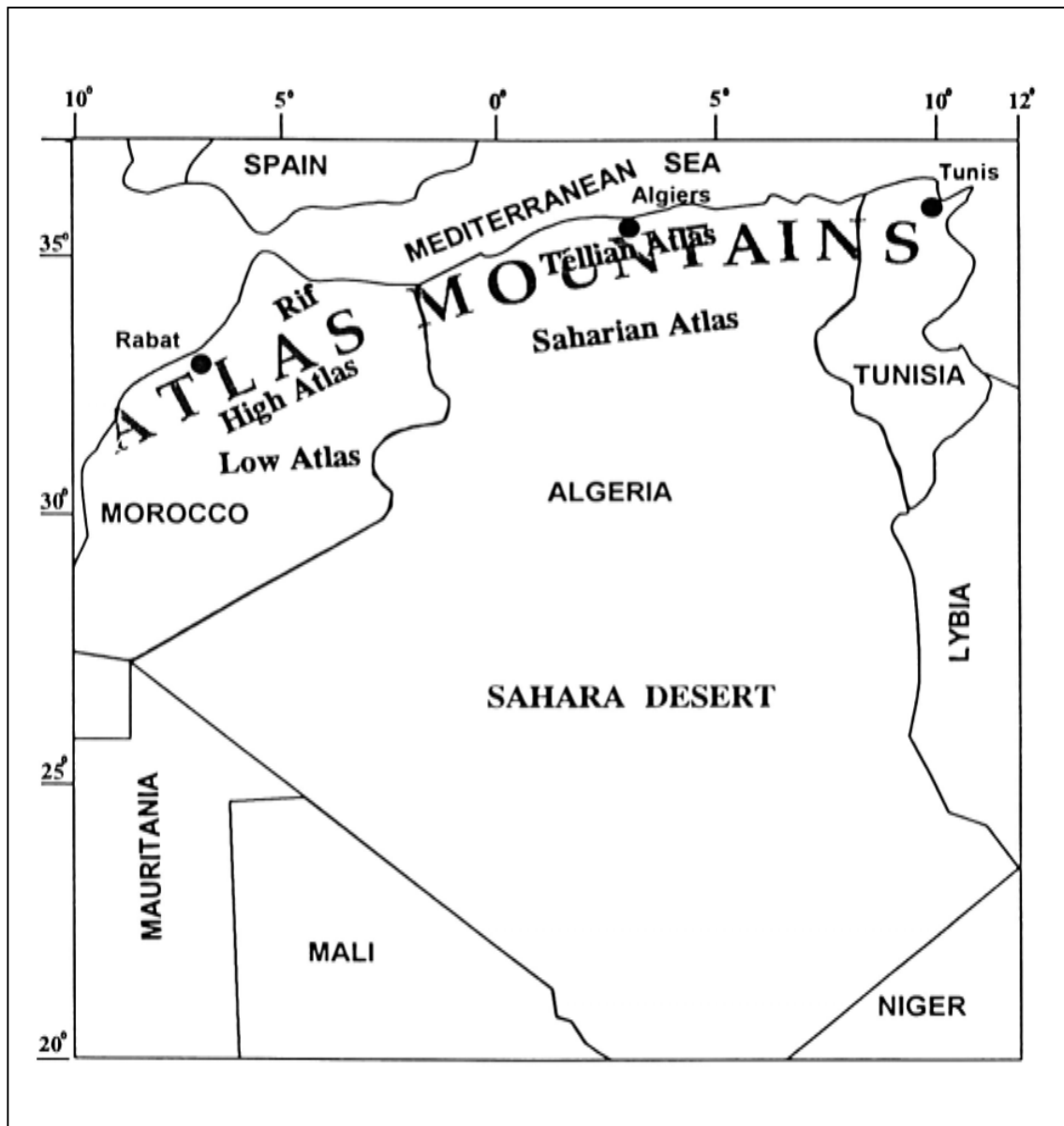
Table1. Main sources used in the compilation of the Maghreb countries earthquake catalogue

Table 2. Comparison of original (ISS), relocated (ISC) and macroseismic epicentres for some Algerian earthquakes

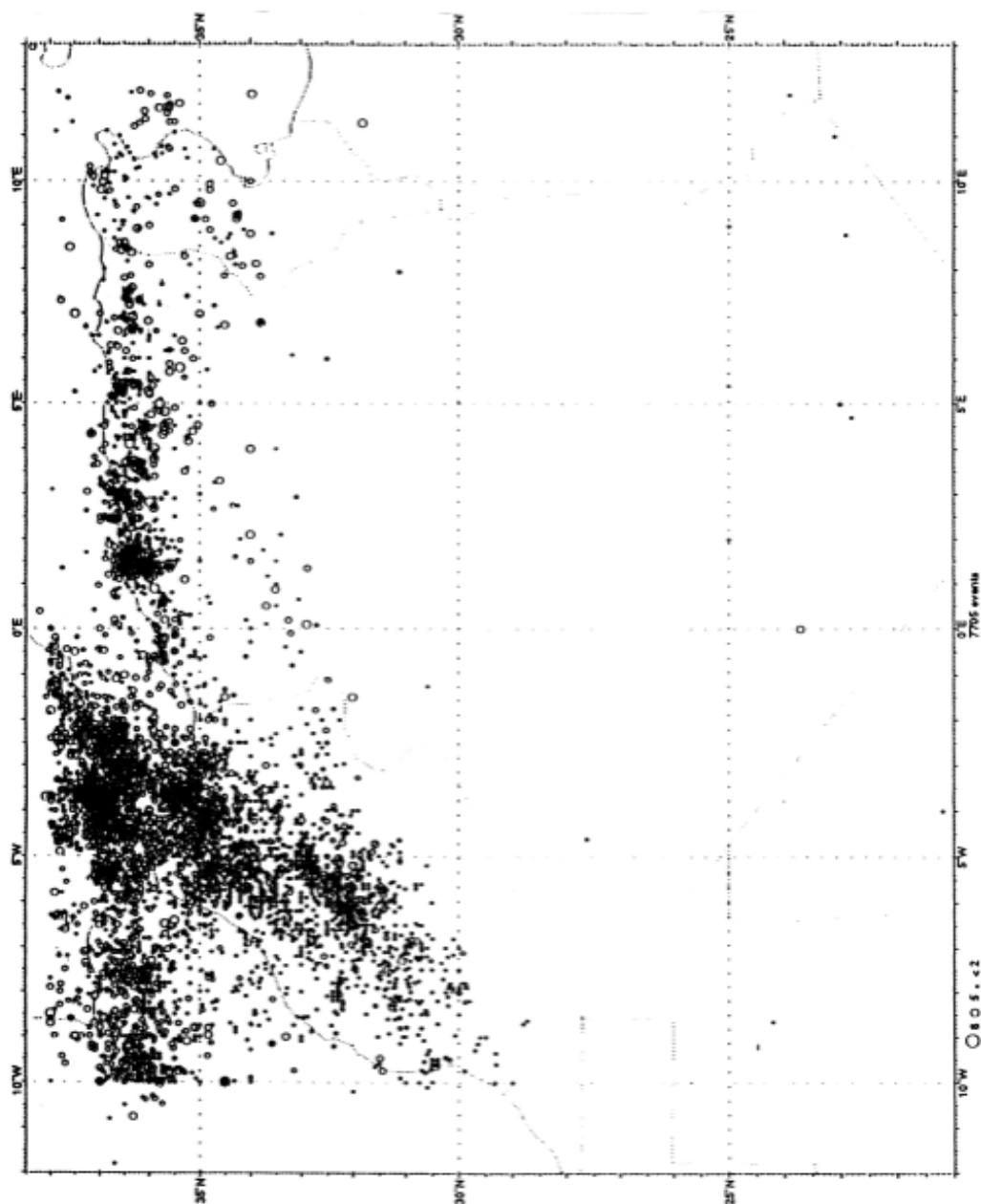
Table 3. Relationships used to estimate equivalent surface-wave magnitude

Table 4. Selected data of the seismic events used in the regression analysis for the determination of magnitude-intensity and intensity-attenuation relationships in the Atlas and Algeria.

Table 5. Shows the global structure of the Maghreb earthquake catalogue.



Map1 : Limits of the region under study



Map. 2. Illustrates the distribution of the epicentral locations of all earthquakes reported in the Maghreb region during the period 1900-1990

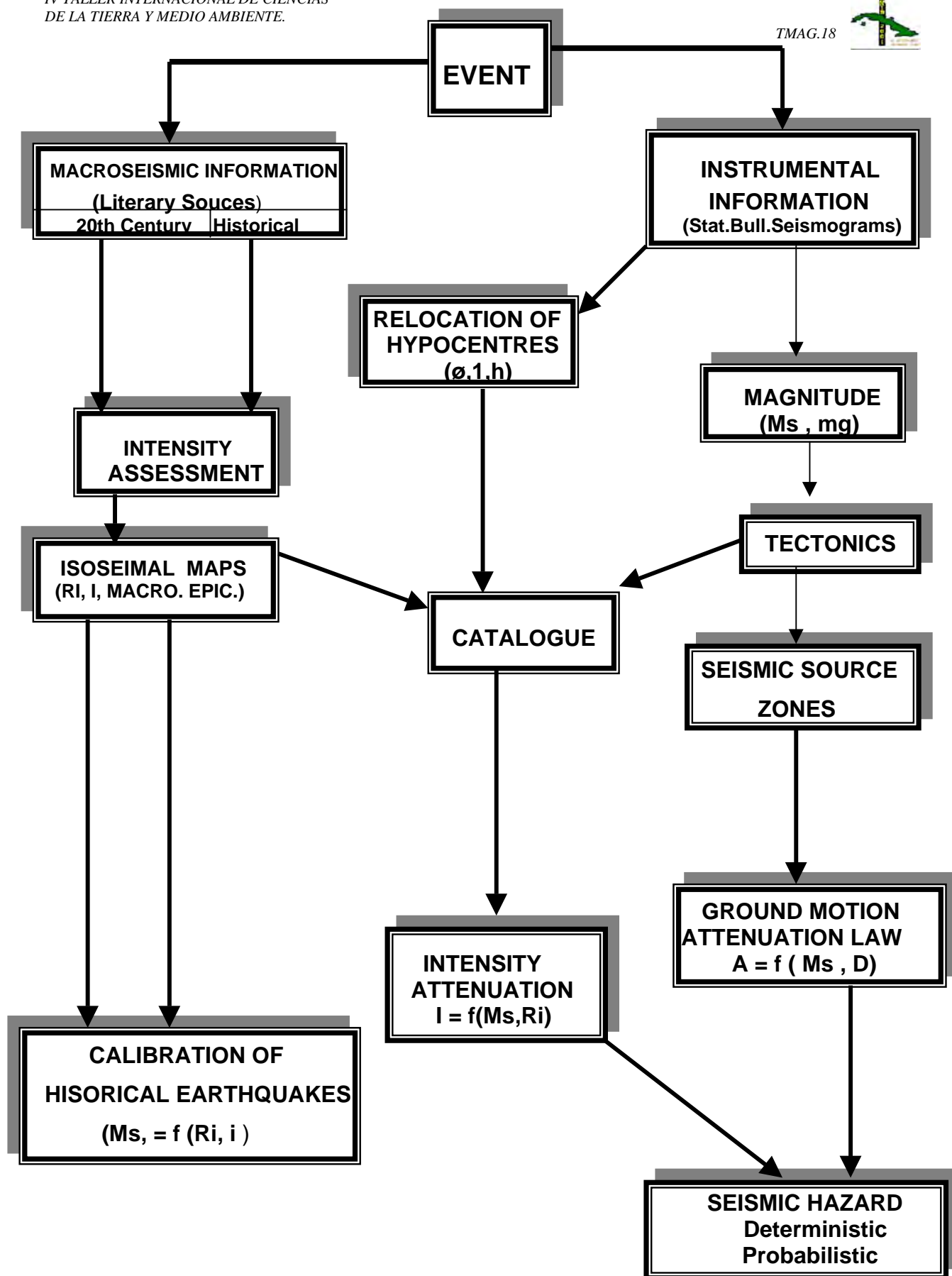


Figure 1 : Flow-chart of the general methodology of the re-evaluation of the seismicity and assessment of seismic hazard

Table 1. Main sources used in the compilation of the Maghreb earthquake catalogue

SOURCES REMARKS	TIME COVERAGE		
	1900	1950	1990 (*)
+H�e (1925)			I/M
+Sieberg (1932)			I/M
He 'e (1932)			I/M
+Rodriguez (1932-40)			I/M
+Roux (1934)			I/M
+He 'e (1950)			I/M
+Rothe ' (1950)			I/M
Debrach (1952)			I/M
Grandjean (1954)			I/M
Gutenberg et al.(1954)			I/M
+Ben Osman (1960)			I/M
+Ambraseys (1962)			I/M
+Munuera (1963)			I/M
+Rothe ' (1980)			I/M
Duverge ' (1969)			I/M
Karnik (1969)			I/M
Rothe ' (1969)			I
Benhallou et al.(1971)			I
+Roussel (1973)			I/M
Ben Sari (1978)			I/M
Hatzfeld (1978)			I
Frogneux (1980)			I
+Mezcua et al.(1983)			I/M
+Woodward-Clyde (1984)			I/M
+Benhallou (1985)			I/M
Cherkaoui (1988)			I/M
ISS (1913-63)			I
BCIS (1950-63)			I
ISC (1964-82)			I
NEIS(1983-90)			I

+: catalogue including earthquake data from pre-1900 period.

I: Instrumental catalogue

M: Macroseismic catalogue

I/M: Instrumental and Macroseismic catalogue

Table 2. Comparison of original ISS, relocated and macroseismic epicentres for some Algerian earthquakes

Date	ISS (1)	relocated (2)	Macroseismic (3)	(1-2)	(2-3)
1910 Jun. 24	36.0°N 4.0°E	36.3°N 3.7°E	36.23°N 3.43°E	47	30
1922 Aug. 25	36.5°N 1.5°E	36.4°N 1.3°E	36.42°N 1.20°E	25	11
1924 Mar. 16	35.0°N 6.0°E	35.4°N 5.8°E	35.42°N 5.90°E	50	11
1924 Nov. 5	35.3°N 3.5°E	36.6°N 3.0°E	36.64°N 2.91°E	154	11
1928 Aug. 24	34.3°N 1.3°E	35.9°N 0.9°E	35.94°N 0.88°E	183	5
1934 Sep. 7	36.0°N 1.1°E	36.2°N 1.6°E	36.30°N 1.70°E	60	16
1937 Feb. 10	36.6°N 7.5°E	36.4°N 7.2°E	36.38°N 7.52°E	40	35
1943 Apr. 16	36.1°N 4.6°E	35.9°N 4.0°E	36.09°N 4.48°E	70	13
1946 Feb. 12	35.7°N 4.8°E	35.7°N 4.8°E	35.70°N 5.00°E	2	20
1959 Nov. 7	36.4°N 2.5°E	36.4°N 2.5°E	36.41°N 2.48°E	6	8

(1-2) Location error between ISS and relocated epicentres in Km
(2-3) Location error between relocated and Macroseismic epicentres in Km

Table 3. Relationships used to estimate equivalent surface-wave magnitude

$$M_s = 0.47 + 0.86(mb)$$

$$M_s = 1.40 + 0.76(ML)$$

$$M_s = a + b(\log(N_s))$$

$$A = 3.69$$

$$b = 0.86$$

for the period 1919 – 1930

$$A = 2.77$$

$$b = 1.50$$

for the period 1931 – 1949

$$A = 2.59$$

$$b = 1.41$$

for the period 1950 – 1963

$$A = 1.35$$

$$b = 1.44$$

for the period 1964 – 1990

$$M_s = -0.04 + 2.56 \log(r_3)$$

$$M_s = 1.36 + 0.47 (I_0)$$



Table 4. Selected data of the events used in regression analyses
mean radius (km) of isoseismals (MSK)

Event no.	Date	Epicentre	Ms	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀						
1	1903 Sep. 23	36.00N 2.83E	5.50	-	-	-	34	-	-	-	-						
2	1908 Aug. 4	36.41N 6.61E	5.23	-	-	-	-	21	13	-	-						
3	1922 Aug. 25	36.40N 1.30E	5.10	98	56	-	-	18	7	-	-						
4	1924 Nov. 5	36.60N 3.00E	4.80	86	53	32	20	14	6	-	-						
5	1924 Mar. 16	35.40N 5.80E	5.35	-	-	-	-	21	8	-	-						
6	1928 Aug. 24	35.90N 0.90E	5.40	113	-	42	-	-	9	-	-						
7	1934 Sep. 7	36.30N 1.70E	5.10	100	60	42	28	9	-	-	-						
8	1936 Oct. 14	32.00N 6.20W	4.90	-	52	43	30	-	-	-	-						
9	1937 Feb. 10	36.40N 7.50E	5.20	103	48	52	35	22	10	-	-						
10	1943 Apr. 16	35.90N 4.00E	5.30	-	-	-	-	20	9	-	-						
11	1946 Feb. 12	35.70N 4.82E	5.55	125	-	51	-	28	13	-	-						
12	1947 Aug. 6	36.31N 6.68E	5.00	67	45	32	24	17	8	-	-						
13	1949 Feb. 17	36.52N 5.24E	4.74	77	48	34	20	9	-	-	-						
14	1950 May 10	32.70N 5.50W	5.30	165	119	71	26	-	-	-	-						
15	1954 Sep. 9	36.31N 1.47E	6.70	280	-	138	-	48	34	24	15						
16	1955 May 8	36.53N 1.46E	4.75	95	57	-	22	11	-	-	-						
17	1955 Jun. 5	36.31N 1.50E	5.11	104	-	45	27	-	-	-	-						
18	1959 Nov. 7	36.38N 2.55E	4.90	110	68	40	24	16	9	-	-						
19	1959 Dec. 12	35.72N 0.56W	4.55	84	53	28	18	11	-	-	-						
20	1960 Feb. 21	36.04N 4.17E	5.12	80	-	40	-	22	13	-	-						
21	1960 Feb. 29	30.45N 9.62W	5.70	242	178	97	22	14	10	-	-						
22	1960 Dec. 5	35.58N 6.54W	4.70	-	-	30	-	-	-	-	-						
23	1964 Nov. 15	34.85N 5.47W	4.50	75	54	18	-	-	-	-	-						
24	1965 Jan. 1	35.61N 4.40E	5.45	121	79	56	36	-	13	-	-						
25	1968 Apr. 17	35.24N 3.73W	4.80	75	48	30	-	-	-	-	-						
26	1970 Apr. 7	34.87N 3.90W	4.50	-	36	22	-	-	-	-	-						
27	1977 Jan. 19	36.56N 8.43E	4.60	55	41	23	15	6	-	-	-						
28	1980 Oct. 10	36.16N 1.40E	7.45	425	257	203	130	70	44	21	-						
29	1985 Oct. 27	36.34N 6.92E	5.70	125	95	60	38	20	9	-	-						
30	1986 Jan. 28	31.98N 5.39W	4.90	127	66	21	-	-	-	-	-						
31	1988 Apr. 9	31.44N 9.75W	4.20	46	31	22	-	-	-	-	-						
32	1989 Oct. 29	36.78N 2.44E	-	-	5.68	153	-	112	-	56	-	43	19	9	-	-	
	1 1900 FEB 19 0 0 0	36.51N 1.31E	-	-	-	-	-	-	-	M	TENES. AL	HHB					



No	YR	MNH	DY	HR	MN	SC	LAT	LON	DEP	Ms	Mb	M	Ml	ISC	NS	RMK	Site	References
2	1900	MAR	19	0	0	0	36.51N	1.31E	-	-	-	-	-	-	-	M	TENES. AL	HHB
3	1900	APR	25	18	0	0	35.70N	0.60W	-	-	-	-	-	6MK	-		ORAN. AL	MEZ
4	1901	JAN	13	0	0	0	36.62N	4.68E	-	-	-	-	-	9MK	-	M	SIDI AICH. AL	ROT
5	1901	FEB	10	0	0	0	36.75N	5.37W	-	-	4.9	-	-	7MK	-		GRAZALEMA. SP	MEZ, KAR
6	1901	MAR	9	22	26	0	35.73N	0.55E	4.6	-	-	-	-	6MK	-		RELIZANE. AL	NNA
7	1901	APR	24	15	45	0	36.83N	7.67W	-	-	-	-	-	5MK	-		G.CADIZ	MEZ
8	1901	APR	25	0	0	0	36.51N	1.31E	-	-	-	-	-	-	-	M	TENES. AL	HHB
9	1901	MAY	25	3	25	0	36.70N	3.50W	-	-	4.9	-	-	7MK	-		MOTRIL. SP	MEZ
10	1901	OCT	24	0	0	0	36.51N	1.31E	-	-	-	-	-	-	-	M	TENES. AL	HHB
11	1902	MAY	1	0	0	0	35.20N	4.10W	-	-	-	-	-	-	-		ALHUCEMA. MO	MEZ
12	1902	MAY	5	6	0	0	38.00N	1.20W	-	-	4.2	-	-	6MK	-	M	SABLA. MO	KAR
13	1902	JUN	16	13	30	0	35.30N	3.00W	-	-	-	-	-	-	-		MELILA. MO	MEZ
14	1902	JUL	9	3	44	6	35.30N	3.00W	-	-	-	-	-	5MK	-		MELILA. MO	MEZ
15	1902	JUL	15	6	0	0	35.30N	3.00W	-	-	-	-	-	-	-	A	MELILA. MO	MEZ
16	1902	OCT	14	0	0	0	36.50N	2.90E	-	-	-	-	-	-	-		BLIDA. AL	MEZ
17	1902	NOV	17	21	18	0	35.70N	0.60W	-	-	-	-	-	-	-		ORAN. AL	MEZ
18	1903	JUN	9	0	0	0	35.30N	3.00W	-	-	-	-	-	-	-		MELILA. MO	MEZ
19	1903	JUN	16	0	0	0	35.30N	3.00W	-	-	-	-	-	-	-	A	MELILA. MO	MEZ
20	1903	JUL	26	0	0	0	36.70N	3.20W	-	-	-	-	-	-	-	F	ALBUNOL. SP	MEZ
21	1903	JUL	27	22	0	0	36.70N	3.20W	-	-	-	-	-	-	-	F	ALBUNOL. SP	MEZ
22	1903	JUL	28	0	0	0	36.70N	3.20W	-	-	-	-	-	6MK	-		ALBUNOL. SP	MEZ
23	1903	SEP	23	1	55	0	36.00N	2.83E	5.6	-	5.0	-	-	7MK	-	*	MOUDJEBEUR. AL	BEN, MEZ, NNA, KAR, ROT
24	1903	SEP	28	8	0	0	37.00N	8.90W	-	-	-	-	-	-	-		C. SAN VICENTE	MEZ
25	1903	OCT	29	13	5	0	35.70N	0.60W	-	-	-	-	-	-	-		ORAN. AL	MEZ
26	1903	NOV	24	0	0	0	37.60N	2.00W	-	-	4.9	-	-	7MK	-	M	HUERCAL. SP	KAR
27	1903	NOV	25	0	0	0	37.60N	2.00W	-	-	4.9	-	-	7MK	-	A M	HUERCAL. SP	KAR
28	1903	DEC	1	6	40	0	37.20N	7.00W	-	-	-	-	-	5MK	-		HUELVA. SP	CHK
29	1904	APR	5	21	1	0	36.92N	7.75E	-	-	-	-	-	4MK	-		BONE. AL	MEZ
30	1904	JUN	22	0	0	0	31.58N	9.67W	-	-	-	-	-	-	-		MOGADOR. MO	MEZ
31	1904	AUG	23	5	59	0	35.40N	0.10E	-	-	-	-	-	5MK	-		MASCARA. AL	MEZ
32	1905	JAN	7	5	0	0	36.25N	5.25W	-	-	4.9	-	-	6MK	-		NE GIBRALTAR	MEZ, KAR
33	1905	FEB	11	0	0	0	36.51N	1.31E	-	-	-	-	-	-	-	M	TENES. AL	HHB
34	1905	FEB	14	4	0	0	38.00N	1.20W	-	-	4.2	-	-	6MK	-		NORA. SP	CHK
35	1905	FEB	18	0	0	0	35.30N	3.00W	-	-	-	-	-	6MK	-		MELILA. MO	MEZ
36	1905	JUN	2	22	45	0	36.20N	1.28E	4.0	-	-	-	-	5MK	-		ORLEANSVILLE. AL	NNA, MEZ, ROT
37	1905	JUL	29	0	0	0	34.72N	10.70E	-	-	-	-	-	-	-	M	SFAX. TU	NNA

Table.5 The global structure of the Maghreb earthquake catalogue



APLICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES COMO MEDIDA DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO BAUTA.

José Alcaide Orp¹, Lina Rey Gallego¹, Luis Salas Gómez², José Ramón Díaz de Terán Mira², Jesus Soto Torres³.

(1) Instituto de Geofísica y Astronomía, Calle 212 No. 2906 e/ 29 y 31, La Coronela, La Lisa, Ciudad de La Habana, Cuba, CP 11600, C. Eléct: alcaide@geoaastro.inf.cu

(2) Universidad de Cantabria, Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada, Facultad de Ciencias, Avenida de los Castros S/N, Santander, Cantabria, España. C. Eléct: salasl@ccaix3.unican.es

(3) Universidad de Cantabria, Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Avenida Cardenal Herrera Oria, S/N 39011, Santander, Cantabria, España. C. Eléct: sotoj@galeno.unican.es

RESUMEN

Los estudios de las ciencias ambientales intentan, cada vez mas, la cuantificación de las características ambientales de una región, con la selección de indicadores que representen aspectos de la calidad ambiental del territorio. Para la ejecución de este trabajo se tomó el enfoque novedoso propuesto por el proyecto ELANEM (Red euro-latinoamericana de monitorización y evaluación ambiental) que se lleva a cabo por un equipo multidisciplinar de diez universidades y centros de investigación Europeos y Latinoamericanos dentro del programa INCO de la Unión Europea.

Con el objetivo de aplicar una metodología consistente en determinar la calidad ambiental del territorio del municipio de Bauta, mediante la elección de un conjunto de índices cuantitativos, se tomó como base de trabajo los materiales e informaciones facilitadas por el gobierno y los diferentes organismos e instituciones del territorio. Este objetivo está dado por la necesidad de diseñar modelos de desarrollo, sostenibles en términos socioeconómicos y ambientales, que pueden ser evaluados por indicadores concretos de aplicación general, significativos y sencillos de obtener.

Como resultado se obtuvieron un grupo de indicadores de presión, estado y respuesta para cada una de las cualidades abordadas: Grado de Naturalidad, Fuente, Sumidero y soporte/servicio, asignándose a todos los indicadores cinco niveles del valor correspondiente y aplicando los índices de calidad ambiental a cada una de estas cualidades, obteniéndose con la aplicación de una media aritmética la calidad ambiental de la unidad territorial del municipio Bauta.

ABSTRACT

The trend of studies of the environmental sciences is the quantification of the environmental characteristics of the region, with the selection of indicators that it represent aspects of the environmental quality of the territory. For the execution of this work we took the novel focus proposed by the project ELANEM (Euro-Latin American Network for environmental assessment and monitoring) that is taken to



end by a team of ten universities and European investigation centers and Latin Americans inside the program INCO of the European Union.

With the objective of applying unites consistent methodology in determining the environmental quality of the territory of the municipality of Bauta, by means of the election of a group of quantitative indexes, we took like work base the materials and information facilitated by the government and the different organisms and institutions of the territory. This objective is die for the necessity of designing development models, sustainable in socioeconomic and environmental terms that can be evaluated by general, significant and simple concrete indicators of application of obtaining.

As a result a group of indicators of pressure, state and answer were obtained for each one of the approached qualities: Naturalness, Source of resorces, sink of wastes and support/services, being assigned to all the indicators five levels of the corresponding value and applying the indexes of environmental quality to each one of these qualities, being obtained with the application of the arithmetic mean the environmental quality of the territorial unit of the municipality Bauta.

Introducción.

Desde hace algún tiempo un número cada vez mayor de habitantes de nuestro planeta, entidades y gobiernos, viene preocupándose en mayor o menor grado por el grave derrotero al que nos conduce una explotación despiadada e irracional de los recursos naturales. Esta bien fundada preocupación promovió que la Comisión de Naciones Unidas sobre medio Ambiente y Desarrollo publicara el Informe de Brundtland en 1987.

En este documento se enuncia el siguiente concepto de desarrollo sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de cubrir las suyas. Este concepto tan sencillo y de fácil comprensión, implica no obstante, un compromiso de acometer acciones que conduzcan a establecer parámetros que nos permitan mantener una vigilancia permanente sobre nuestra actividad de relación con el medio, de modo que podamos tomar de él lo necesario sin menoscabo de las reservas que deben preservarse para las futuras generaciones.

Esto que parece tan lógico, entraña la necesidad de contar con indicadores cuantitativos, que nos permitan obtener índices numéricos, que faciliten la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales, estableciendo así, si determinada política es más o menos sostenible que otra [Cendrero, 1997]. Los indicadores cumplen tres funciones principales en cuanto a la información; la simplifican, la cuantifican y facilitan su comprensión.

En el marco del Estudio Ambiental Integral del Municipio Bauta, los autores se proponen aplicar estos novedosos conceptos, tomando como base la propuesta de indicadores comunes elaborada en las reuniones de coordinación del Proyecto ELANEM (Euro-Latin American Network for Environmental assessment and Monitoring) [ELANEM, 1999].

El territorio del municipio Bauta que se encuentra ubicado en la porción Noroeste de la Provincia La Habana, limitando al Oeste con el Municipio La Lisa, al Este con el Municipio Caimito, al Sur con el Municipio San Antonio de Los Baños y al Norte con el Estrecho de la Florida.



Posee una extensión territorial de 15 638 Ha (156,3 Km²), lo que representa el 2,8 % de la superficie total de la provincia La Habana. La población total del Municipio alcanza la cifra de 42 380 habitantes, con una densidad de población de 288.3 hab/km², distribuidos en 9 asentamientos urbanos y 21 rurales.

En el Municipio Bauta el 98 % de la población cuenta con los servicios de suministro de agua, pero sólo el 22 % cuenta con servicios de alcantarillado, presentando serias dificultades con la evacuación de las aguas residuales, motivado fundamentalmente por la existencia de fosas y drenajes pluviales con fosas conectadas que vierten a la vía pública las aguas albañales.

La economía de la región se basa fundamentalmente en la ganadería, con la presencia de 42 unidades y 14 microvaquerías. Otras unidades importantes son 7 granjas avícolas, 8 granjas porcinas y un matadero. Otro renglón económico es la explotación minera a cielo abierto de rocas calizas para la producción de materiales de construcción y como roca ornamental. Las industrias están representadas fundamentalmente por la Textilera Ariguanabo, una fábrica de fósforo y la planta pasteurizadora, Balkan.

El principal potencial turístico del territorio, lo representan las zonas de playa, situadas en la línea costera del municipio, que sólo abarca unos 4km.

Materiales y métodos.

En este trabajo se define un grupo de indicadores de *presión, estado y respuesta* para cada una de las cualidades abordadas: *grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte/servicio*.

Los *factores de presión* son las actividades humanas que actúan sobre el ambiente y producen cambios de calidad. Se pueden caracterizar a través de indicadores que cuantifiquen aspectos concretos de la actividad del hombre que modifique el valor de un indicador de la calidad o bien a través de indicadores que cuantifiquen de manera global las actividades de producción y consumo (Soto, J. et al 2000).

Los *factores de estado* caracterizan la situación del medio ambiente y los de *respuesta* son consideradas las actividades humanas, que modifican la acción de los factores de presión sobre el ambiente.

Al interesarnos por la *calidad ambiental* se impone añadir a las cualidades del medio ya mencionadas; fuente, sumidero y soporte, una muy importante, que marca justamente la diferencia aportada por la acción antrópica. Esta cualidad es el *grado de naturalidad*.

Se entiende como *grado de naturalidad* de una región, la ausencia de modificaciones introducidas por el hombre. Según SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), 1995, se puede



concebir el papel del medio como *fuentes* de diversos recursos, como *sumidero* de distintos tipos de residuos generados por las actividades humanas y como *soporte* de dichas actividades. Por otra parte la actividad humana sobre el medio influye sobre la capacidad de este para cumplir los tres tipos de funciones antes mencionados.

Como unidad ambiental se escogió todo el territorio del municipio Bauta, lográndose realizar una caracterización del mismo con los datos aportados por diferentes organismos e instituciones del territorio (Poder Popular, Higiene y Epidemiología, Acueducto y Alcantarillado, Servicios Comunes, Geocuba, Estado Mayor de la Defensa, Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Recursos Hidráulicos, Educación y otros) y la cartografía de diferentes aspectos del medio físico y socioeconómico que lo constituyen.

La segunda etapa consistió en identificar y establecer los indicadores que pudieran servir para medir la calidad ambiental. Para ello se tomó como base la propuesta de indicadores comunes elaborados por el proyecto ELANEM [ELANEM, 1999].

Del conjunto de indicadores de Presión, Estado y Respuesta se seleccionaron para cada una de las cualidades, los siguientes:

A) Calidad: **Grado de naturalidad:**

- 1- Indicadores de Presión: Densidad de vías de comunicación (carreteras, autopistas, trenes y caminos, pistas forestales).
- 2- Indicadores de Estado: Grado de intervención de los cursos de aguas, cursos contaminados por nitratos y superficie con riesgo de contaminación de acuífero.
- 3- Indicadores de Respuesta: Territorio protegido.

B) Calidad: **Fuente:**

1- Indicadores de Presión:

Biota: Área boscosa para su explotación.

Recursos minerales: Superficie afectada.

Suelo: Población y Explotaciones.

Agua: Caudales disponibles.

2- Indicadores de Estado:

Biota: Superficie de formaciones pastables naturales y superficie de formaciones arbóreas y arbustivas.

Recursos minerales: Extracción anual por habitante de la unidad.

Suelo: Suelo cultivable y suelo cultivado.

Agua: Consumo sobre caudales y reservas.



3- Indicadores de Respuesta:

Biota: Hábitats protegidos.

Recursos minerales: Superficie restaurada.

Suelo: Superficie protegida.

Agua: Inversión pública total en abastecimiento y depuración de agua.

C) Cualidad: **Sumidero.**

1- Indicadores de Presión:

Suelos: Residuos sólidos urbanos controlados.

Agua: Consumo anual.

2- Indicadores de Estado:

Suelos: Area afectada por vertederos industriales.

3- Indicadores de Respuesta:

Suelo: Gastos invertidos en manejo de residuos sólidos urbanos.

Agua: Actas de infracción por contaminación industrial.

D) Cualidad: Soporte/ servicios

1.- Indicadores de Presión: Densidad de población y Visitantes/ año/Km².

2.- Indicadores de Estado: Territorio sin limitaciones geotécnicas, territorio con riesgo y construida.
Sitios de atractivo natural y superficie de playas.

3.- Indicadores de Respuesta: Inversión en programas de mitigación y territorio con espacio natural protegido.

La tercera etapa consistió en calcular el valor de cada indicador. Aquí uno de los problemas consiste en saber cuál es el valor máximo y el mínimo que puede tener ese indicador. Para resolverlo se utiliza un procedimiento para transformar los resultados en una escala máxima de cien y mínima de cero. El indicador final será igual al valor máximo objetivizado menos el valor medido, dividido por la diferencia entre dicho valor máximo menos el valor mínimo objetivizado, que puede ser cero, todo ello multiplicado por cien ($I = 100 (I_{\max} - I_{\text{medido}}) / (I_{\max} - I_{\min})$).

La media aritmética de cada uno de los indicadores de presión, estado y respuesta de cada cualidad estudiada (grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte), nos brinda el valor final para hallar el índice de calidad ambiental, que estará expresado en una escala cuyo valor máximo será cien y el mínimo cero, donde la clase 1 incluye valores del 1 al 19, la clase 2, de 20 a 39, la 3 entre 40 y 59, la 4 entre 60 y 79 y la 5 entre 80 y 100, correspondiendo los valores más altos a la situación ambiental más positiva.



Resultados y discusión.

Obtención de indicadores en la unidad territorial del Municipio Bauta.

Cualidad: Grado de Naturalidad		Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Densidad de vías de comunicación: Carreteras, autopistas, trenes	0.86 Km/ Km ²	83
	Caminos, pistas forestales	0.67 Km/ Km ²	86.6
Estado	Grado de intervención de los cursos de aguas.	100 %	0
	Cursos contaminados por nitratos.	60%	40
	Superficie con riesgo de contaminación de acuífero.	90%	10
Respuesta	Territorio protegido.	31%	69

La media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la cualidad grado de naturalidad da un valor de 48,1.

Cualidad: Fuente			Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Biota	Area boscosa para su explotación	13%	87
	Recursos minerales	Superficie afectada	3.8%	96.8
	Suelo	Población	2.71 Hab/Ha	84.36
		Explotaciones	2 Expl/km ²	50
	Agua	Caudales disponibles.	1307742 m ³ /km ²	100



Cualidad: Fuente			Valor Medido	Valor Estandarizado
Estado	Biota	Superficie de formaciones pastables naturales	80%	80
		Superficie de formaciones arbóreas y arbustivas	38%	62
	Recursos minerales	Extracción anual por habitante de la unidad.	0.81 m³/pers.	99
	Suelo	Suelo cultivable	80%	20
		Suelo cultivado	40%	60
	Agua	Consumo sobre caudales	38.45	62
Reservas		4823 m³/hab.	3.8	
Respuesta	Biota	Hábitats naturales protegidos	0%	0
	Recursos minerales	Superficie restaurada	0%	0
	Suelo	Superficie protegida	0%	0
	Agua	Inversión pública total en abastecimiento y depuración de agua.	\$7.1 /pers./año	99

La media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la cualidad fuente da un valor de 56,49.



Cualidad: Sumidero			Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Suelos	Residuos sólidos. Urbanos. controlados	80%	80
	Agua	Consumo anual	197.37 m ³ / hab./año	80
Estado	Suelos	Area afectada por vertederos industriales.	5%	70
Respuesta	Suelo	Gastos invertidos en manejo de RSU	70 %	70
	Agua	Actas de infracción por contaminación. industrial.	5.2 No/No. industrias.	94.5

De la media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la cualidad sumidero se obtuvo un valor de 78,9.

Cualidad: Soporte/ Servicios		Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Densidad de población	271 hab/ Km ²	94.6
	Visitantes/año/km ²	6.36	95
	Vist/año/km ²		
Estado	Territorio sin limitaciones geotécnicas.	89 %	89
	Territorio con riesgo y construida.	2%	98
	Sitios de atractivo cultural.	0.038sitios/km ²	10
	Superficie de playas.	0.024 m ² /hab.	10
Respuesta	Inversión en programas de mitigación.	\$636 /km ²	36.4
	Territorio con espacio natural protegido	0 %	0

De la media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la cualidad soporte/servicios se obtuvo un valor de 54.12.



El índice de calidad ambiental (EQ), se obtiene a partir de la media aritmética de los valores obtenidos en cada una de las cualidades: Grado de naturalidad (I_N), fuente (I_F), sumidero (I_S) y soporte/servicios (I_{SS})

$$EQ = (I_N + I_F + I_S + I_{SS}) / 4$$

$$EQ = (48,1 + 56,49 + 78,9 + 54,12) / 4$$

De acuerdo al valor obtenido del índice de calidad ambiental, $EQ = 59.40$ concluimos, que la unidad territorial es de clase 3 (40-59), Queda, por lo tanto evidenciado que la calidad ambiental del territorio del municipio Bauta, está afectada, con una tendencia negativa.

Conclusiones.

Los indicadores ambientales representan un instrumento de gran utilidad para cuantificar, simplificar y sistematizar la información relacionada a los distintos aspectos del medio ambiente, que resulta básica para la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales que se llevan a cabo. En este trabajo se utilizaron de forma integral, indicadores de las cuatro cualidades abordadas (grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte) utilizando el esquema de presión - estado - respuesta.

Fue posible aplicar en la unidad ambiental, del territorio comprendido por el municipio Bauta, un procedimiento novedoso propuesto por los investigadores del proyecto ELANEM, para la obtención de indicadores cuantificables para medir la calidad ambiental del territorio.

Por el valor del índice de calidad obtenido, podemos concluir, que el territorio de municipio Bauta, está sometido a importantes cambios, que repercuten de forma negativa en el medio ambiente, por lo que sería recomendable que las entidades competentes, revisaran las actuales políticas ambientales que se aplican en ese territorio con vistas a tomar las medidas necesarias para mitigar los principales problemas que lo están afectando.

Esta investigación constituye un primer paso en la obtención de un grupo de indicadores ambientales que servirán de base para confeccionar un mapa de "calidad ambiental" del territorio del Municipio Bauta, Provincia La Habana, no obstante constituye de por sí, una útil herramienta de trabajo para quienes tienen que tomar las decisiones en materia de política ambiental, ya que el indicador de calidad ambiental permite revalorar el estado del territorio en el tiempo.



Bibliografía

- 1- Cendrero, A. (1997): Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. 1137-8603, No. 12, 5-25
- 2- Cendrero, A., D.W. Fischer (1997): A procedure for assessing the environmental quality of coastal areas for planning and management. Journal of Coastal Research, 13, 3, 732-744
- 3- ELANEM (1999): Red euro-latinoamericana de monitorización y evaluación ambiental. Reunión de coordinación, Ensenada, México (Febrero 2000) y Second ELANEM workshop, Santander, Cantabria, España (Septiembre 2000).
- 4- SCOPE (1995): Environmental indicators, a systematic approach to measuring and reporting on the environment in the context of sustainable development in, indicators of sustainable development for decision-making, Eds. N. Gouzee, B. Billharrz, Federal Planning Office, Bruselas: 1-25.
- 5- Soto, J., L. Sevilla, et al. (2000): Índices de calidad ambiental y salud. Proyecto ELANEM. (Inédito).

CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS DE PERFORACIÓN DEL YACIMIENTO PUERTO ESCONDIDO

José A. Álvarez González, Juan A. Colás, Ana Núñez, Miguel Díaz, Verlayn Paumier, Sandra Miller, Nora la Maza, Raisa Teuteló, Ana L. Martínez

*Centro de Investigaciones del Petróleo.
Washington # 169, Cerro. Ciudad de la Habana.
Teléfonos: 57 - 7300, 57 - 7329. Fax: 66 -6021, E - mail: alfonso@ceinpet.inf.cu.*

RESUMEN

El proceso de perforación de un pozo petrolero está estrechamente vinculado con una alteración del medio ambiente. En las operaciones de perforación y extracción de petróleo, la industria cubana tiene dentro de sus prioridades ambientales el establecimiento y ejecución de actividades de monitoreo a los residuales generados en la actividad productiva.

En este trabajo se estudian acorde a los procedimientos internacionales establecidos, las aguas producidas y los sedimentos de las piscinas receptoras de residuales de perforación de 3 pozos del yacimiento Puerto Escondido, ubicado en litoral norte de la provincia La Habana, Cuba, determinándose los niveles de contaminantes que aparecen en estas matrices, con vistas a establecer su conformidad con las regulaciones ambientales para estos vertimientos y definir las alternativas de tratamiento y disposición que garanticen el menor impacto posible en el entorno de la zona de perforación.

ABSTRACT

Drilling process of an oil well is associated with an environmental disturb. During the oil drilling and extraction operations, our petroleum industry has like an environmental priority to establish and execute the generated waste monitoring during the productive activity.

In this article, wastewater and sediments from receiving pits of drilling wastes from Puerto Escondido oil field are studied according to international established procedures, by determining pollutant levels present in these matrix, with a view to establish their agreement with the environmental regulations for these wastes and to define the treatment and / or disposal to guarantee the less possible impact to the surrounding zone.

CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS DE PERFORACIÓN DEL YACIMIENTO PUERTO ESCONDIDO

*José A. Álvarez González, Juan A. Colás, Ana Núñez, Miguel Díaz, Verlayn Paumier,
Sandra Miller, Nora la Maza, Raisa Teuteló, Ana L. Martínez*

*Centro de Investigaciones del Petróleo.
Washington # 169, Cerro. Ciudad de la Habana.
Teléfonos: 57 - 7300, 57 - 7329. Fax: 66 -6021, E - mail: alfonso@ceinpet.inf.cu.*

RESUMEN

El proceso de perforación de un pozo petrolero está estrechamente vinculado con una alteración del medio ambiente. En las operaciones de perforación y extracción de petróleo, nuestra industria petrolera tiene dentro de sus prioridades ambientales el establecimiento y ejecución de actividades de monitoreo a los residuales generados en la actividad productiva.

En este trabajo se estudian acorde a los procedimientos internacionales establecidos las aguas producidas y los sedimentos de las piscinas receptoras de residuales de perforación de 3 pozos del yacimiento Puerto Escondido, determinando los niveles de contaminantes que aparecen en estas matrices, con vistas a establecer su conformidad con las regulaciones ambientales para estos vertimientos y definir las alternativas de tratamiento y disposición que garanticen el menor impacto posible en el entorno de la zona de perforación.

Introducción

El petróleo, como las demás fuentes de energía utilizadas como combustible, puede ocasionar contaminación a lo largo de su ciclo vital, de este modo, la extracción, producción, transporte, refinación, almacenamiento y combustión del mismo, son procesos que provocan contaminación ambiental. El proceso de perforación afecta al ambiente porque remueve suelos, produce desperdicios y puede ocasionar derrames de petróleo y/o aguas contaminadas (Wagner, 1996) (Alconsult, 1998).

Durante la perforación se utilizan diferentes sustancias como aditivos de los lodos, los que además pueden reaccionar con los cortes de perforación, formando una mezcla compleja que requiere de análisis químico para evaluar los constituyentes de fluidos y sólidos, y determinar su toxicidad y agresividad al medio ambiente (Wallace, 1996). El monitoreo de efluentes a corto y largo plazo es de gran importancia para determinar si la actividad petrolífera en una zona determinada está causando alguna contaminación (ARPEL, 1992).

La EPEP Occidente, como actividad fundamental, realiza la perforación y extracción de petróleo en la zona del litoral norte de la provincia de La Habana, Cuba, siendo dicha zona de interés turístico; por lo que es necesario brindar una disposición segura tanto de las aguas producidas como de los lodos sedimentados durante el proceso de perforación del pozo petrolero.

Este trabajo tiene como objetivo determinar los niveles de contaminantes en aguas y sedimentos de las piscinas receptoras de residuales de perforación de tres pozos del yacimiento Puerto Escondido (EPEP Occidente) con vistas a su disposición segura al medio ambiente.

Materiales y Métodos

Las muestras de aguas y sedimentos se tomaron de las piscinas dispuestas para estos fines en los pozos Puerto Escondido 6, 8 y 9.

Aguas

Las muestras de aguas se tomaron con un muestreador de 2.5 litros de capacidad montado en un soporte de longitud adecuada, según método manual normalizado (ISO 5667/ 10, 1994). Las muestras fueron envasadas en frascos de 1 litro y preservadas de acuerdo al análisis posterior al cual iban a ser sometidas, según metodologías establecidas (ISO 5667/2, 1994) (ISO 5667/3, 1994). Los datos fueron procesados estadísticamente para obtener el comportamiento promedio del agua. Los parámetros seleccionados fueron los siguientes: pH, cloruros, cromo VI, grasas y aceites, sólidos y sulfatos, realizándose las determinaciones según métodos establecidos (APHA, 1992) (ISO, 1994).

Sedimentos.

Las muestras de sedimentos se tomaron con un muestreador de dragado tipo van Veenhapper, según método normalizado (ISO 5667/12, 1995). Se tomaron muestras puntuales en cada piscina, dichas piscinas se simbolizaron de la siguiente forma:

- Piscina #1: Area de desechos, Puerto Escondido 6.
- Piscina #2: Cercana al mar, Puerto Escondido 6.
- Piscina #3: Paralela a la #1, Puerto Escondido 6.
- Piscina de Puerto Escondido 8.
- Piscina de Puerto Escondido 9.

Las muestras fueron identificadas, envasadas en bolsas de aluminio y preservadas en congelación hasta su procesamiento según metodología establecida (ISO 5667/3, 1994). Los contaminantes seleccionados fueron: Grasas y Aceites, Pb, Zn, Ni, Cd, Cu y Cr. Los metales pesados fueron analizados en un espectrofotómetro de absorción atómica modelo 170 - 30, de la firma Hitachi (Marbán, 1998).

Resultados y Discusión

Aguas

En la tabla 1 aparecen reportados los resultados obtenidos para los parámetros de contaminación seleccionados en las aguas de las piscinas de tratamiento y los valores especificados en las regulaciones ambientales existentes para estos vertimientos en el país.

Con relación a los niveles de hidrocarburos, aunque este parámetro se fija por las autoridades competentes en función de los requerimientos ecológicos del punto de disposición final, en la piscina de Puerto Escondido 6 se consideran elevados, por lo que se requiere de un tratamiento previo de separación de hidrocarburos por diferencia de densidades antes de su disposición final ya que para ser reinyectada el agua en el pozo de disposición final es necesario disminuir los niveles de este contaminante por la posibilidad existente de taponamiento de los poros del pozo (Wallace, 1996).

Tabla 1. Caracterización de las aguas de la piscina y regulaciones ambientales ⁽¹⁾

	pH	Grasas y Aceites	Cloruros	Sulfatos	Sólidos Disueltos	Cromo VI
P. Escondido 6	9.07	229	1891	100	3408	0.68
P. Escondido 8	9.8	54	567	1327	95521	0.68
P. Escondido 9	8.7	11	272	24800	12315	0.60
CUPET ⁽²⁾	6.5 - 8.5	AC ⁽⁴⁾	-	2000	4000	AC ⁽⁴⁾
Ecuador ⁽³⁾	5 - 9	15	2500	1200	2500	0.50

⁽¹⁾ Resultados promedios expresados en mg/l.

⁽²⁾ Regulaciones ambientales para la actividad de perforación y extracción de petróleo, CUPET. (CIPP, 1995).

⁽³⁾ Reglamento Ambiental para las operaciones hidrocarburíferas, Ecuador (ref. 13)

⁽⁴⁾ El contenido de Grasas y Aceites y de metales pesados se define por las Autoridades Competentes en función de los requerimientos ecológicos del punto de disposición final.

En las aguas de las piscinas de los tres pozos de Puerto Escondido se observa que el pH es superior al rango normado para este parámetro, lo que denota que el agua está ligeramente básica. En cuanto a los sólidos disueltos totales, en las piscinas de Puerto Escondido 8 y 9 están en cantidades muy superiores a la norma establecida por CUPET. Los niveles de cloruros y sulfatos cumplen con las regulaciones establecidas, excepto los sulfatos en Puerto Escondido 9.

Sedimentos

En la tabla 2 se reflejan los resultados obtenidos en la caracterización de los sedimentos de las piscinas evaluadas. Según se aprecia, en todas las piscinas los niveles de hidrocarburos en sedimentos son elevados producto del hundimiento en el tiempo de las fracciones medias y más pesadas.

El análisis de metales pesados en los sedimentos de las piscinas estudiadas arroja valores similares a los niveles recomendados para suelos de uso agrícola (CIPP, 1996) (CCME, 1991), excepto para el Zn que en todas las piscinas de Puerto Escondido 6 fue superior a lo reportado en las normas consultadas, pudiéndose deber esto a la utilización del óxido de cinc en la formulación del lodo de perforación.

Tabla 2. Caracterización de sedimentos de las piscinas y regulaciones ambientales ⁽¹⁾.

Piscina	Grasas y Aceites	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Cr
P. Escondido 6 (1)	928	71	602	107	156	< 0.04	370
P. Escondido 6 (2)	4442	113	1158	95	87	< 0.04	304
P. Escondido 6 (3)	1387	113	1395	89	218	< 0.03	410
P. Escondido 8	2623	-	68	117	94	=	223
P. Escondido 9	1178	-	100	121	110	-	339
CUPET ⁽²⁾	-	375	600	-	150	3	800
Suelos ⁽³⁾	0.3	375	375	150	150	3	750

⁽¹⁾ Resultados promediados expresados $\mu\text{g} / \text{g}$.

⁽²⁾ Parámetros que debe tener el suelo para uso agrícola, CUPET (CIPP, 1996).

⁽³⁾ Criterios de tratamiento para el suelo (uso agrícola), Canadá (CCME, 1991).

De acuerdo a estos criterios, el suelo donde se localizan estas piscinas, una vez que pasan a retiro de servicio y reacondicionamiento pudieran utilizarse para cultivos si no reciben nuevos aportes de residuales (ARPEL, 1997).

Conclusiones

1. Los niveles de hidrocarburos en la piscina de aguas residuales de Puerto Escondido 6 resultan elevados y denotan que la función del separador instalado es deficiente.
2. Las concentraciones de cloruros, sulfatos y sólidos disueltos en la piscina de Puerto Escondido 6 resultan aceptables para ser reinyectadas al pozo de disposición final.
3. Los sólidos disueltos totales en Puerto Escondido 8 y 9 se encuentran en niveles muy superiores a lo establecido por la norma.
4. Los niveles de hidrocarburos en las piscinas de sedimentos evaluadas resultan elevados.
5. Los niveles de metales pesados en las piscinas de sedimentos evaluadas cumplen con las regulaciones ambientales para suelos agrícolas, exceptuando el cinc en Puerto Escondido 6 que en todos los casos fue superior al valor reportado en la norma consultada.

Recomendaciones

1. Tratar las aguas producidas durante la perforación del pozo Puerto Escondido 6 mediante un separador de hidrocarburos antes de su disposición final.
2. Disponer las piscinas de sedimentos por la técnica de enterramiento de acuerdo a los resultados de los análisis realizados una vez concluido el proceso de perforación.

Bibliografía

1. Alconsult. Management of effluent waters in the petroleum industry. Alconsult, Calgary, 1998.
2. APHA - AWWA- WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA Inc., 18th ed., New York, 1992.
3. ARPEL. Manejo de desechos. Komex International Ltd., Calgary, 1997.
4. ARPEL. Guías para el retiro de servicio y reacondicionamiento de tierra de superficie en instalaciones de producción y refinamiento de petróleo. Alconsult, Calgary, 1992.
5. CCME. Interim Canadian Environmental Quality Criteria for contaminated Sites. Report CCME, EPC - C534, Canada, 1991.
6. CIPP. Regulaciones técnico ambientales para la confinación, el tratamiento y la eliminación de los desperdicios de perforación de pozos costa adentro, Cuba, 1995.
7. ISO 5667/10: Calidad de agua - Muestreo - Parte 10:Guía en el muestreo de aguas residuales. 1994.
8. ISO 5667/2: Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía para técnicas de muestreo. 1991.
9. ISO 5667/3: Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía para la preservación y manipulación de muestras. 1994.
- 10.ISO 5667/12: Calidad del agua - Muestreo - Parte 12: Guía para el muestreo de sedimentos. 1995.
- 11.ISO Standards Compendium. Environmental Water Quality. Vol. 2. Chemical Methods. 1st ed. Geneve, 1994.
- 12.Marbán, L. Métodos analíticos para monitorear metales pesados en suelos con destino agrícola, urbano e industrial. XI Reunión CHEMRAWN en Química Ambiental. Congreso Latinoamericano en Química Analítica Ambiental. IUPAC - IOCD, Montevideo, 1998.
- 13.Reglamento Ambiental para las operaciones Hidrocarbúferas en el Ecuador, Capítulo 4 del Decreto 2982, Registro Oficial, No 766, Ecuador, 1996.
- 14.Restauración de sitios perforación en tierra (onshore). Regulación ambiental 07/96. CIPP, C. Habana, 1996.
- 15.Wagner, T. Contaminación, causas y efectos. Ed. Gernica, México, D. F., 1996.
- 16.Wallace,T. Taller sobre tratamiento y disposición de residuales de perforación durante la exploración - producción en la industria petrolera. ARPEL-CUPET, La Habana, 1996.

REHABILITACION DE TERRENOS AFECTADOS POR LA MINERIA DE UNA EMPRESA DE LA INDUSTRIA CUBANA DEL NIQUEL.

Lic. Carlos César Cañete Pérez.

*Oficina Nacional de Recursos Minerales. Salvador Allende # 666, Centro Habana, Ciudad de la Habana, Cuba.
C. Eléct.: carlos@onrm.minbas.cu*

Resumen.

Los procesos mineros, al igual que cualquier otro proceso productivo, generan impactos, sobre el Medio Ambiente que son producidos a través de todas las fases de la actividad minera, desde la exploración hasta después del cierre o abandono.

La Oficina Nacional de Recursos Minerales, como Autoridad Minera del país, ejerce el control de la situación ambiental y del cumplimiento de los Planes de Protección y de Rehabilitación del Medio Ambiente de las empresas mineras, a través de las Inspecciones Estatales.

Los Programas de Rehabilitación de las áreas minadas se llevan a cabo por un proyecto que es compatibilizado con los diferentes organismos y de acuerdo con la comunidad, el gobierno y el Plan Director Municipal de la zona, se decide el uso futuro del área minada, que puede ser: social, forestal, agrícola, etc. y es presentado al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente para la obtención de la Licencia ambiental correspondiente.

El objetivo del presente trabajo es mostrar, a través de una serie de fotos, la situación actual de la rehabilitación de las áreas afectadas por la minería de una Empresa de la Industria Cubana del Níquel en el cumplimiento de una Legislación Ambiental relativamente nueva en el país, así como señalar las principales acciones necesarias para el desarrollo de la rehabilitación de áreas minadas en sentido general.

Abstract.

The mining processes, as same as any other productive process, generate impacts, on the environment that are produced through all the phases of the mining activity, from the exploration until after the closing or abandonment.

The National Office of Mineral Resources, as Mining Authority of the country, exercises the control of the environmental situation and the execution of the Protection and Rehabilitation Plans of the environment of the mining companies, through the State Inspections.

The Rehabilitation Programs of the mined areas are carried out by a project that is coordinated with the different organisms and in accordance with the community, the government and the Municipal Managing Plan of the area, They decide the future use of the mined area that can be: social, forest, agricultural, etc. and it is presented to the Ministry of Science, Technology and Environment for the obtaining of the corresponding Environmental License.

The objective of the present work is to show, through a series of pictures, the current situation of rehabilitation on the affected areas by the mining of one manufactures of the Nickel Cuban Industry in the execution of a relatively new Environmental Legislation in the country, as well as to point out the main necessary actions for the development of the rehabilitation of mined areas in general sense.

INTRODUCCION.

Hoy día, en todo el mundo, existe una real conciencia sobre el hecho que la actividad humana (en todas sus formas) y los desastres, denominados naturales, afectan en forma importante, al medio ambiente en que se desarrolla la vida en nuestro planeta.

El continuo deterioro del medio ambiente, si no se detiene a tiempo, podría llegar a perturbar el equilibrio ecológico mundial en forma irreversible.

Esta situación ha conllevado a que los países tanto desarrollados, como subdesarrollados, han coincidido en señalar en las Naciones Unidas que **“la protección y el mejoramiento del medio ambiente son cuestiones importantes que afectan el bienestar de los pueblos y al desarrollo económico de todo el mundo”** y decidieron detener e invertir los efectos de la degradación del medio ambiente, en el contexto de la intensificación de esfuerzos nacionales e internacionales hechos, para promover un desarrollo sostenible y ambientalmente racional en todos los países(3).

Los países desarrollados son los que han tomado mayores medidas de control y protección del medio ambiente; desde hace varias décadas han venido desarrollando e implementando tecnologías específicas para el control y protección ambiental, han realizado grandes proyectos de descontaminación, dictado leyes y han generado reglamentaciones, normativas, etc.(3) Obviamente esto ha sido posible debido al gran desarrollo económico de estos países. Sin embargo debe señalarse que dicho desarrollo, fue logrado sin considerar el fuerte deterioro ambiental que causaron.

En definitiva, está claro que la visión del medio ambiente se integra a la del desarrollo económico del país. Esto también se puede ejemplarizar señalando que es muy distinto el enfoque sobre el medio ambiente en los países desarrollados y en los subdesarrollados. Los primeros están pensando en que hacer con el tiempo libre, si compran el tercer automóvil, etc. , mientras que los segundos piensan en la

forma de elevar el bienestar material del pueblo, resolver los problemas de alimentación, salud, educación, etc.

Las tendencias actuales de protección del medio ambiente (3) son:

- ◆ Mayores exigencias ambientales de los países desarrollados hacia los subdesarrollados.
- ◆ Buscar la formula de desarrollarse sin dañar, o minimizando el daño al medio ambiente.
- ◆ Establecer estándares de calidad ambiental cada vez más estrictos.
- ◆ La aplicación del concepto, “el que contamina paga”.

En nuestro país la conciencia ambiental ciudadana, empresarial y política está creciendo y en la actualidad es muy fuerte. Cada vez existen mas leyes, reglamentaciones y normas ambientales que deben ser cumplidas por las empresas, la comunidad, etc.

La comunidad económica estima que debe haber convergencia y no-conflicto entre el desarrollo económico y la protección del entorno.

La Constitución de la República de Cuba, aprobada en referendo público en 1976, en su artículo 27 postula, que el Estado protege al medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras (4).

A finales de 1976 se crea la Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales (COMARNA), que funciona hasta 1994, que pasan estas funciones al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

En 1981 se aprueba la Ley 33, donde ya se esbozaba la reglamentación para la realización de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de las nuevas inversiones, a esta ley le faltó la aprobación de las reglamentaciones complementarias y es derogada por la Ley 81 de Medio Ambiente.

En 1994 el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro otorgó al CITMA las funciones y atribuciones relativas a la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales.

En marzo de 1995 se aprueba la Resolución 168 del CITMA, en la cual se establece el Reglamento para la realización de las EIA y el otorgamiento de las licencias ambientales, que es derogada por la Resolución 77 de 1999 (8).

Es aprobada por la Asamblea Nacional la Ley No.81. Ley de Medio Ambiente con fecha de 11 de julio de 1997, que es una ley marco muy completa desde el punto de vista ambiental (7).

La Ley 76. Ley de Minas, publicada en la gaceta oficial en Enero de 1995, en su articulado faculta a la Oficina Nacional Recursos Minerales (ONRM), como Autoridad Minera a controlar la minería y la ejecución de sus planes de protección del medio ambiente y de las medidas para mitigar el impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar el dicho impacto derivados de sus actividades (6).

En Septiembre de 1997 es publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba el Decreto No. 222 "Reglamento de la Ley de Minas" que complementa lo establecido en la Ley 76 y se describen las diferentes contravenciones relacionadas con dicha Ley (5).

Es necesario señalar también, que actualmente se trabaja fuertemente en el Comité Técnico Nacional de Normalización sobre Gestión Ambiental para el completamiento y actualización de las normas ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Cuba es un país rico en recursos naturales y desde la época de la colonización fue la minería una de las actividades económicas que primero se desarrolló. Hasta finales de los años 50, el panorama se caracterizaba por la falta de instituciones nacionales que fomentaran el desarrollo minero. A partir de 1959 se desarrollo un programa sistemático que permitió, sobre la base de investigaciones, tener un conocimiento mas profundo de los recursos minerales y formar una gran cantidad de profesionales y trabajadores de alta calificación(1).

El país posee una de las mayores reservas de níquel y la segunda reserva más grande de cobalto del mundo, después de Zaire (26% del total de las reservas mundiales) (1).

Las reservas se encuentran fundamentalmente en la región nor-oriental del país, en la cual operan 3 plantas productoras con una capacidad potencial de aproximadamente 75 000 toneladas/año de níquel + cobalto.

Los procesos mineros, al igual que cualquier otro proceso productivo, generan impactos tanto sobre los componentes abiótico y biótico, como sobre los factores socioeconómicos y culturales. Los impactos sobre el medio ambiente se producen a través de todas las fases de una actividad minera, desde la exploración hasta después del cierre o abandono (10).

La ONRM, como Autoridad Minera del país, ejerce el control de la situación ambiental y del cumplimiento de los Planes de Protección y de rehabilitación del Medio Ambiente de las empresas mineras, a través de las Inspecciones Estatales y por contactos permanentes con los representantes para el Medio Ambiente de las empresas Titulares de Derechos Mineros.

Los Programas de Rehabilitación de las áreas minadas se llevan a cabo por un proyecto que es compatibilizado con los diferentes organismos y de acuerdo con la comunidad, el gobierno y el Plan Director Municipal de la zona, se decide el uso futuro del área minada, que puede ser: social, silvícola, frutícola, agrícola, ganadero, etc. y es presentado al CITMA para la obtención de la Licencia ambiental correspondiente.

Los **objetivos de los proyectos de rehabilitación de las áreas minadas** son:

- Recuperar las áreas degradadas por la minería para asignarle un nuevo uso a los terrenos, según el plan director territorial.
- Mitigar el impacto ambiental provocado por la explotación minera.
- Combatir la erosión de los suelos.
- Disminuir el aporte de contaminación al medio ambiente, etc.

Sus **beneficios esperados** son:

- Restablecer el valor de uso de las áreas degradadas por la minería.
- Restablecer las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de especies forestales, frutales, agrícolas y la existencia de la fauna o la asignación de un nuevo uso a los terrenos minados, según el plan director territorial.
- Garantizar el desarrollo sostenible de la región propiciando la explotación de los suelos con carácter forestal, agrícola u otro uso, una vez concluidos los trabajos de minería, etc..

Las **fases de la reforestación** de las áreas minadas son:

Preparación del terreno: - conformación del terreno.

- construcción de terrazas.
- transportación de suelos.
- construcción de embalses y caminos, etc.

Recultivación biológica: - aplicación de la capa de suelo.

- selección de especies.
- fertilización y siembra de posturas, etc.

- Manejo:** - estudio del por ciento de supervivencia.
- resiembra de posturas no logradas.
- estudio del ritmo de crecimiento y desarrollo, etc.

Entrega del área a la empresa correspondiente (después de tres años de manejo, según la Resolución No. 7-96 (9), el Ministerio de la Agricultura abonará el dinero por el fondo del presupuesto de Inversiones a la empresa minera correspondiente).

RESULTADOS.

Situación actual de la rehabilitación de la Empresa en hectárea (2).

- Área solicitada en concesión.....	2746,0
- Área total afectada hasta 1999	209,24
- Área rehabilitada hasta 1999	75,53
- Área afectada por rehabilitar.....	133,71
- Área no rehabilitable (instalaciones, vías de acceso, etc.).....	118,96
- Plan de 1999.....	35,0
- Real de 1999.....	35,01
- Plan de rehabilitación del 2000.....	35,0

Es necesario destacar que el CITMA le otorgó a la subdirección de Minas, en el mes de Junio de 1999, un Certificado Ambiental por los resultados obtenidos en el cumplimiento de la Legislación Ambiental y la Protección del Medio Ambiente y fundamentalmente por los resultados obtenidos en la rehabilitación de las áreas minadas.

En la actividad de rehabilitación de las áreas minadas la Empresa ha probado diferentes especies frutales y forestales, así como diferentes métodos de preparación de sitios minados, varios métodos de preparación de posturas, de fertilización, distintos tipos de grosores de suelos y se debe señalar que la misma mantiene una posición de avanzada en el país, ya que como se puede observar de los datos que se aportan su Plan Anual de rehabilitación le permite recuperar el atraso e ir rehabilitando las hectáreas que va minando anualmente.

Es necesario subrayar que la rehabilitación no se comporta de la misma forma en la generalidad de los casos y existen áreas degradadas por la extracción de minerales, con anterioridad a la promulgación de las leyes antes mencionadas, abandonadas que acarrearán grandes problemas ambientales y a las que se debe prestar la debida atención.

El Decreto 222 “Reglamento de la Ley de Minas” (5), en su artículo 87. establece que cada concesionario está obligado a crear una reserva financiera en una cuantía suficiente para cubrir los gastos que se deriven de las labores de restauración de las áreas de la concesión y de las áreas devueltas, el plan de control de los indicadores ambientales y los trabajos de mitigación de los impactos directos e indirectos ocasionados por la actividad minera.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En la actividad de rehabilitación de áreas minadas, realizada a lo largo de más 20 años de trabajo por la Unión del Níquel, se han probado 27 especies forestales autóctonas e introducidas, así como diferentes métodos de preparación de sitios minados, varios métodos de preparación de posturas, de fertilización, distintos tipos de potencias de suelos, entre otras investigaciones realizadas de conjunto con entidades especializadas y la experiencia internacional. Además se debe señalar que la Empresa escogida para este trabajo mantiene una posición de vanguardia en el país, ya que como se puede observar de los datos que se aportan su Plan Anual de rehabilitación le permite recuperar el atraso e ir rehabilitando las hectáreas que va minando anualmente y en su Plan de Protección del Medio Ambiente está presente la siembra de pasto Estrella Africana y boniato de costa en los taludes de caminos y áreas no rehabilitables para controlar la erosión y con ello el aporte de contaminación.

Pero es necesario subrayar que esta situación no es así en la generalidad de los concesionarios, y si en sentido general, se tiene en cuenta:

- Los problemas ambientales que acarrea la existencia de grandes espacios de terrenos minados sin rehabilitar por parte de las empresas mineras.
- La preocupación del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente sobre el estado actual de las áreas minadas, por ubicarse, por lo general, en zonas de alta sensibilidad ecológica y de extrema vulnerabilidad a los procesos erosivos, y por ende a la contaminación de las cuencas de los ríos receptores y al cambio climático regional y global.
- La necesidad de que la rehabilitación avance simultáneamente con la minería, persiguiendo los objetivos de: acortar los plazos, disminuir los costos y explotar el equipamiento de forma más integral y proteger el Medio Ambiente en sentido general, velando por la conformación de depresiones donde se acumule el agua y le aporte humedad a los terrenos rehabilitados.

Se considera indispensable comenzar a ejecutar proyectos de rehabilitación de áreas degradadas allí donde aún no se han comenzado, aumentar el ritmo de la rehabilitación de las áreas minadas por los

diferentes organismos que explotan yacimientos de materias primas y darle cumplimiento a dichos planes por todas las instituciones involucradas para recuperar el atraso existente en este importante renglón del Medio Ambiente y que tiene una gran repercusión en la calidad de vida de los pobladores que habitan en los alrededores de las concesiones mineras.

PRINCIPALES ACCIONES NECESARIAS PARA EL DESARROLLO DE LA REHABILITACION DE AREAS MINADAS EN SENTIDO GENERAL.

- Definición estatal del procedimiento financiero necesario para rehabilitar áreas minadas con anterioridad a las regulaciones actuales (Ley de Minas, Ley de Medio Ambiente, etc.) que obligan a los concesionarios a crear fondos para la protección del Medio Ambiente. Existen en el país actividades mineras, de más de 50 años, que necesitan de esta definición, ya que se requieren cuantiosos recursos para actualizar esos programas ambientales.
- Confeccionar y aplicar Regulaciones Económicas por parte de los organismos e instituciones constructoras e inversionistas relacionadas con movimiento de material rocoso (los llamados Prestamos) que al no reconocer un valor económico a esta materia prima, alegan no disponer de fondos para la rehabilitación de las áreas explotadas. Es necesario aclarar que por la Ley de Minas no existe esta denominación y se considera Pequeña Minería, con las obligaciones que la ley establece para dichas explotaciones.

BIBLIOGRAFIA:

1. Cañete Pérez C. C. Dictamen Sobre la Situación Ambiental de la Minería. Ciudad de La Habana. Marzo del 2000.
2. Cañete Pérez C. C. et al. Inspección Estatal ONRM. Yacimientos de Níquel. 1997-2000.
3. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Conceptos y Antecedentes. Santiago de Chile. 1994.
4. Constitución de la República de Cuba. 1976.
5. Decreto No. 222, Reglamento de la Ley de Minas. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 19 de Septiembre de 1997
6. Ley 76, Ley de Minas. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 21 diciembre de 1994.

7. Ley 81, Ley de Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 11 de julio de 1997.
8. Resolución 77/99. Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 6 de Agosto de 1999.
9. Resolución No. 7-96, del Ministerio de la Agricultura.
10. Sánchez Salazar M. T. Medio Ambiente y Minería: Una Visión Geográfica. El caso de México. Instituto de Geografía, UNAM. México 1997.



AFECTACION A LA BAHIA DE LA HABANA POR LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS MARTIN PEREZ Y LUYANO.

Adelaida Castellanos Silvén⁽¹⁾, Ramón Rivada⁽²⁾, Santa Gil Gonzalez ⁽³⁾, Nyls Ponce Seoane ⁽⁴⁾, Jorge L. Díaz Comesañas ⁽⁵⁾, Rey Carral Chao ⁽⁶⁾,

(1), (2), (3), (4), (5), (6) Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Línea del Ferrocarril, San Miguel del Padrón, Ciudad de la Habana, CP 11 000, Fax: 5577004. E-mail: mambiente@igp.minbas.cu

RESUMEN

En el trabajo se refleja la contaminación existente en las cuencas de los ríos Luyanó y Martín Pérez, las cuales abarcan un área total de 41,7Km². En las mismas están ubicados numerosos núcleos urbanos y focos contaminantes que vierten sus residuales orgánicos e inorgánicos a dichas corrientes fluviales, las cuales al desembocar en la bahía, aumentan la contaminación en ella.

Se realizaron muestreos y análisis de agua y sedimentos, además se ofrecen medidas de mitigación que pueden ayudar a mejorar el deterioro ambiental en nuestra bahía.

ABSTRAT

I this paper the contamination existing in the Luyano and Martin Perez rivers basins at charon cover and area of 41.7 Km². Buidin the basin are located different town and contamination sorce that spill organic and inorganic waste into the river, inluch when flowing in to the bay, in crease contamination.

Sample and analisis of water and sediments were taken. Besides measures are offhered to the crease and this can help better the deteriotation of the environment in our bay.



INTRODUCCION

Los estudios ambientales tienen como esencia fundamental la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos, lo que presupone no solo la protección del entorno como legado a futuras generaciones sino también el posible uso de dichos recursos. Las cuencas objeto de estudio se extienden por gran parte de los municipios de Arroyo Naranjo, Diez de Octubre, San Miguel del Padrón, Guanabacoa, Regla y Habana Vieja, y es donde están ubicados los núcleos urbanos, los principales focos contaminantes que vierten sus residuales a las corrientes fluviales.

Los ríos Martín Pérez y Luyanó constituyen las dos corrientes superficiales que desembocan en la Bahía de La Habana, por lo cual son los principales contribuyentes al aumento de la contaminación de la misma producto de que en las cuencas de estos ríos se han establecido y desarrollado asentamientos poblacionales de complejos funcionamientos, debido a que el uso urbano e industrial hace que las diferentes instalaciones ubicadas en sus márgenes viertan los desechos al río, dándole a este el uso de cuerpo receptor de residuales, pues a ellos son vertidos diariamente los efluentes líquidos y los desechos sólidos sin previo tratamiento, y toda esta carga contaminante ha elevado el grado de contaminación de sus aguas y sedimentos y por consiguiente, un alto grado de deterioro ambiental en estos ecosistemas.

Existen 19 fuentes contaminantes principales asociadas a ambas cuencas y que se exponen en forma de tabla, las cuales vierten contaminantes orgánicos (sangre, grasa, desperdicios, desinfectantes, azúcares) e inorgánicos (sustancias químicas, cemento, arena, hidrocarburos, aceites, lubricantes) y a la vez existen quienes vierten la unión de orgánicos e inorgánicos.

Estas corrientes superficiales también son utilizadas como vertederos espontáneos de residuos sólidos urbanos (basura), lo que incrementa la contaminación existente y las deplorables condiciones higiénico sanitarias y ambientales de las mismas.

MATERIALES Y METODOS

Para el estudio de la contaminación de las aguas superficiales se llevó a cabo un muestreo de las mismas, proponiendo para estas la determinación de los siguientes parámetros: número más probables de microorganismos coliformes, presencia de *E. Coli*, conteo total de bacterias mesófilas, demanda química de oxígeno, concentraciones de NH_4 , NO_3 , NO_2 , CN y PO_4 y los elementos As, Cd, Cr, Hg, Zn y Pb. Las muestras fueron analizadas en el Departamento de Microbiología y Bioingeniería perteneciente al Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar y en el Departamento de Medio Ambiente del LACEMI.

Se realizó el muestreo de sedimentos de fondo (12 muestras) en diferentes puntos del curso de los ríos, a una profundidad de 30 a 40 cm del lecho de los ríos, en sitios de vertimientos de residuales, salida de alcantarillados, confluencia con afluentes y los propios afluentes, ya que son los puntos de mayor concentración de metales pesados. Fueron envasadas en nylon y enviadas a LACEMI (Laboratorio Central de minerales), se le realizaron 7 determinaciones (Cd, Co, Mn, Ni, Pb, Zn, Fe), mediante el método de secado a 60°C , disgregado y tamizado a 180 micras.



RESULTADOS Y DISCUSION.

Tabla No I. Características de las principales fuentes contaminantes de la Cuenca del Río Luyanó.

No	Instalaciones	Dirección	Tipo de residual	Tipo de cont.
1	Complejo Cárnico Antonio Maceo	Lawton	Sangre, desperdicios, desinfectantes	Orgánica e Inorgánica
2	Fábrica de Siphorex Camilo Cienfuegos.	Calle Mayor, San Miguel del Padrón	Sosa caustica, cemento, arena, sílice, yeso, cal, azúcares, hidrocarburos, polvo de AL.	Inorgánica
3	Fábrica de detergente líquido La Estrella	Lawton	Sustancias químicas y desinfectantes	Inorgánica
4	Empresa Carga por Camiones	Vía Blanca y Línea del Ferrocarril	Desinfectantes y otros ácidos.	Inorgánica
5	Planta Andrés Luján	Vía Blanca y Línea del Ferrocarril	Sustancias químicas como sosa cáustica, cromo y ácido clorhídrico.	Inorgánica
6	Constructora Motores Taíno	Vía Blanca y Línea del Ferrocarril	Aceites y lubricantes	Inorgánica
7	Envases metálicos Luis Melian	Calle Mayor, San Miguel del Padrón	Polvo de Aluminio.	Inorgánica
8	Fábrica de levadura Héroes de Bolivia	Ave. Dolores y Línea del Ferrocarril	Acido sulfúrico, aceites, mieles, fosfato de amonio y urea	Inorgánica
9	Matadero Jesús Sánchez	Km 9 ½ de la carretera del lucero	Sangre, pelos, grasas, heces fecales, albúminas, hipoclorito de sodio, H ₂ SO ₄	Orgánica e Inorgánica
10	Pasteurizadora El Lucero	Carretera del lucero	Grasa, sosa cáustica y ácido fosfórico	Orgánica e Inorgánica
11	ICIDCA	Carretera de Vía Blanca	Grasa, sosa cáustica y diferentes elementos químicos	Orgánica e Inorgánica
12	Fundición Sergio González	Virgen del Camino, S.M del Padrón	Aluminio y bronce	Inorgánica
13	Fundición Pepe Prieto	Virgen del Camino, S M del Padrón	Aluminio y bronce	Inorgánica

Tabla No II. Resultados obtenidos del análisis de sedimentos de la cuenca del río Luyanó

No. de muestra	Cd (G/T)	Cu (G/T)	Mn (G/T)	Ni (G/T)	Pb (G/T))	Zn (G/T)	Fe (%)
S-1	6	12	603	54	228	226	1.64
S-2	7	14	745	45	74	281	2.90
S-3	6	21	1826	37	< 5	84	3.12
S-4	6	30	2663	52	< 5	116	4.82
S-5	7	27	1058	82	90	240	3.94
S-6	9	22	1106	115	1034	731	4.00
S-7	8	29	1650	65	75	184	3.63



Como se puede observar las concentraciones son altas, especialmente la de los elementos de Mn y Zn, lo cual no resta importancia a los demás elementos presentes.

Concentraciones de NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} y metales pesados.

Los resultados de los análisis son bastantes bajos, con excepción de los valores de nitrato en dos puntos (12.43 y 15.54). Los resultados mostraron bajas concentraciones de compuestos nitrogenados, fue necesario tomar nuevas muestras y analizarlas directamente en el campo, la inestabilidad de estos compuestos bajo determinadas condiciones pudo alterar los resultados.

Tabla No III. Características de las principales fuentes contaminantes de la cuenca del río Martín Pérez.

No	Instalaciones	Dirección	Tipo de residual	Tipo de Contaminación
1	Empresa Ramón Peña	Rpto Vía Blanca, Guanabacoa	Desinfectantes, hidrocarburos, limaños.	Inorgánica
2	Embotelladora	Carretera Vía Blanca, Martín Pérez	Sosa cáustica, bicarbonato, desinfectantes	Inorgánica
3	Talleres ICP	Carretera Vía Blanca, Guanabacoa	Hidrocarburos y aceites	Inorgánica
4	Fábrica de Plástico	Carretera Vía Blanca, S.M. del Padrón	Desinfectantes y sosa cáustica	Inorgánica
5	Unidad de Tránsito	Rpto Villavista, Guanabacoa	Aceites e hidrocarburos	Inorgánico
6	Fábrica de Pomos Plásticos	Rpto Villavista, Guanabacoa	Desinfectantes y PBC	Inorgánico

Tabla No IV. Resultados obtenidos del análisis de sedimentos en la Cuenca Martín Pérez.

No de muestra	Cd (G/T)	Co (G/T)	Mn (G/T)	Ni (G/T)	Pb (G/T)	Zn (G/T)	Fe (%)
S – 1	6	14	837	107	97	87	2.29
S – 2	6	32	1200	92	137	236	4.50
S – 3	6	11	476	89	209	349	1.78
S – 4	6	26	1248	84	31	203	3.75
S – 5	6	13	573	77	145	236	2.78

En esta cuenca las concentraciones más altas se presentan en el elemento Mn, pero aún así es evidente la contaminación existente en el río debida a otros elementos tales como Ni, Pb, Zn, Fe y Co y, aunque no se tienen resultados de materia orgánica, la misma está presente ya que son vertidos desperdicios de sacrificios de animales y otros.

Concentraciones de NH_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4 y metales pesados.

Se observan concentraciones altas de NO_2 (30-40), NO_3 (30-32) y PO_4 (1.10-1.41) demostrándose la contaminación reciente con desechos orgánicos vinculados a las áreas urbanizadas. También es importante destacar que estas altas concentraciones pueden ser un indicador de la pérdida de la autodepuración del agua producto al volumen de desechos de tipo orgánico descargados en la corriente.



MEDIDAS DE MITIGACION.

- Crear una comisión para la Gestión y el Manejo Ambiental de las Cuencas a nivel inter municipal.
- Confección de un plan o programa de saneamiento de los vertidos en el área de las cuencas hidrográficas.
- Priorizar la recogida de basura urbana en las zonas de los núcleos poblacionales situados en las cuencas, para evitar el vertimiento espontáneo al río de desechos sólidos domésticos por parte de la población.
- Garantizar que las aguas residuales urbanas e industriales que vierten al sistema colector río Luyanó, antes de ser lanzadas al mismo, sean objeto de tratamiento primario (físico o químico) y secundario (biológico) mediante el establecimiento de las plantas de tratamiento correspondiente.
- Caracterizar y monitorear los efluentes industriales de cada entidad o empresa ubicada en las cuencas, para que cada una asuma el sistema de tratamiento adecuado de sus descargas a los ríos de cualquier tipo de sustancias susceptibles de provocar contaminación.
- Establecer un sistema de monitoreo de las aguas de los ríos, que permita realizar una vigilancia efectiva del mismo, así como establecer los parámetros de trabajo de las plantas de tratamientos.
- Las empresas y entidades individuales de los diferentes organismos ubicadas dentro de las cuencas deberán contar con un sistema de gestión ambiental que permita la evaluación y control sistemático de sus aspectos ambientales.
- Establecer en las entidades y empresas ubicadas dentro de las cuencas las auditorías ambientales con el objetivo de determinar si el sistema de gestión propuesto se cumple.
- Recuperación y rehabilitación de las áreas degradadas por las diferentes actividades económicas hasta el momento.
- El dragado que periódicamente se realiza en las proximidades de la desembocadura del río Luyanó altera considerablemente los procesos erosivos–acumulativos, generando una reactivación de los mismos en el área de la cuenca, en particular en los territorios más susceptibles (estos trabajos deben ser realizados por entidades competentes).
- Realizar la reforestación para los diferentes ecosistemas, especialmente en las márgenes de los ríos, que incluya el establecimiento de variedades adaptables a los mismos y el enriquecimiento de la diversidad en la flora, con vista a la neutralización de los procesos erosivos.
- Confeccionar un programa de información y educación ambiental dirigido a los núcleos poblacionales y comunidades que habitan la cuenca.
- Promoción y desarrollo de la gestión ambiental comunitaria que incluya la participación popular en la ejecución de acciones de mejoramiento ambiental.
- Realizar el estudio del medio ambiente socio–económico de las áreas de las cuencas por un personal especializado.
- Analizar la posibilidad de establecer la aplicación del impuesto al vertido a un bien público de residuales.
- Aplicar medidas de conservación del suelo en todas las áreas dedicadas a cultivos con o sin medidas de laboreo.
- Tomar medidas para evitar el crecimiento de cárcavas (reforestación, empalizadas de contención, etc)
- Los procesos erosivo–acumulativos, en particular el primero, puede ser reducido o minimizado a partir de la aplicación de medidas en las FPA, en especial áreas de cultivos.
- Tener en cuenta las características estructurales y geotécnicas estudiadas de las rocas a la hora de construir taludes artificiales para evitar derrumbes y deslizamientos y otros tipos de construcciones.



BIBLIOGRAFIA.

- Alonso, A. Y Garzón, G, 1997. Efectos sedimentarios de un río fuertemente antropizado: El Jarana, Madrid. Cuaderno Geología Ibérica, 22, pp 240- 265.
- Busque E, Casa E, Pintó B. et al. Técnica no destructiva para el reconocimiento de zonas contaminadas por vertidos. Geofísica Ambiental, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona. España 1996. Pp 73-82.
- Barrientos A, R. Carral, S. Gil, R.Pérez, R. Stout, J. Trff, N. Ponce, R. Rivada, M. Garcia, V. Strazhevich, A. Castellanos, J.L.Días, A. Gonzalez, J.A. Bastar, R.del Busto, A. Méndez, 1998. Estudio Integral Geólogo- Ambiental del Municipio Boyeros. Ciudad de la Habana. Instituto de Geología y Paleontología, p 104.
- Garcia J.M, Travieso H, Abreu O, et al. Evaluación de la carga contaminante efluente a la bahía de la Habana, aportada por los ríos Luyanó, Martín Pérez y arroyo Tadeo. Voluntad Hidráulica. 1980. pp 34-58.
- Ondrej D. The effect of the heavy metal soil contamination of the magnetic susceptibility, Acta Universitatis Carolinae. Geologia Nos. p 1-2. 1993.



RESULTADOS VINCULADOS CON LA EROSIÓN HÍDRICA EN LOS ESTUDIOS GEÓLOGOS AMBIENTALES DE LOS TERRITORIOS Y LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

Jorge Luis Díaz Comesañas, Rey Carral Chao, Ramón Rivada Suarez, Nyls Ponce Seoane, Adelaida Castellanos Silván, Yuri Nápoles Padrón.

Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Carretera Central. Municipio San Miguel del Padrón; Código Postal: 11000; Ciudad Habana.

E- mail: igpcnig@ceniai.inf.cu

RESUMEN

Como resultado de los Estudios Geólogo Ambientales realizados en los municipios capitalinos del Este de La Habana y en especial los desarrollados en las cuencas hidrográficas de los ríos Luyanó y Martín Pérez, en los cuales fueron aplicados análisis multidisciplinarios en diferentes temáticas (Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación, etc.), acompañados por recorridos del territorio, fue posible constatar las características de los procesos erosivos actuantes, los factores inducidos que más afectan, sus consecuencias. La experiencia acumulada será abordada en este trabajo, así como las recomendaciones para un manejo adecuado de los procesos erosivos.

ABSTRACT.

As a result of the environmental geology studies raised across the zone of Eastern Havana and specially in the hidrografic basin of the rivers Luyanó and Martín Pérez, in which were applicated some analysis in diferent themes (geology, Geomorfology, soil, vegetation etc.), accompanied with itineraries all over the place. It was possible to know the charactetistics of the now a day erosión process, the most important induced factors and its consequences.

The storage experience as well as the recomendations for mitigation proposals and the proper raling of the erosion process are main objects of this work.



INTRODUCCIÓN.

Existen en la actualidad varios métodos para evaluar la erosión hídrica. Desde los que miden las tasas de erosión o valores de la misma, hasta los que valoran el estado actual de la erosión y el riesgo de erosión o erosión potencial.

Existen evaluaciones directas e indirectas como mediciones en el terreno a partir de Parcelas de Erosión Tipo Estaca Gómez (Franco, 1999) y la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). También pueden ser realizadas evaluaciones del riesgo de erosión basadas en un solo factor (el de erosividad de la lluvia) o bien la combinación de varios Factores (del Val Melus, 1987).

Consideramos oportuno recomendar que la unidad espacial ideal para estudios de esta naturaleza son las cuencas hidrográficas, pues es allí donde, además de ocurrir este proceso primario, ocurre también la sedimentación de los materiales erosionados como parte del propio proceso. Es además la unidad cuyos límites son naturales, y donde en tales condiciones se mantiene un equilibrio de dichos procesos.

La necesidad de estudiar la erosión y otros procesos a ella vinculados (sedimentación, infiltración, escurrimiento, etc.) es vital y necesario para conocer en qué medida están siendo afectados los mismos por la actividad inducida generada por la ocupación humana. Esto permitirá priorizar las áreas o sub cuencas más afectadas, y aplicar las medidas oportunas para atenuar o mitigar en unos casos o eliminar en otros, los efectos destructivos de la erosión.

En la Estrategia Ambiental Nacional se enuncia como uno de los problemas fundamentales de nuestro país, la degradación de los suelos, de los cuales la erosión forma parte. Por tal motivo es una necesidad realizar estos y otros estudios, considerando aspectos cualitativos y/o cuantitativos o su combinación para poder realizar el manejo sostenible de la cuenca, que nos permita la utilización racional de los suelos, minimizando los efectos destructivos de la erosión.

El reconocimiento in situ del lugar, acompañado de estudios del relieve (largo e inclinación de las pendientes), vegetación, suelo, uso del suelo, etc., la interpretación de fotos y la utilización de un SIG, permiten conocer con bastante exactitud el comportamiento de la erosión y consecuentemente las medidas que resultan necesario aplicar para un mejor manejo de la cuenca o territorio estudiado.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los principales materiales para la ejecución de esta investigación fueron:

- Hojas cartográficas a escala 1:10 000
- Fotos aéreas a 1:13 000 del año 1972
- Jeep ó camioneta para los recorridos de campo.
- Computadora, digitalizador, impresora.
- Cámara fotográfica.
- Mapas Temáticos (vegetación, pendientes y altimetría).

La metodología de los trabajos consistió fundamentalmente en recorridos y observaciones de campo para la constatación de los principales impactos, apoyados en los resultados obtenidos de la interpretación de fotos aéreas.

A partir de la entrada y procesamiento de informaciones gráficas (mapas a escala 10 000 de pendientes, vegetación y altimetría) que fueron convertidas a formato digital, a través de la digitalización en el software AUTOCAD-12 con la ayuda del digitalizador Summagrafic MicroGrid v.1.1. Otras informaciones utilizadas como las curvas de nivel también se introdujeron de la misma manera.

Después de digitalizados y editados en AUTOCAD, cada uno de los mapas fue salvado en formato DXF y posteriormente introducidos en el programa IDRISI FOR WINDOWS, el cual es compatible con el software CARTA LINK, que ha sido diseñado para la entrada, almacenamiento y creación de datos, siendo también un medio para intercambiar datos entre el IDRISI Y otros softwares.

Dentro de las técnicas de geoprocésamiento utilizadas consistió en el cruzamiento (overlay) de mapas diferentes. Otro proceso utilizado fue el ponderado, en el cual se atribuyen pesos a los diferentes factores que están siendo analizados, de acuerdo a la importancia que tengan en el fenómeno procurado. Estos procedimientos fueron aplicados para la obtención del Mapa de Susceptibilidad a la Erosión.



RESULTADOS.

Mapa de Pendientes en grados con seis rangos de pendientes, posteriormente reclasificado en tres rangos para su posterior análisis: de 1 a 3, de 3 a 12 y de 12 a 45 grados.

Mapa de la red fluvial ordenada. (corrientes temporales y permanentes).

Mapa de susceptibilidad a la erosión con tres niveles.

A partir de los tres rangos de pendientes reclasificados y el relieve representado por las curvas de nivel se agruparon en tres rangos: de 1 a 20 m., de 20 a 40 m. de 40 a 80 m., y mayores de 80m. a los que se le asignaron los pesos uno, dos, tres y cuatro respectivamente.

La vegetación fue agrupada de la forma siguiente: vegetación ruderal peso 0, bosques, plantaciones y matorrales secundarios, se le asignó peso 1, al complejo de sabana se le asignó peso 2 y a las áreas de cultivo 3.

Los pesos asignados a cada una de las temáticas incluidas, se basó en la influencia mayor o menor de cada una de ellas vinculadas con la erosión, la más vulnerable se representaba con el mayor valor o peso dentro de los componentes de cada tema.

El análisis fue resultado de operar la suma de los diferentes temas considerados (overlay) dando como resultado el mapa de susceptibilidad a la erosión en tres categorías: baja, media y alta susceptibilidad.



DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

Fue elaborado el mapa de los ángulos de las pendientes a partir del cual pudimos separar las áreas en las cuales podían manifestarse procesos acumulativos (1-3) y un segundo rango (3-12) donde se manifiestan los procesos erosivos y erosivos - acumulativos. El tercer intervalo considerado fue de 12-45 grados, donde el predominio es de los procesos erosivos. En dependencia del nivel de cobertura existente, los dos últimos intervalos pueden tener respuestas diferentes a los procesos de erosión.

La ponderación de 1,5 y 10, se realizó atendiendo a que el mayor interés nuestro era la representación fundamental de los procesos de erosión por sobre los acumulativos.

Aunque la altimetría no reflejaba con tanta precisión el comportamiento de tales procesos, ella permite diferenciar una relación importante con el nivel de base general, el cual es un importante factor controlador de los procesos de erosión - sedimentación en una cuenca y por ello a pesar que el peso fue en aumento, no se le asignó una diferencia notable.

La cobertura vegetal juega un importante rol en la intensidad de los procesos erosivos en una ladera, para lo cual se asignaron los mayores valores a la vegetación que sufre mayor impacto desde el punto de vista que requiere laboreo y que una gran parte de su superficie permanece expuesta.

Fue también levantada y ordenada la red fluvial, la cual nos permite inferir que la mayor acción de los procesos del escurrimiento superficial concentrado, se vinculan con las corrientes de menor orden, y mayor intensidad de la erosión.

Fue posible a partir del análisis multi criterios (pendientes, altimetría y vegetación) lograr obtener un mapa de susceptibilidad a la erosión que permitiera no sólo conocer cuales son las sub cuencas más afectadas, sino qué medidas aplicar de acuerdo a la afectación, a pesar de la limitación de información y de tiempo.

El mapa de susceptibilidad reflejó de manera evidente su relación con las características del relieve y sus particulares morfológicas y morfométricas.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Además de las medidas para atenuar los efectos de la erosión en forma general para ambas cuencas, lo más importante de este estudio son las recomendaciones a tener en cuenta para futuros estudios de procesos erosivos.

1. En los casos de usos agrícolas, es de fundamental importancia analizar los ángulos de las pendientes y la dirección de los surcos, los cultivos que llevan procesos de laboreos y si se aplican medidas conservacionistas, lo cual hay que investigar en el terreno.
2. Toda actividad que genera rompimiento de las pendientes por cualquier tipo de acción local, requiere de una verificación en el terreno, pues ellas son las generadoras de procesos de acción acelerada de la erosión.
3. Las formas erosivas denominadas cárcavas, por su efecto tan rápido y perjudicial desde el punto de vista erosivo, requieren de medidas particulares para su control.
4. Los procesos erosivos en las cuencas hidrográficas de los ríos Luyanó y Martín Pérez se producen fundamentalmente en su periferia o límites (parteaguas), cuyo uso es fundamentalmente agrícola (frutales, plantaciones y cultivos) o terrenos baldíos, a los cuales hay que prestar especial atención en cuanto a medidas de conservación de los suelos como reforestación, sistema de terrazas, etc.
5. Una atención especial requieren las áreas aguas arriba de embalses y presas, donde por efecto de la sedimentación del material erosionado, pueden limitar su vida útil. Por tanto analizar que medida en cada caso resulta mejor para atenuar tales procesos.
6. No sólo debe considerarse la erosión laminar como resultado del escurrimiento difuso, Si no también la erosión concentrada por efectos de las líneas de flujo.
7. La elaboración de los mapas de disección vertical, disección horizontal e intensidad de erosión son elementos muy importantes que deben ser considerados en un análisis de ésta naturaleza.
8. Estos análisis deben ser acompañados por estudios de amenazas, fundamentalmente de inundación con las cuales están muy relacionadas los procesos de erosión y sedimentación..

BIBLIOGRAFÍA.

- BOCCO, G.; VALENZUELA, C. (1988) Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS.n4, p309-319.
- Del VAL MELUS, J. (1995) Factores que controlan los procesos de erosión - sedimentación. Instituto Geólogo Minero de España, Madrid.
- FRANCO, E. (1999) Procesos Erosivos. BID. COLCIENCIAS, Colombia.
- NOVO, T. ; DIAZ, I. Cuba su medio ambiente en el nuevo milenio (1998). Editorial Científico-Técnica. La Habana.

PROYECTO DE REHABILITACION AMBIENTAL DE LA CANTERA DE TOBAS PALMARITO DE CAUTO. MUNICIPIO JULIO A. MELLA. PROV. SANTIAGO DE CUBA.

MSc. María Caridad García Fabré, Téc Marcos Cadete La O.

Empresa Geominera de Oriente, Carretera de Siboney Km 2 ½ , Altura de San Juan. Santiago de Cuba.
E mail: geomin_stgo @ Stg_minbas. Cu.

RESUMEN

La extracción de los recursos minerales a cielo abierto implica unos períodos de tiempo de ocupación de los terrenos, por unos cuantos años, el abandono de estas áreas debe realizarse de una manera responsable, de forma tal que el terreno afectado vuelva a ser útil para un determinado uso, sin perjudicar el medio ambiente. La explotación de esta cantera ha producido y producirá daños importantes al Medio Ambiente local los cuales se recogen en este trabajo, planteando la rehabilitación de forma conjunta con la explotación, proponiendo llevar a cabo medidas para la recuperación de las áreas en explotación actual con la realización de trabajos de reacondicionamiento del terreno, reforestación y otros que conlleven a la eliminación total ó parcial de los daños al Medio Ambiente.

El objetivo central de este proyecto es: Buscar vías que permitan disminuir el impacto ambiental provocado por la explotación de la Cantera, con el fin de lograr el desarrollo de dicha explotación con el menor daño al medio ambiente posible.

El problema científico a resolver en este proyecto es: Determinar las acciones del proceso minero que afectan a los diferentes factores del medio ambiente de la cantera de tobas Palmarito de Cauto, la cual es la fuente de materia prima de la Fábrica de Cemento “José Merceron” de Santiago de Cuba en la producción de cemento Puzolánico, así como a la Fábrica de cemento Romano de la localidad de Palmarito, del municipio Mella, planteándose una serie de medidas que coadyuven a disminuir o erradicar dichas afectaciones.

Como principales aportes novedosos de se plantean: El análisis cuantitativo y cualitativo de los impactos ambientales que se producen en la cantera. La identificación de los factores ambientales más dañados por esta actividad en la zona. El establecimiento de un proyecto de rehabilitación ambiental que incluye medidas de mitigación para los componentes ambientales analizados.

En el estudio realizado se utilizó como técnica de identificación el esquema de Leopold, confeccionando una matriz de causa – efecto,

Como Conclusiones fundamentales de este trabajo fueron identificados y evaluados las principales acciones productoras de impactos al medio ambiente en la cantera los cuales son: las voladuras, perforación, el arranque y carga y la construcción de viales, así Como, los principales factores medioambientales que han sido y están siendo afectados por esta minería que son: el suelo, la atmósfera, el ruido y el pasaje, obteniéndose un plan para la rehabilitación medioambiental del territorio de manera coordinada con el proyecto de explotación.

ABSTRACT

Exploited areas abandoned by mining are of special responsibility go that the terrain must be recycled, as usually this are areas strongly damaged and should be rehabilitated such as recultivation for instance.

A The main aim of this project is to fend ways for reducing the ambient impact of developing open mines.

The scientific task of the project is the study for of the damage of mining to nature in Palmarito de Cauto tuff deposit for “José Merceron’ cement plant of Santiago of Cuba for production of puzolanic cement as well as Roman Cement Plan in Palmarito de Cauto (The Mella Region).

As new contributions this project affords the quality and quantity of ambient impact actions during open mining in the case of the tuff deposit for rehabilitation.

The study scheme included Leopold's method creating a Cause – Effect matrix giving as a result the mean conclusions of the work were indicated the principal causes of ambient impact such as explosions, drilling, roads as well as damages to soil, atmosphere, noise and views. A complete plan for rehabilitation joined to mining is offered.

INTRODUCCIÓN

Los minerales, los metales y sus productos derivados deben ser extraídos, concentrados, utilizados, reutilizados y abandonados en el medio del cual proceden, de manera consecuente con los principios del desarrollo sostenible y por tanto, ciertos productos, que en su ciclo de vida pueden plantear riesgos para la salud y el medio ambiente, debe ser controlados a lo largo de todo él.

La mayor parte de las actividades que desarrolla el hombre son, en menor o mayor grado, agresivas para la naturaleza. La minería, en sentido general es una actividad modificadora del medio ambiente, a causa de las actividades extractivas, constituyendo un uso temporal del suelo y si no existe una restauración posterior, las superficies abandonadas quedan en una situación de degradación sin posibilidades reales de aprovechamiento por otros tipos de actividades.

DESARROLLO

El yacimiento de Tobas "Palmarito", se ubica a uno 2 km al SE del poblado Palmarito de Cauto, en el municipio Julio A. Mella de la provincia Santiago de Cuba y en él, correspondiendo con los puntos de máximas reservas se ubica la Cantera.

La vegetación local es poco abundante, solo se presenta la leucaena (ipil- ipil) con gran abundancia, así como maniguas intercaladas, matorrales y comunidades herbáceas que son producto de la destrucción de la vegetación primaria por un fenómeno no natural en este caso la minería. La fauna de esta región está muy afectada por el alto grado de asimilación agrícola existente en general en la zona, encontrándose pequeñas comunidades de aves entre ellos sinsontes y otras especies de pequeños reptiles e insectos.

Estratigráficamente la Cantera Palmarito se ubica en la secuencia geológica que abarca las rocas de la Formación Sabaneta, las cuales fueron depositadas en el período que va desde el Paleoceno al Eoceno Medio. Estando constituida por una secuencia tobácea con variedades litoclásticas, vitroclásticas y sus diferentes combinaciones, así como por tufitas calcáreas.

Caracterización del Proyecto

La rehabilitación prevista en este proyecto, abarcará una superficie de 6.90 ha que es el área que estaba concesionada al inicio de este trabajo, la cual corresponde a las áreas de la cantera, la escombrera, espacios abiertos y los bordes de las vías de comunicación, aunque en estos momentos existe una ampliación de la concesión que abarca 20.35 ha incluyendo parte de los recursos medidos e indicados.

Ella posee un sistema de explotación que incluye escalones de altura variable entre 10 y 12 metros, bermas de seguridad de 8 metros de ancho y un ángulo entre 65° y 75°

En esta cantera el proceso de minería comprende las acciones siguientes:

1- Perforación y voladura: El movimiento de las rocas en minería es el inicio del ciclo normal de explotación, el equipamiento a utilizar se definirá según la resistencia del macizo rocoso. Estas tobas corresponden a un macizo de resistencia mecánica media, requiriendo el empleo de explosivos para realizar el arranque de las rocas y su preparación para su trituración posterior (mineral). En esta cantera se usan los explosivos para la perforación de los diferentes escalones, en el área en explotación actual, previéndose en este proyecto su uso según se reflejan en la tabla de indicadores básicos.

2- Acarreo, carga y transporte: El acarreo consistirá en la limpieza y apile de las rocas voladas, lo cual permitirá la creación de una plataforma limpia de rocas para facilitar la entrada del equipo de carga y de los camiones. El transporte del mineral y del estéril se realizará hasta la fábrica de Cemento Romano y hasta la escombrera la cual se situará a una distancia de 100 m aproximadamente.

3- Disposición del estéril (escombrera) y mineral: El estéril será transportado por camiones hasta las escombreras las cuales se prevé que alcancen hasta 20 m de altura.

4- Operaciones auxiliares: Estas operaciones incluyen arreglos mecánicos de los equipos, bombas de combustibles, etc

Caracterización de los impactos

El Impacto Ambiental se define, como la alteración que se produce en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad que se lleva a cabo (Vidal 97).

En el estudio realizado se utilizó como técnica de identificación el esquema de Leopold, confeccionando una matriz de causa - efecto (ver tablas I,II,III) determinando la Importancia del impacto (Ip) que expresa la importancia relativa del efecto de una actividad sobre un factor ambiental. Para determinar la Ip en cada actividad y acción se utilizó la siguiente fórmula y escala de medición:

$$Ip= 3I+2E+M+P+R$$

Tabla I: Escala de Medición para determinar la Importancia del Impacto.

Características	Escala de Medición				
	Baja -1	Media-3	Alta-7	Muy Alta-10	Tot.-15
I					
E	Puntual-1	Parcial-3	Extenso-7	Total-10	
M	Largo plazo-1	Mediano plazo-3	Inmediado-7		
P	Fugaz-1	Temporal-3	Pertinaz-7	Permanente-10	
R	Corto plazo-1	Mediano plazo-4	Largo plazo-8	Irreversible-12	

Las tablas II y III representan los impactos producidos, mostrando en las columnas las operaciones mineras que provocan cambios en el medio (denominándose como A_#) y en las filas los factores ambientales afectados por estas acciones (denominándose F_#). La importancia del efecto de la actividad sobre el componente se refleja en las casillas, obtenidas de la ponderación de éstos dos elementos. Las alteraciones producidas por esta explotación se definen en general, por los impactos más importantes en los grupos siguientes:

Suelo (F₁):

A₁: Este componente provoca grandes impactos ya que en el mismo se cambia la morfología de toda la parte afectada por la construcción provocando riesgos en la estabilidad del terreno, este impacto es negativo, parcial y reversible a mediano plazo su recuperación.

A₂: Este impacto es importante ya que con el se afecta el área donde se está ejecutando, se afecta por la construcción de plataformas y el mismo proceso perforador, provocando la pérdida del suelo y en general la afectación es negativa, puntual y reversible a corto plazo su recuperación.

A₃: Su impacto es negativo ya que toda la parte del suelo expuesto al proceso será destruido, provocando la pérdida total del suelo natural, cambio en la morfología y riesgos sobre los terrenos a causa de la alteración de los factores que estabilizan el medio físico (movimiento de laderas, etc.) este impacto es negativo, extenso e irreversible.

A₄: Es importante ya que con él ocurre una pérdida total del mismo, cambiando la morfología del terreno en general es negativo, extenso e irreversible.

A₅: Esta acción provocará la compactación del suelo con el paso constante de los equipos en el proceso, también causará la pérdida de éste suelo en esa área provocando un impacto negativo, parcial y reversible a largo plazo.

A₆: Con él se cambia la morfología del terreno, provocando la pérdida del suelo en el área, este daño es negativo, local y reversible a largo plazo.

A₇: Es importante ya que al depositarse material sobre él se producirá la compactación del mismo y con ello un cambio en su morfología, aunque debemos decir que estas escombreras no serán de grandes proporciones, el impacto será negativo, extenso y reversible a largo plazo.

Atmósfera (F₂):

A₁: En este proceso el impacto es negativo ya que en él se utilizan equipos cuya combustión provocará gases nocivos además de que se generará polvos que también afectaran este factor, es negativo, extenso e irreversible

A₂: Este provoca la emisión de gases y polvos los cuales afectan grandemente al medio es de carácter extenso, negativo e irreversible.

A₃: Esta operación provocará un impacto negativo ya que al igual que la perforación en este proceso se producirá gran emisión de gases, así como de partículas sólidas debido al arrastre de polvos es de carácter extenso, negativo e irreversible.

A₄: En este proceso también se afectará este factor ya que en el mismo se utilizarán equipos que generan gases y afectan al ambiente, así como también se generan polvos producto del manejo del material, este impacto es extenso, negativo e irreversible.

A₅: Es importante ya que la combustión del transporte utilizado provoca afectaciones al medio, también durante el traslado del material se provocará emisión de polvos, es de carácter extenso, negativo e irreversible.

A₇: La acumulación de materiales provoca la emisión de polvos los cuales afectaran directamente a la atmósfera siendo de carácter extenso, negativo e irreversible.

Agua (F₃):

A₁: Es importante ya que provoca el cambio de los cursos de las aguas superficiales y con ello la infiltración de esta hacia el manto freático en esta área, es de carácter parcial, negativo e irreversible.

A₂: Es importante pues puede provocar la contaminación de las aguas subterráneas debido al arrastre de finos hacia estos niveles, es de carácter parcial, negativo e irreversible.

Ruido (F₄):

Afecta a todas las acciones A₁, A₂, A₃, A₄ y A₅ su origen está en la utilización de explosivos y durante la perforación ya que se producen ruidos, vibraciones, ondas aéreas y proyecciones, las cuales a excepción del ruido, se pueden evitar grandemente con un buen diseño de las voladuras. El ruido puede provenir también de las maquinarias e incidir negativamente sobre la fauna, este daño es reversible, local y temporal.

Flora y Fauna (F₅ y F₆):

A₁: Este es importante ya que provoca la tala de árboles y la destrucción de la vegetación existente y con ello la pérdida del hábitat natural de la fauna, lo cual puede ocurrir también por el ruido generado, es negativo, local y reversible.

A₂: En este proceso también se provoca la destrucción de la flora existente, lo cual junto con el ruido producido provoca la pérdida del hábitat de la fauna, es negativo, local y reversible.

A₃: Provoca la eliminación de toda la cubierta vegetal y con ello la fauna pierde su medio de vida, el polvo provocado puede impedir la respiración de las plantas y el ruido hace migrar las especies animales que allí existen, es negativo, local y reversible.

Nivel de vida (F₇):

Manifestado en la alteración del modo de vida, ya que afecta la vida tradicional, en el sistema económico con aumento, generalmente el nivel de empleo, servicios, etc y con ello el aumento del nivel de vida, en el patrimonio cultural, se pueden ver afectados algunos elementos de éste, este es positivo, local y temporal.



Tabla II. Matriz de Identificación de los daños Ambientales producidos en la Cantera Palmarito de Cauto

Factores Ambientales	Acciones Productoras de Daños						
	Infraestructura	Operaciones de Explotación				Modificaciones fisiográficas	
	Construcción de vías	Perforación	Voladuras	Arranque y carga	Transporte de materiales	Creación de huecos	Formación de escombreras
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
Suelo (F1)	•	•	•	•	•	•	•
Atmósfera (F2)	•	•	•	•	•		•
Agua (F3)	•	•	X			X	X
Ruido (F4)	•	•	•	•	•		
Vegetación (F5)	•	•	•	X	X	X	X
Fauna (F6)	•	•	•	X	X	X	X
Nivel de Vida (F7)	•				•		

Tabla III Matriz de Importancia de los daños Ambientales producidos en la Cantera Palmarito de Cauto

Factores Ambientales	Acciones Productoras de Daños						
	Infraestructura	Operaciones de Explotación				Modificaciones fisiográficas	
	Construcción de vías	Perforación	Voladuras	Arranque y carga	Transporte de materiales	Creación de huecos	Formación de escombreras
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
Suelo (F1)	-49	-62	-73	-20	-26	-60	-30
Atmósfera (F2)	-47	-42	-77	-32	-20		-25
Agua (F3)	-26	-19	-30			-16	-15
Ruido (F4)	-31	-35	-16	-18	-18		
Vegetación (F5)	-33	-30	-19	-13	-9	-18	-20
Fauna (F6)	-33	-31	-27	-10	-9	-13	-12
Nivel de Vida (F7)	+38				+30		

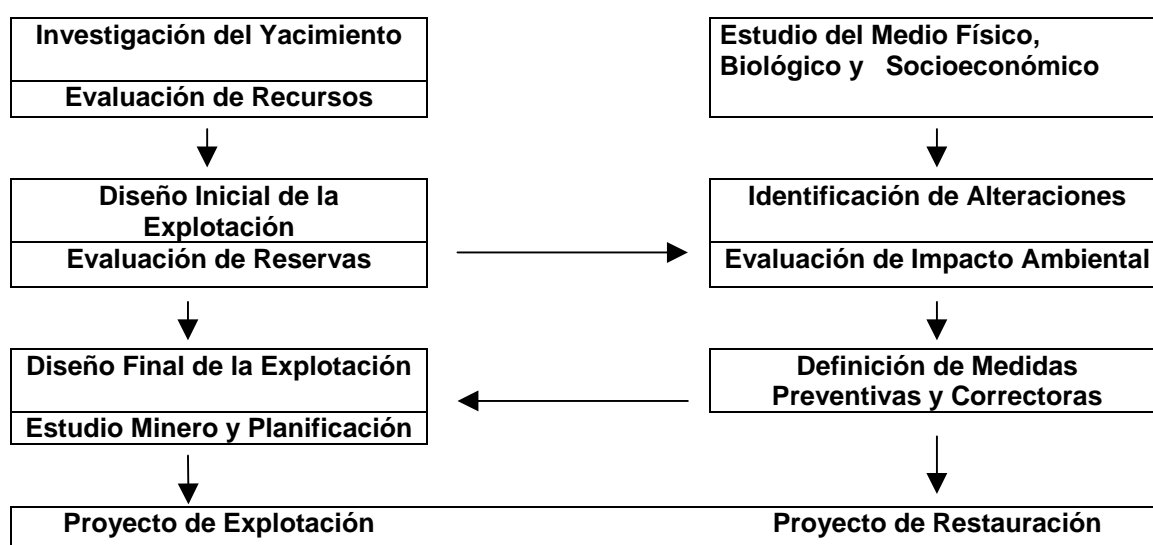
REHABILITACIÓN DEL MINADO ANTIGUO DE LA CANTERA

Diagnóstico Ambiental del Proyecto de explotación del Yacimiento Palmarito de Cauto

En la concepción, elaboración y confección del proyecto de explotación, no se tuvo en consideración la elaboración coordinada de este con el proyecto de rehabilitación

Al no considerarse la Elaboración Coordinada entre estos dos Proyectos (E.C.P), se estableció el uso transitorio de los recursos minerales evaluados del sector en recursos medidos e indicados, pero no se estableció la recuperación de las capacidades productivas originales o uso alternativo en función de las condiciones derivadas de los ecosistemas existentes.

Figura I. Elaboración del plan de rehabilitación de manera coordinada con el proyecto de explotación (Jimeno 88).



La problemática anterior se evidencia de la siguiente forma:

En las cotas 180 m y 170 m, se prevé avanzar todo el tiempo con un frente, desnudándose una gran superficie sin rehabilitar por varios años, incluso décadas. Los frentes avanzaran en sentido de la zona rehabilitada y a la carretera por lo que la actividad minera será visible una gran parte del tiempo que dure la explotación. Las ondas de la explosión se transmitirán hacia las viviendas cercanas y serán audibles desde la carretera y el poblado. No se prevé dejar mineral sin extraer para crear pantalla. No se prevé la rehabilitación inmediata, continua y sistemática paralelamente con la explotación. El vuelo de las rocas se realizará hacia la zona de la apertura y la zona poblada, constituyendo un riesgo. Queda al criterio del explotador si realiza escombrera o no y de hacerla siempre es exterior. No se prevé conservar el suelo ni el material superficial. No se prevé combatir el polvo (riego de agua) cuando se realicen los trabajos de carga y transporte.

Teniendo en cuenta este diagnóstico, a la hora de plantear la rehabilitación de la Cantera de Tobas Palmarito de Cauto se tuvo en cuenta lo siguiente:

Considerar los criterios planos, fotos, etc, existentes para la rehabilitación minera. Estudio de las características visuales con el objetivo de ocultar o alejar elementos del observador (camino minero, escombreras, equipos, etc.). Utilizar el cerramiento visual de la cantera. Modelado del hueco final (relleno de áreas, voladuras de descabezamientos, surcados, etc.). El emplazamiento y diseño de la escombrera

considerando la fisiografía del entorno. Considerar la rehabilitación progresiva de la mina. Prever el futuro uso del terreno efectuar, señalizaciones y cerramientos

En la figura II, se muestra el plano de los 25 años de explotación según el proyecto de la cantera Palmarito de Cauto, del cual resulta este proyecto de rehabilitación. Como se aprecia, al comenzar la explotación se debe dejar una franja de mineral sin extraer, para que el mismo sirva de pantalla visual, sembrándose árboles por encima y por debajo de la cota 170, hasta la altura del prisma del mineral y unos 5 metros por debajo, estos se sembrarán con una distancia de 1 metro entre ellos.

Los frentes generales de avance se inclinarán para evitar la observación visual desde la línea férrea y la carretera. La rehabilitación para los minados antiguos se realizará a partir de que la plazoleta de trabajo sea mayor de 30 m en el escalón inferior, se recomienda fragmentar las cargas de las voladuras en el tiempo, utilizando microretardo para evitar el polvo, amortiguar las ondas sísmicas y sonoras y con ello causar el menor daño al medio.

El destape del escalón superior (cota 180) y de los extremos del escalón inferior se irá depositando en el minado antiguo, o sea, se utilizaría en cada minado el material de la escombrera anterior y una vez extraído éste se pasaría a la inmediata rehabilitación de la misma con la reforestación de ella.

La pendiente en la explotación de la cantera será mínima para evitar que se produzcan grandes arrastres en la época de lluvia, teniendo en cuenta que estas rocas son de gran poder de absorción. Todos los nutrientes quedarán almacenados, permitiendo el intercambio de la capa vegetal lográndose una mayor fijación de ésta al suelo. El remodelado planteado está encaminado a conformar pendientes moderadas y también a establecer un sistema de drenaje eficaz.

El objetivo de las medidas correctoras es minimizar los impactos previstos para la explotación minera

Entre las medidas que se deben tomar en las áreas en explotación están:

1. Contra la emisión de polvo, tanto en la explotación como en las pistas de transporte y planta de tratamiento, se debe realizar el riego de pistas y acopios de material, utilizar colectores de polvo durante la extracción, realizar una planificación y control del tráfico de vehículos de transporte, el riego de las pistas más frecuentadas, la creación de pantallas de vegetación que actúen como pantallas visual, sónica y contra el mismo.
2. Para evitar los ruidos y vibraciones durante la extracción, carga, transporte, se deben utilizar compresores y perforadoras de bajo nivel sónico, revisión y control de los silenciadores de los motores, etc.
3. Para atenuar las vibraciones y ondas sísmicas producidas por las voladuras necesarias para el arranque del mineral, se utilizarán explosivos de baja densidad, preparación de desacoplamiento o espaciado de la carga, cubrir el cordón detonante en toda su longitud, etc.
4. Realizar la compactación de las escombreras para disminuir los huecos en el suelo, así como, el oxígeno necesario para su oxidación.
5. Reforestar las áreas explotadas e inactivas, en la cantera, escombreras y áreas vinculadas a las anteriores, sembrándose en la primera fase especies vegetales de rápido crecimiento, como el ipil-ipil, herbáceas, etc. y en una segunda fase, especies vegetales de rendimiento económico o paisajístico como frutales, árboles maderables, etc.

Entre las medidas a llevar a cabo en las Escombreras se encuentran:

1. Realizar la compactación de ellas para disminuir huecos en el suelo, así como, el oxígeno necesario para su oxidación.
2. Dar pendientes adecuadas a las plataformas y bermas para impedir acumulaciones e infiltraciones del agua de lluvia caída sobre la escombrera.

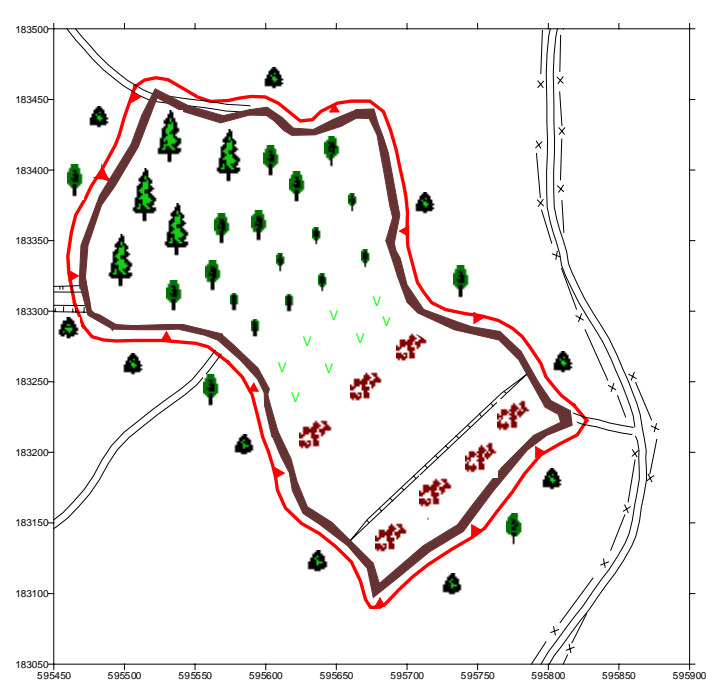
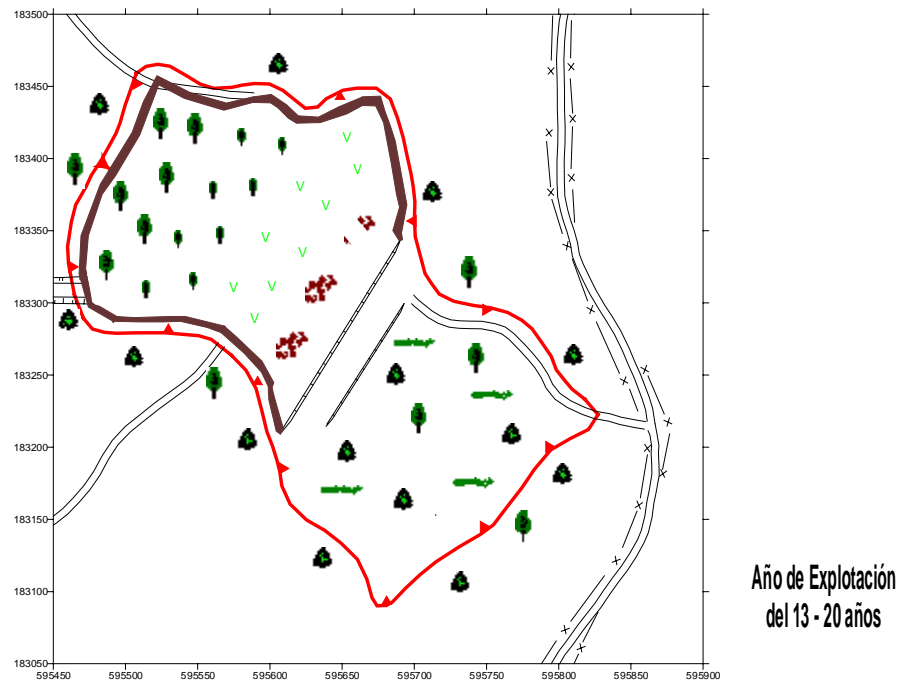
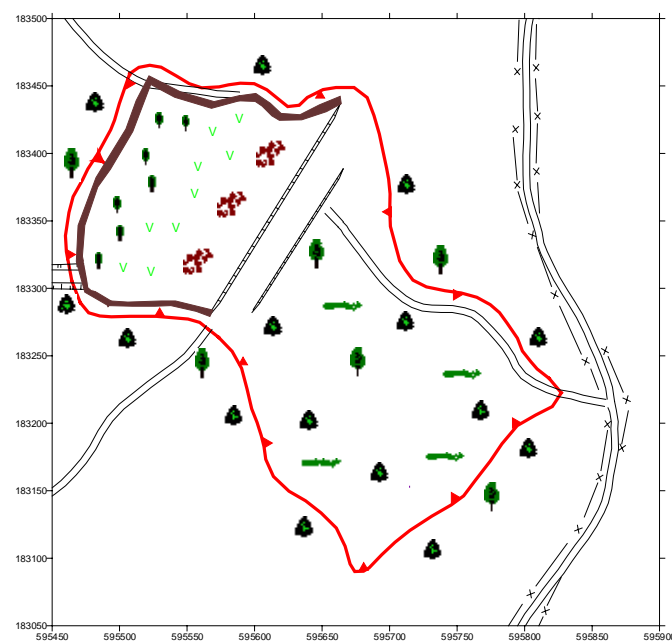
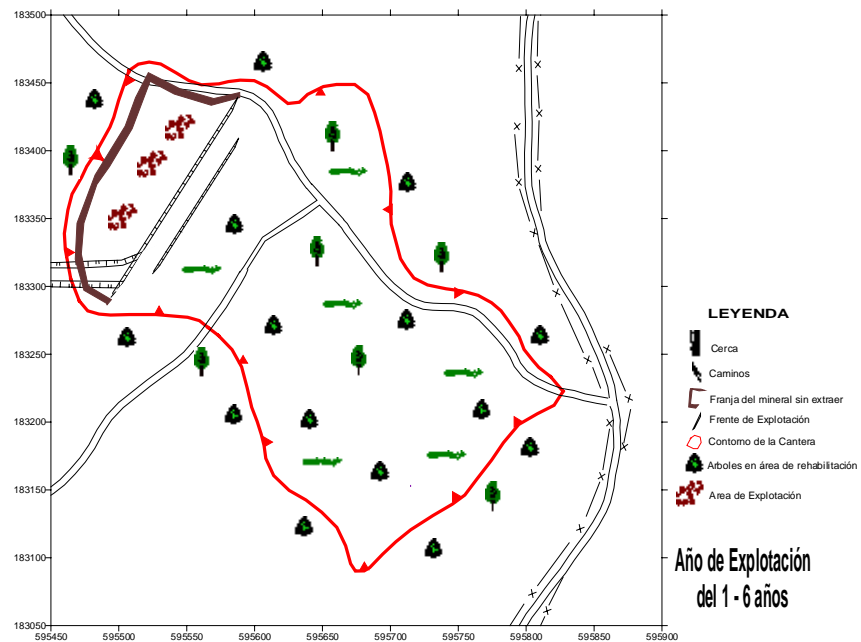
3. Debe tenerse en cuenta los criterios básicos como, ocultación, aprovechando obstáculos naturales del terreno, y alejamiento de los focos principales de observación (carreteras, pueblos, etc.).
4. Ocultar o enmascarar las escombreras mediante la creación de pantallas que dificulten la observación de elementos visualmente desfavorables (grandes escombreras, huecos, etc.).
5. Evitar que la altura de ellas sobrepase la cota altitudinal del entorno para que así no destaque en la línea del horizonte, teniendo siempre un cerramiento visual más apto para absorberla e integrarla.
6. Para asegurar la estabilidad y control de la erosión de la escombrera estas deben ser lo más estrechas posibles y con bordes redondeados.

Conclusiones

1. El área que ocupa la cantera de tobas Palmarito de Cauto ha sido y está siendo sometida a un intenso proceso de degradación medioambiental.
2. Como resultado del presente trabajo fueron identificados y evaluados las principales acciones productoras de impactos al medio ambiente en la cantera los cuales son: las voladuras, perforación, el arranque y carga y la construcción de viales.
3. Los principales factores medioambientales que han sido y están siendo afectados por esta minería son los siguientes: el suelo, la atmósfera, el ruido y el pasaje.
4. Se ha obtenido un plan para la rehabilitación medioambiental del territorio de manera coordinada con el proyecto de explotación.
5. El aumento de las explotaciones mineras a cielo abierto puede llegar a convertirse en un obstáculo en la relación desarrollo - medio ambiente, de no tomarse medidas que contrarresten su impacto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Armijos Pereira M. (1997): "Rehabilitación Ambiental de los terrenos Minados en la Mina El Cobre". Trabajo de Diploma. I.S.M.M. Moa. Holguín.
2. Carcedo F. J. (1989): " Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería". p 321 ITCE. Madrid.
3. EPM. S.A (1994): "Manual de restauración de terrenos y Evaluación de Impacto Ambiental en Minería". ITGE 2da Edición
4. Gómez Orea D. (1988): "Evaluación de Impacto Ambiental(EIA)". Instituto de Estudios de Administración Local Madrid.
5. López Jimeno (1988): "La restauración de Canteras a través de un diseño más racional" .Consejería de Industrias.Canaria. España.
6. Miranda José (1997): "Rehabilitación de Areas Minadas". Curso de Maestría en Medio Ambiente. Moa Holguín.
7. Rizo Rolando (1990): "Informe sobre el resultado de los trabajos de Exploración Orientativa y Detallada. Escala. 1:2000 del Yacimiento Zeolita Palmarito de Cauto en la provincia Santiago de Cuba, según cálculo de reservas de Enero del 90", Archivo Técnico de la E.G.M.O.
8. Rodríguez José (1999): " Geoquímica Ambiental" Curso de Maestría en Medio Ambiente Físico. Notas de Clase. Ciudad Habana
9. Sacasas León C. (1999): "Estudio de Impacto Ambiental". Notas de Clase. Curso de Maestría en Medio Ambiente Físico. Ciudad Habana.
10. Vidal Pedro (1997): "Proyecto de Rehabilitación Ambiental del área minada en la Mina El Cobre. Provincia Santiago de Cuba". Tesis de Maestría en Medio Ambiente. Especialidad explotación de georecursos. Moa. Holguín.
11. Yazbek Bitar O. (1995): "Recuperación de Areas degradadas por Actividades de Explotación Minera". p 72-78, UNESCO.



ESQUEMA DE LA VEGETACIÓN ACTUAL Y SUS PRINCIPALES IMPACTOS EN LA LLANURA COSTERA CÁRSICA SEPTENTRIONAL DE LAS PROVINCIAS HABANERAS.

Yuri Nápoles Padrón⁽¹⁾, Ramón Rivada Suárez⁽²⁾, Jorge L. Díaz Comesañas⁽³⁾.

(1), (2), (3) Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Carretera Central. Municipio San Miguel del Padrón; Código Postal: 11 000; Ciudad Habana. E-mail: igpcnig@ceniai.inf.cu

Resumen

Con el fin de evaluar el estado actual de la vegetación en la llanura costera cársica septentrional de las provincias habaneras, como parte de los estudios geólogo-ambientales que se llevan a cabo en dicha zona, así como determinar los principales impactos sobre la misma, se realizó un estudio mediante la combinación de la interpretación de fotos aéreas, hojas topográficas, imágenes de satélite y las correspondientes observaciones de comprobación en el campo, lo que permitió la confección de un esquema a escala 1: 50 000, en el cual se separó la vegetación del área según los criterios de Capote y Berazaín(1984), además de proponer una serie de medidas para la mitigación de los impactos.

Abstract

The study of the vegetation present state and its main impacts has been made as a complement of the environmental geology studies on the sententrional karstic evennesss of Havana Provinces. These results were achieved by combining the interpretation of the aerial photos, topographical maps, satellite images and the verifications across the zone. All this helped elaborate a vegetation map (scale 1: 50 000) following the criteria of Capote and Berazaín (1984), besides we offer some proposals to mitigate the impacts.

Introducción

El carso se haya bien desarrollado y extendido por todo el Archipiélago cubano, constituyendo el medio acuífero más importante, pues la mayoría de los recursos hídricos subterráneos se encuentran en regiones cársicas. La vegetación en general contribuye a evitar la erosión del suelo impidiendo el rompimiento del equilibrio natural del relieve, limitando así los procesos denudativos de la superficie terrestre. En las regiones cársicas la cobertura vegetal juega un papel importante en la protección del suelo y su humedad, frenando el escurrimiento de las precipitaciones lo que favorece la infiltración, contribuyendo así al desarrollo de los acuíferos subterráneos.

En nuestro trabajo, como parte del estudio de Geología ambiental que se llevó a cabo en la llanura costera cársica septentrional de las provincias habaneras, nos propusimos la confección de un esquema a escala 1: 50 000 que reflejara la distribución actual de las formaciones vegetales en dicha zona, así como determinar los principales impactos sobre las mismas, además de proponer una serie de medidas para la mitigación de estos.

Antecedentes

La vegetación original del área en estudio estaba formada mayormente por la formación arbustiva de Matorral xeromorfo costero y subcostero (manigua costera), y en menor proporción por formaciones arbóreas tales como el Bosque semideciduo mesófilo y el Bosque de mangles, este último dispuesto principalmente en grupos aislados localizados en algunas bahías, como las de Cabañas, Mariel, La Habana, y en la desembocadura de algunos ríos como el Justiz y el Guanabo (Del Risco, 1989; Muñiz, 1989).

Históricamente el impacto fundamental sobre la vegetación original ha sido la destrucción de la misma en gran parte del área de estudio, quedando reducida a pequeños parches aislados que, según Vilamajó et al (1987), por su gran riqueza florística, presencia de endémicos, alto valor paisajístico, su fragilidad y dudosa renovación, deben ser protegidos.

En la zona de interés se han propuesto las reservas naturales de El Caribe, Rotilla, Bellavista y Bacunayagua, las que forman un complejo de vegetación costera único en la provincia de La Habana y posiblemente uno de los más conservados de toda la isla, en el que están incluidos los complejos de vegetación de costa arenosa y rocosa, el Matorral xeromorfo costero y subcostero y el Bosque semideciduo mesófilo, con la presencia de 24 especies endémicas, de las cuales son únicas de esta región *Leptocereus wrightii* León., *Rhytidophyllum crenulatum* DC. y *Psidium munizianum* Borhidi (Vilamajó et al, 1987).

Materiales y métodos

El levantamiento de la información relacionada con la vegetación del área de estudio se realizó mediante la combinación de la interpretación de fotos aéreas (Vuelo Soviético K-10, 1: 37 000, 1972), las hojas topográficas (1: 50 000, 1978-1984), imágenes de satélite (XS-SPOT, 1987; TM-LANDSAT, 1996) y las correspondientes observaciones de comprobación en el campo, lo que permitió la confección de un esquema a escala 1: 50 000 en el cual se separó la vegetación del área en 5 tipos principales: Formaciones arbóreas, Formaciones arbustivas, Comunidades herbáceas, Vegetación ruderal y Cultivos, según la clasificación de Capote y Berazaín(1984).

Resultados y Discusión

Características de las formaciones vegetales presentes según Capote y Berazaín(1984).

FORMACIONES ARBÓREAS:

Bosque semideciduo mesófilo.

Bosque con presencia de elementos caducifolios del 40-65 %, con arbustos y herbáceas escasas; poco desarrollo de las epífitas y abundancia de lianas. Presenta árboles con hojas de aproximadamente de 13-26 cm de longitud. Con dos estratos arbóreos, el superior de 15–25 m, formado mayormente por árboles deciduos, con la presencia de emergentes y palmas de hasta 25 m de altura. En el área de estudio aparece fundamentalmente cubriendo las alturas costeras que van desde Boca de Jibacoa hasta Puerto Escondido.

Bosque de mangles(manglar):

Presenta un estrato arbóreo de 5-15 m de altura; árboles con raíces zancudas y pneumatóforos; sin estrato arbustivo, con herbáceas y trepadoras presentes. Se encuentra en zonas bajas y cenagosas como las bahías de Cabañas y Mariel y en la desembocadura de algunos ríos como Banes, Justiz, Guanabo, Jaruco y Jibacoa.

FORMACIONES ARBUSTIVAS:

Matorral xeromorfo costero y subcostero (manigua costera):

Matorral con arbustos y árboles emergentes achaparrados con elementos deciduos mayormente esclerófilos, micro y nanófilos, espinosos; con presencia de suculentas; con palmas, herbáceas y lianas. Común sobre calizas costeras.

COMUNIDADES HERBÁCEAS:

Sabanas:

Comunidades con un estrato herbáceo desarrollado; con árboles y arbustos dispersos; presencia de palmas y trepadoras; en general especies heliófilas. En el área en cuestión, dentro de las Comunidades herbáceas, predominan las Sabanas antrópicas (producto del manejo humano),

presentándose en forma de pastizales, cultivos abandonados o simplemente como terrenos en desuso.

Vegetación ruderal:

Comunidades vegetales que se desarrollan en los medios o estaciones construidos por el hombre.

COMPLEJOS DE VEGETACIÓN

Complejo de vegetación de costa rocosa:

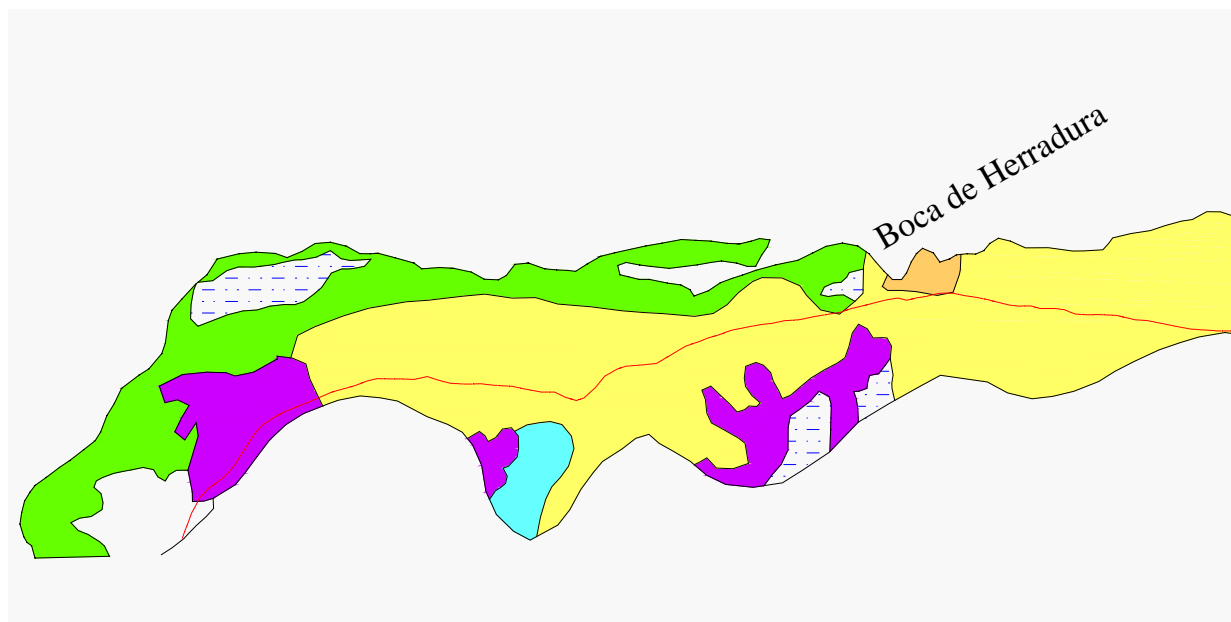
Comunidades abiertas, con suculentas; arbustos pequeños a veces achaparrados; herbáceas presentes. Ocupa una franja estrecha de la costa, sobre el “diente de perro” que está un poco alejado del rompiente.

Complejo de vegetación de costa arenosa:

Formada por plantas herbáceas y subfruticasas dispersas, entre las que pueden aparecer especies arbóreas, mayormente de mangles o la uva caleta (*Coccoloba uvifera*). Se presenta sobre la duna costera.



FRAGMENTO DEL ESQUEMA DE LA VEGETACIÓN ACTUAL (escala 1: 50 000)



- FORMACIONES ARBOREAS
- FORMACIONES ARBUSTIVAS
- CULTIVOS
- COMUNIDADES HERBACEAS
- LAGUNAS
- VEGETACION RUDERAL
- RIOS
- CARRETERAS

Principales impactos sobre la vegetación

Las principales fuentes de destrucción de la vegetación original han sido la urbanización, la explotación maderera, la ganadería y la agricultura.

En el caso de la urbanización, producto de la pavimentación del suelo, se ha eliminado el estrato vegetal y los espacios que no han sido cubiertos están ocupados por la vegetación ruderal.

En las zonas donde se ha practicado la ganadería se ha llevado a cabo el desmonte para la siembra de pastizales y en el caso de las zonas agrícolas se ha hecho lo mismo para la siembra de cultivos.

Por otra parte en los ríos muy contaminados (Quibú, Almendares, Martín Pérez, Luyanó y Cojímar) la vegetación acuática ha desaparecido. De igual forma sucede en las bahías muy contaminadas donde los mangles costeros (*Rhizophora mangle*) prácticamente han desaparecido (Boca de Santa Cruz) o bien ya no existen (Bahía de La Habana) debido a los altos niveles de contaminantes allí presentes.

El Complejo de vegetación de costa rocosa, se ve afectado en las zonas de explotación petrolífera (al oeste de Boca de Jaruco y al este de Puerto Escondido) producto del derrame de petróleo crudo en los alrededores de los pozos de extracción, y en la línea litoral debido a que es traído (proveniente de los barcos) por las olas del mar y depositado sobre el diente de perro como se apreció en la zona de Playa Amarilla.

El Complejo de vegetación de costa arenosa, el cual evita en gran medida la erosión de la duna costera, aparece impactado frecuentemente por la construcción de casas, puntos de venta, vertimiento de basura y por el paso continuo de los bañistas como se apreció en la zona de Santa María y Guanabo.

Medidas de mitigación

- Enviar mediante emisarios al mar, previo tratamiento los lixiviados y tratar de aprovechar el biogas que se desprende de los mismos en centrales minieléctricas.
- Garantizar que las aguas residuales urbanas e industriales que vierten al sistema cársico, antes de ser lanzadas al mismo, sean objeto de tratamiento primario (físico o químico) y secundario (biológico) mediante el establecimiento de las plantas de tratamiento correspondientes.
- Caracterizar y monitorear los efluentes industriales de cada empresa o entidad ubicada en la zona de estudio, para que cada una asuma el sistema de tratamiento adecuado de sus descargas al carso de cualquier tipo de sustancias susceptibles de provocar la corrosión cársica y de provocar la contaminación de las aguas.
- Recuperar y rehabilitar mediante proyectos específicos las áreas degradadas por las diferentes actividades económicas. Dentro de la rehabilitación se debe prestar especial atención a la realización de la reforestación para los diferentes ecosistemas, especialmente en las terrazas costeras, que incluya el establecimiento de variedades autóctonas con vistas al enriquecimiento de la diversidad biológica.

Conclusiones

- La vegetación original del área en estudio (Matorral xeromorfo costero y subcostero, Bosque semidecíduo mesófilo, Bosque de mangles, Complejos de vegetación de costa rocosa y arenosa) a quedado reducida a pequeños parches aislados.
- Las principales fuentes de destrucción de la vegetación original han sido la urbanización, la explotación maderera, la ganadería y la agricultura y la contaminación de las aguas superficiales.

Bibliografía

-Capote, R.P. y R. Berazaín. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. Rev. Jard. Bot. Nac. , 2(5): 27-25.

-Del Risco, R.E. 1989. Mapa de la vegetación original de Cuba; 1: 2 000 000. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.

-Muñiz, G. O. 1989. Vegetación a principios del siglo XVI, Provincia Ciudad de la Habana; 1: 250 000. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía de la Academia de ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.

-Vilamajó, D.; Capote, R. P.; Ricardo, N.; García, E.E. y Montes, R. L. 1987. La vegetación entre Herradura y Bacunayagua, costa norte de la Provincia de La Habana, Cuba. Acta Botánica Cubana. , 49: 1-15.

PRINCIPALES PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES EN LA LLANURA CÁRSICA COSTERA SEPTENTRIONAL DE LA HABANA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

Nyls Ponce Seoane, Roberto Gutiérrez Domech, Rey Carral Chao, Jorge I. Díaz Comesañas, Adelaida Castellanos Silvén, Santa Gil González, Yuri Nápoles Padrón, Ramón Rivada Suárez.

*Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Carretera Central. Municipio San Miguel del Padrón;
Código Postal: 11 000; Ciudad Habana. E-mail: igpcniq@ceniai.inf.cu*

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación ha sido el estudio de los procesos naturales que pueden ser acelerados por la acción humana desarrollada en la Llanura Cársica Costera Septentrional de la Habana. y cuyos resultados exponemos.

Los principales problemas medioambientales que se observan en esta región son provocados por el uso humano que se hace del territorio. Este origina los impactos que la afectan y son las causas continuas de su deterioro ambiental.

Los problemas medioambientales detectados en la Llanura cársica septentrional de las provincias habaneras están relacionados con el crecimiento poblacional, el desarrollo agrícola e industrial. De los principales de ellos, en el trabajo, se ofrece el inventario, ubicación y una breve descripción. Se señalan también los aspectos que son necesarios acometer en esta región a corto, mediano y largo plazos, con la finalidad de proteger el medio receptor(región cársica)de los problemas provocados por los impactos poblacionales, industriales y agropecuarios para la mitigación y eliminación de cualquier efecto dañino, tanto para el hombre como para los recursos naturales.

SUMMARY

The present investigation's objective had been the study of the natural processes which can be accelerated by the human action developed in the Plain Northern Coastal Karstic of the Havana and whose results expose.here.

The main environmental problems that are observed in this region are caused by the human use that one makes of the territory. This originates the impacts that affect it, and they are the continuous causes of their environmental deterioration.

The environmental problems detected in the Plain northern karstic of the Havanan counties are related with the populational growth, the agricultural and industrial development The work offers the inventory.of the main of them, the location and a brief description. They are also pointed out the aspects that are necessary to attack in this region to short, medium and release terms, with the purpose of protecting the means receptor(karstic region)of the problems caused by the populational, industrial and agricultural impacts for the mitigation and elimination of any harmful effect, as much for the man as for the natural resources.



INTRODUCCIÓN.

Características geoambientales del territorio.

El área o región de estudio donde se realizó el inventario de las afectaciones al medio ambiente cársico, se corresponde, casi totalmente, con la región natural “Llanuras y Alturas del Norte de la Habana-Matanzas”, limitándose la investigación a la Llanura Costera Septentrional de las provincias habaneras solamente. Es decir, comprendió desde la margen este de la bahía de Cabañas, en el extremo occidental de la provincia de La Habana, hasta el abra del río Bacunayagua, que constituye el límite político administrativo entre las provincias de La Habana y Matanzas. Hacia el sur el polígono de estudio no alcanza las elevaciones que constituyen los bordes meridionales de la región natural Llanuras y Alturas del Norte de la Habana-Matanzas.

La Región de los trabajos comprende las llanuras y alturas que dominan la porción litoral y sublitoral de la costa atlántica de las provincias habaneras, las cuales representan un paisaje característico de las costas de emersión, que se repite con variaciones locales en otras regiones naturales de Cuba. Estos espacios naturales ocupan las porciones septentrionales de los municipios costeros de La Habana, Ciudad de La Habana.

Limita al norte con las aguas atlánticas del Estrecho de la Florida, al sur con la Llanura Ariguanabo-Almendares-San Juan; en tanto que al oriente con la Llanura de Colón y en el extremo occidental con la Llanura Norte de Pinar del Río y la Sierra del Rosario.

Esta región natural se extiende de este a oeste en una longitud de unos 165 km, con anchuras que oscilan entre 3 y 12 km, en una superficie de 2 025 km².

Comprende las llanuras cársicas litorales de la costa norte habanera, que se extienden de forma ininterrumpida desde la bahía de Cabañas hasta el río Bacunayagua, sobre todo entre la bahía de la Habana y este último río, tramo en el cual se alternan con las magníficas playas del este de la capital (El Mégano, Santa María del Mar, Boca Ciega, Guanabo), así como las de Jibacoa y Arroyo Bermejo, en el territorio habanero.

Desde el punto de vista paisajístico se corresponde con una llanura seca a medianamente seca, abrasivo-acumulativa, sobre rocas sedimentarias carbonatadas, con matorrales latifolios y parcialmente colonizada con pastos y plantaciones de henequén en el norte, y caña de azúcar hacia el oeste. En el centro sur el paisaje está compuesto por llanuras denudativas y alturas, formadas en rocas vulcanógenas y vulcanógeno-sedimentarias, cubiertas por pastos, matorrales secundarios y caña de azúcar.

Desde el punto de vista geomorfológico es necesario destacar la presencia bien marcada de varios niveles de terrazas marinas, subaéreas y submarinas que constituyen un rasgo distintivo, pues se pueden observar incluso dentro de la capital, en las avenidas Paseo y G (Avenida de los Presidentes), entre otros lugares y a lo largo de la Vía Blanca, carretera que une las ciudades de La Habana y Matanzas, paralela a la línea de costa. En el lugar conocido por Rincón de Guanabo, la autopista transcurre sobre una terraza emergida, entre el talud de una superior, donde pueden observarse “nichos de marea” o colgadizos y una sumergida. Estos ejemplos se repiten a todo lo largo del recorrido.



Muchas de las elevaciones de la región, así como las llanuras litorales septentrionales, que son nuestra zona de estudio, presentan numerosas formas cársicas, además de constituir ellas mismas mesoformas cársicas del relieve. En éstas pueden observarse formas superficiales, como extensos campos de lapíes y dolinas, que en algunos sectores han sido cubiertos por suelos artificiales para posibilitar el cultivo de pastos, y subterráneas, entre las cuales las más notables pueden considerarse la cueva de los Sacrificios y la cueva de la Virgen, en Ciudad de La Habana y el área de Boca de Jaruco, en Santa Cruz del Norte.

Las llanuras litorales están formadas en las rocas de la Cobertura Neógeno-Cuaternaria, principalmente calizas arrecifales y biocalcarenitas, las elevaciones anteriormente mencionadas están formadas por rocas carbonatadas que van desde las margas, margas calcáreas y margas silicificadas del Eoceno Inferior al Superior, que afloran en los flancos interiores, hasta calizas, calizas arcillosas y margas del Mioceno y Plioceno, que pueden encontrarse en el flanco exterior de estas.

Esta región está atravesada por numerosas corrientes fluviales entre las que pueden destacarse, de oeste a este: los arroyos Santiago, San Claudio, la Dominica o San Francisco, este último regulado mediante la construcción de un embalse; el San Juan, que desemboca en la bahía del Mariel, seguido hacia el este por un grupo de pequeñas corrientes, reguladas por las presas Mosquito, la Coronela, Maurín y Niña Bonita. En el área urbana de la capital, la llanura está atravesada por los ríos Quibú, Almendares, Luyanó y Martín Pérez, muy contaminados por aguas albañales domésticas y residuos industriales. Más hacia el este numerosas corrientes atraviesan de sur a norte el llamado Valle de la Victoria, (estructura positiva, devenida depresión por los efectos de la erosión), como son los ríos Cojimar, Bacuranao, arroyos La Zarza, la Coca, San Miguel y Palmarejo, resultando también regulados con fines de abasto de agua a la población y regadío, así como los ríos Tarará, Justiz, Guanabo, Jaruco, Santa Cruz, Canasí, y Arroyo Bermejo.

Los acuíferos subterráneos son, casi en su totalidad cársicos, y están limitados a la zona costera. Su utilización se ve limitada, pues se encuentran frecuentemente contaminados por la intrusión marina y por el vertimiento de residuales y aguas albañales.

El clima está fuertemente influido por la cercanía de la costa, por lo cual la temperatura media anual varía solo entre 24 y 26 grados centígrados, en tanto que la precipitación media anual es del orden de 1200 a 1400 mm. La humedad relativa, a las 0700 horas, está cercana a la media nacional (85-90 %) de la mayoría de los territorios costeros septentrionales.

Los suelos son en su mayor parte Fersialíticos, de los tipos Pardo Rojizo Típico y Ferralítico Rojo Típico. De cualquier manera la faja costera de este sector, entre la bahía de Cabañas y la bahía del Mariel, dentro del área de estudio, es compleja y notablemente diferente al resto de la franja litoral hasta Matanzas, pues los territorios llanos presentan diversos orígenes, que van desde llanuras acumulativas, formadas en rocas sedimentarias carbonatadas y terrígeno-carbonatadas y cortezas de intemperismo caoliníticas y cuarcíticas, así como depósitos arenosos, con suelos ferralíticos cuarcíticos, pero también ferralíticos amarillos lixiviados y arenoso-cuarcíticos, hasta llanuras denudativas formadas en rocas volcánicas, vulcanógeno-sedimentarias y metamórficas, por lo cual pudiera subdividirse, a su vez, en varias unidades de menor rango. Predomina una llanura acumulativa fluvio-marina, compuesta por

depósitos arcillosos y arenosos, muy modificada por el hombre, ocupada parcialmente por restos de bosques semidecíduos, pastos y plantaciones de caña de azúcar.

La constitución geológica es, en este sector, hacia la zona litoral, de depósitos cuaternarios del Holoceno, donde se alternan: limos, arcillas y arenas aluviales, con depósitos carbonatado-terrágenos y turbosos de pantanos. En el extremo nordeste de este sector, afloran rocas del Cretácico Inferior-Superior (Albiano - Cenomaniano), donde abundan las areniscas, calizas silicíticas, brechas, conglomerados, tufitas y tobos.

El valor de la erosión actual de los suelos puede considerarse medio hasta muy fuerte, como consecuencia de la despoblación forestal y las actividades culturales. La acidez de los suelos puede llegar a valores extremos ($\text{pH} < 4,0$). La agroproductividad oscila entre poco productivo hacia el sur, hasta medianamente productivo, hacia el norte.

Presenta poco desarrollo de carso, localizándose este de forma principal en la zona de la premontaña de la Sierra del Rosario y en sitios específicos de la zona litoral.

La humedad relativa está en este sector entre 85 y 90 % pero en las zonas microclimáticas pueden alcanzar valores mayores.

MATERIALES Y METODOS.

Los principales materiales para la ejecución de esta investigación fueron:

- Hojas cartográficas a escala 1:50 000
- Fotos aéreas a 1:37 000 del año 1972
- Imágenes de satélite (XS-SPOT de 1987 y TM-LANDSAT de 1996) con resoluciones espaciales de 20 y 25 metros respectivamente.
- Jeep Was ó camioneta Mitssubishi para los recorridos de campo.
- Computadora, digitalizador, impresora.
- cámara fotográfica.

La metodología de los trabajos consistió fundamentalmente en recorridos y observaciones de campo para la constatación de los principales impactos, apoyados en los resultados obtenidos de la interpretación de fotos aéreas y el procesamiento digital de las imágenes de satélite, utilizando para esto último el sistema de tratamiento de imágenes "SPRING", desarrollado por el Instituto de Pesquisas Espaciales (INPE) de Brasil.

RESULTADOS.

El resultado de los trabajos realizados conforme a los objetivos propuestos se reflejó en el inventario de los problemas medioambientales detectados y que se expone seguidamente:

1. Vertimiento de residuales líquidos industriales, por derrames y escapes, directamente a la superficie de los campos de lapiéz, cubiertos o desnudos, sin tratamiento alguno, lo cual produce afectaciones probables al manto subterráneo, formación de gases y la aceleración de la corrosión cársica.

Ejemplo: Ronera Santa Cruz (369.150 – 405.900)



2. Vertimiento de residuales líquidos industriales en corrientes fluviales, a través de canales no recubiertos. Afectaciones al manto y a todo el aparato cársico debido a la infiltración de los líquidos.
Ejemplo: Central Habana Libre, el cual vierte sus residuales a una zanja que desagua en el río Banes, que a su vez atraviesa toda la llanura cársica (354.550 – 335. 150).
3. Vertimiento de residuales líquidos domésticos en el mar, en corrientes fluviales o acuatorios naturales o artificiales. Afectaciones al manto y a todo el aparato cársico. Afectaciones a la biota, contaminación de los acuatorios.
Ejemplo: Canal a la laguna Doctor, de playa Baracoa (358.650 – 338.900); playa el Chivo 370.250 – 362.500); bases de campismo popular.
4. Colocación de desechos sólidos y cenizas en la superficie del terreno carsificado. Afectaciones al paisaje y posible contaminación por lixiviación de elementos químicos. Creación de focos de vectores.
Ejemplo: Basureros clandestinos en las cercanías (camino paralelo a la carretera Panamericana) del Salado (Camino a la comunidad Menelao Mora, aproximadamente a lo largo de la coordenada 355 N, entre 328.100 y 330.850); camino al chucho Luciano (355.950-328.300 – 354.500– 328.800), Playa Baracoa, Central Habana Libre (355.500-340.500), Guanabo (entre 370.00- 371.00 y 383.00-386.00), canteras al sur del Salado (356.950-350.900), etc.
5. Vertimiento de residuales líquidos, industriales y pecuarios, directamente en formas cársicas de absorción (sumideros, cuevas y dolinas) sin tratamiento. Provoca contaminación del manto, aceleración de la corrosión cársica y producción de gases.
Ejemplo: Planes agropecuarios al oeste de la Habana.
6. Lanzamiento de desechos sólidos al interior de cuevas y cavernas, lo cual provoca introducción de vectores, alteraciones de la flora y fauna de las cavidades y por consiguiente de la biota hipogea.
Ejemplo: Cinco Cuevas (369.00-397.550), cueva de Las Muelas (370.500-397.500), Boca de Jaruco, cueva Tarará I (371.00-376.800), Habana del Este.
7. Utilización de formas cársicas como letrinas o para verter albañales. Provoca la contaminación del medio subterráneo y la probable del manto acuífero.
Ejemplo: Cueva del Jagüey (371.750-395.500), Boca de Jaruco.
8. Utilización inconsulta o desautorizada de cuevas o cavernas con fines económicos o de la defensa, lo cual puede provocar la destrucción de pictografías, petroglifos, residuarios arqueológicos, yacimientos paleontológicos, contaminación del manto, extinción de colonias de murciélagos, desaparición de especies importantes de la biota y alteración de los valores estéticos, beneficiosos también para el turismo.
Ejemplos: No se señalan por discreción.
9. Cubrimiento o recubrimiento de la superficie del lapies con desechos sólidos (del basurero de Cayo Cruz) de diverso tipo para crear suelo que sirva de sostén a pastos y cultivos. Posible contaminación con metales pesados por lixiviación de elementos químicos)



- Ejemplo: Rincón de Guanabo, Habana del Este, hasta El Caribe, Santa Cruz del Norte (alrededor de la coordenada 372.00-390.00-394-00).
10. Explotación de canteras. Afectaciones estéticas, destrucción de formas del relieve carsificado; destape de cavidades, destrucción de yacimientos fosilíferos.
Ejemplo: Canteras de “piedra Jaimanitas”, entre Playa Baracoa y Playa Salado (al norte de la carretera Panamericana (entre las coordenadas 360.00-370-00). Cantera “José M. Torres”, en la carretera playa Baracoa a Bauta (356.600-341.00) afectaciones por producir grandes cantidades de polvo.
 11. Apertura no autorizada de canteras. Afectaciones estéticas al paisaje y a la explotación turística. Creación de foco de vectores, explotación irracional de recursos.
Ejemplos: canteras al sur del Salado (356.950-350.900); en el camino C. Habana Libre – Playa Salado (355.500-340.500)
 12. Extracción indiscriminada de guano de murciélago. Destrucción del sustrato orgánico, afectación de las formaciones secundarias, destrucción de residuarios arqueológicos y yacimientos paleontológicos.
Ejemplo: Cuevas de las Cenizas (371.250-398.950) y de los Murciélagos, de Galeras, en Peñas Altas (370.100-399.600)
 13. Realización, sin control, de excavaciones, con fines de búsqueda de tesoros. Alteración de la biota, destrucción de residuarios arqueológicos y yacimientos fosilíferos.
Ejemplo: Cuevas de San Martín (370.450-397.300), las Muelas (370.500-397.500), el Vaho (371.750-398.500), de Las Cenizas (371.250-398.950), en Boca de Jaruco, Santa Cruz del Norte.
 14. Explotación excesiva de acuíferos cársicos, por encima del rendimiento seguro, con contaminación por intrusión salina. Inutilización para su empleo con cualquier fin.
Ejemplo: Pozos en las zonas de Quiebra Hacha, Mariel, Guanabo, Rincón de Guanabo.
 15. Relleno de cavidades cársicas para utilización de maquinaria agrícola o con fines de prevención de caída de animales, con el consiguiente cambio en las vías naturales del escurrimiento.
Alrededores de las cuevas del Coronel (371.900-390.400) y de Caupolicán (371.650-390.700) en el Rincón de Guanabo; granjas agropecuarias entre playa Baracoa y el Salado, municipio Bauta.
 16. Destrucción específica de sitios arqueológicos en cavernas por excavaciones no autorizadas de coleccionistas o recolectores de guano de murciélago.
Ejemplo: Cuevas de San Martín (370.450-397.300), Las Muelas (370.500-397.500), del Vaho (371.750-398.500).
 17. Destrucción específica de yacimientos paleontológicos en cavernas y otras formas cársicas por excavaciones no autorizadas de coleccionistas o recolectores de guano de murciélago.
Ejemplo: Cueva del Vaho (371.750-398.500).
 18. Vertimiento de petróleo en la superficie del lapies.
Ejemplo: Alrededores del Rincón de Guanabo, el Caribe y Boca de Jaruco.

19. Utilización de zonas cársicas por urbanizaciones perennes o estacionales no autorizadas, lo que trae como consecuencia la utilización de las formas cársicas como depósitos de los desechos domésticos y la afectación incontrolada del relieve cársico.

Ejemplo: Poblado en la Playa Herradura.

20. Abandono de construcciones edificadas con fines específicos lo cual conlleva a cambios de uso, acumulación de desechos y refugios para vectores.

Ejemplo: comunidades militares entre Quiebra Hacha y Mariel.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los principales problemas medioambientales que se observan en ésta región son provocados fundamentalmente por el uso humano que se hace del territorio. Este origina los impactos que la afectan y en su descripción, estarán indisolublemente vinculados con el uso y ocupación del terreno.

En general, el crecimiento poblacional y el desarrollo agrícola e industrial en áreas urbanas y rurales son causas continuas del deterioro ambiental. Ellos alteran y destruyen ecosistemas y recursos naturales que aseguran la vida de los asentamientos humanos.

Las regiones cársicas no son una excepción, por lo que los problemas medioambientales detectados en la llanura cársica septentrional de las provincias habaneras están relacionados con el crecimiento poblacional, el desarrollo agrícola e industrial, es por eso que al describir la diversidad de los mismos, se agrupan en relación con éstas actividades económicas fundamentales.

1. Problemas medioambientales relacionados con el crecimiento poblacional.

Los asentamientos humanos y el crecimiento y desarrollo urbanístico en ésta región han originado alteraciones del relieve y de las formas cársicas, alteraciones del escurrimiento superficial, cambios en el régimen hidrodinámico de las aguas subterráneas y salinización de acuíferos por explotación y sobre-explotación de pozos; contaminación de acuíferos por pozos, fosas y letrinas para la evacuación de los albañales; afectaciones al paisaje por basureros, afectaciones a la vegetación natural y al suelo; recubrimiento de las formas y el relieve cársicos y relleno de oquedades cársicas en el substrato rocoso mediante inyecciones de cemento en construcciones civiles para evitar subsidencias y colapsos; y degradación del patrimonio espeleológico, arqueológico y paleontológico por su utilización con fines económicos y para la defensa.

Por todo el litoral norte habanero, en la zona cársica investigada, durante siglos se han desarrollado pueblos y ciudades que han afectado las formas y procesos cársicos, así como las funciones naturales con ellas relacionadas.

Las principales ciudades y pueblos que se encuentran en la zona son: Ciudad de La Habana, Mariel, Guanabo, Boca de Jaruco y Santa Cruz del Norte. Además, existen numerosos núcleos poblacionales más pequeños, concentraciones de algunas viviendas y viviendas aisladas que, en su conjunto, causan y contribuyen a hacer más complejos los problemas señalados.

Así, el impacto de ocupación de todos estos asentamientos ha conducido, obligatoriamente, a los cambios del relieve y las formas cársicas, al desplazamiento de la vegetación natural autóctona y al recubrimiento de las mismas debido al propio crecimiento y desarrollo urbano: viviendas, calles, infraestructuras urbanas, redes, etc. Esto ha conllevado, a su vez, a cambios en el régimen natural del escurrimiento superficial de las aguas. En general las aguas se aceleran al correr por las calles y vías asfaltadas ó se retardan y provocan inundaciones en determinadas zonas bajas cuando parte de la infraestructura urbana (drenaje pluvial) se encuentra en mal estado y no encuentran las aguas por dónde infiltrarse o escurrir naturalmente por encontrarse la superficie cársica cubierta por las construcciones.

Al mismo tiempo las construcciones urbanas han traído cambios en el paisaje que pueden ser positivos o negativos en correspondencia con sus formas y variedades arquitectónicas.

2 Problemas medioambientales relacionados con la actividad industrial.

Las áreas industriales ubicadas en el polígono de estudio han originado impactos de ocupación que han producido los siguientes problemas: pérdida del substrato rocoso por trabajos mecánicos de construcción y por lixiviación química; alteraciones locales del relieve y de las formas cársicas; alteración local del escurrimiento superficial; afectaciones a la vegetación; contaminaciones por efluentes líquidos y de desperdicios sólidos.

En la llanura y elevaciones cársicas norte se han desarrollado una serie de industrias que han originado problemas medioambiental en sus zonas de influencias. Las principales de ellas son: termoeléctricas, industria del cemento, ronera, papelera, de extracción petrolera, turística y la de extracción de materiales de construcción. Otras industrias como la azucarera, ubicada fuera del área de la zona investigada, extiende su influencia hasta la misma.

3. Problemas medioambientales relacionados con la actividad agropecuaria.

Alteraciones, afectaciones y pérdidas provocados al escurrimiento superficial, suelo y vegetación causados generalmente por la erosión, arrastre y acumulación del material friable; y contaminaciones debido a la ocupación del terreno por pastos y ganaderías, cultivos varios (henequén, yuca, vegetales, etc.) y cañaverales fundamentalmente, en los cuales se utilizan fertilizantes, hierbicidas, maquinarias agrícolas, etc.

De estas áreas, las que mayores espacios ocupan en la zona investigada, son las de pastos y ganadería vacuna cuya actividad provoca generalmente compactación y agrietamiento de los suelos.

Se tiene conocimiento que residuales líquidos y sólidos agropecuarios son vertidos directamente en sumideros, cuevas y dolinas sin tratamiento alguno esto provoca la contaminación del manto, la producción de gases así como el aceleramiento de la corrosión cársica.

La extracción indiscriminada del guano de murciélago con fines de fertilización afectan las formaciones cársicas secundarias, así como la destrucción de restos arqueológicos y de yacimientos paleontológicos.



CONCLUSIONES.

Las conclusiones de este trabajo son las medidas de mitigación concretas, propuestas para resolver los variados problemas que afectan esta área de gran importancia económica.

Propuesta de Medidas de Mitigación.

La solución de los principales problemas medioambientales de la región cársica Llanuras y Alturas Septentrionales de las provincias habaneras debe ser visto como un enfoque sistémico e integrado y no como solución aislada de los enunciados en el presente informe, pues ellos se concatenan en sus consecuencias y efectos sobre el ser humano.

Dada esta realidad, resulta imprescindible señalar aquellos aspectos que son necesarios acometer en esta región y darle solución a corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de proteger el medio receptor (región cársica) de los problemas provocados por los impactos poblacionales, industriales y agropecuarios para la mitigación y eliminación de cualquier efecto dañino, tanto para el hombre como para los recursos naturales; por lo que cada sector de la economía, de acuerdo con la legislación ambiental vigente, debe acometer y responsabilizarse con estas medidas.

Se recomiendan las siguientes medidas a realizar:

- Organizar el sistema de manejo de desechos sólidos de forma tal que:

- Evite el vertimiento espontáneo de residuales sólidos por parte de la población en canteras abandonadas, cavernas, zonas de lapiés costero, etc. mediante una recogida priorizada y organizada.
- Organizar la disposición de los residuos sólidos en basureros ordenados, bien administrados y que permitan una vez en el basurero darle una futura utilización.
- Enviar mediante emisarios al mar, previo tratamiento los lixiviados y tratar de aprovechar el biogas que se desprende de los mismos en centrales mini eléctricas.
- Garantizar que las aguas residuales urbanas e industriales que vierten al sistema cársico, antes de ser lanzadas al mismo, sean objeto de tratamiento primario (físico o químico) y secundario (biológico) mediante el establecimiento de las plantas de tratamiento correspondientes.
- Caracterizar y monitorear los efluentes industriales de cada empresa o entidad ubicada en la zona de estudio, para que cada una asuma el sistema de tratamiento adecuado de sus descargas al carso de cualquier tipo de sustancias susceptibles de provocar la corrosión cársica y de provocar la contaminación de las aguas.
- Las empresas y entidades individuales de los diferentes organismos de la Administración Central del Estado ubicadas dentro de la zona de estudio deben contar con un sistema de gestión ambiental que permita la evaluación sistemática y el control de sus aspectos ambientales.
- Establecer en las entidades y empresas ubicadas dentro de la zona de estudio, las auditorías o diagnósticos ambientales con el objetivo de determinar si el sistema de gestión propuesto se cumple.



- Recuperar y rehabilitar mediante proyectos específicos las áreas degradadas por las diferentes actividades económicas. Dentro de la rehabilitación se debe prestar especial atención a la realización de la reforestación para los diferentes ecosistemas, especialmente en las terrazas costeras, que incluya el establecimiento de variedades autóctonas con vistas al enriquecimiento de la diversidad biológica.
- Suprimir la realización de pozos para el vertimiento de los albañales urbanos a manto en las zonas cársicas. Crear la infraestructura de alcantarillado correspondiente en esas áreas.
- Utilizar racionalmente las cuevas y cavernas para evitar la destrucción de los yacimientos y residuarios arqueológicos existentes en ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CRÓSTA, S. (1989). Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. UNICAMP, Campinas, 170p.
- Gutiérrez Domech,. R. y Rivero Glean,.M. (1997). Minigeografía de Cuba. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, 158p.
- Rivas V. Cendrero A. (1993). Transformación de Espacios Naturales Litorales en espacios humanizados. En: estudios territoriales. Vol.1. No. 98. Pag. 533-552.



EL PRIMER INVENTARIO FORESTAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA REALIZADO CON IMÁGENES SPOT-XS

**Dámaso R. Ponvert-Delisle Batista ¹; José Luis Gil ¹; Reinaldo Sánchez ¹;
Orlando Alvarez, ¹; Bárbara Agüero ¹; Omar Molina ¹; Eliecer Aguiar Serrú, ¹ y
Felipe Carrillo ¹**

¹GEOCUBA-La Habana Loma y 39, Nuevo Vedado, C. Habana CP 10600
Boyerros. Telf: (537) 55-5459, Fax: (537) 24-2869

RESUMEN

Teniendo en cuenta la necesidad de conocer con suficiente precisión la extensión que ocupan las masas forestales en el país, se precisaba de una evaluación y actualización rápida de la superficie cubierta por bosques naturales y plantaciones. Esto originó la concepción del Proyecto "Inventario Forestal Nacional de la República de Cuba a escala 1: 100 000, obtenido mediante técnicas de teledetección". Para cumplimentarlo, se utilizó una metodología desarrollada por los autores, que se apoya en tres pilares: i) el Procesamiento Digital de Imágenes; ii) la Cartografía Digital y iii) los Trabajos de Campo. Para desarrollar el primer aspecto, se utilizaron imágenes Spot-XS, las cuales recibieron un pre-procesamiento, como resultado del cual se obtuvieron Espaciomaps de cada uno de los trapecios a la escala indicada. Se realizaron otros procesamiento digitales a las imágenes para extraer información temática sobre las categorías forestales, utilizando el enfoque de reconocimiento supervisado. Todo el procesamiento digital se efectuó con los software ER-Mapper V6.0 y Tn Estudio V1.2. El segundo aspecto comprendió el diseño, edición y salida cartográfica con el Autocad Map R2. La mayoría de los elementos cartográficos se obtuvieron de las imágenes, utilizando técnicas de vectorización, pero el relieve digital fue extraído de las fuentes cartográficas tradicionales. Los trabajos de campo, se orientaron en dos direcciones: la primera, en apoyo a la interpretación de las imágenes y la selección de los campos de muestra de las clases forestales y la segunda, para la verificación de la clasificación temática. Como resultado del trabajo, se obtuvieron los mapas a escala 1:100 000, con las categorías de interés forestal de la región de estudio. La clasificación obtenida demostró la efectividad de la metodología desarrollada por los autores lo que permite extenderla al resto del país para completar el inventario forestal.

ABSTRACT

Keeping in mind the necessity to know with enough precision the extension occupy by the forest masses in the country, was necessary an evaluation and quick bring up to date of the covered surface for natural forests and plantations. This situation give us the idea of a project entitle National Forest Inventory of the Cuban Republic at 1: 100 000 scale using remote sensing imagery. A methodology developed by the authors was used. It include: i) the Digital Image Processing; ii) the Digital Cartography and iii) the field work. To develop the first aspect, the Spot-XS pre-processing images were used. As a result, Space Images of each one from the trapezes to the suitable scale was obtained. Supervised image recognition techniques were used to extract thematic



information on the forest categories. All the digital image processing was made with ER- Mapper V6. 0 and Tn Estudio V1. 2 software. The digital cartography included the design, edition and cartographic exit with Autocad Map R2. The majority of the cartographic elements were obtained from images, using vectorial techniques, but the relief, in digital form, was obtained from the traditional cartographic sources. The field works, were guided in two addresses: the first one, to support the image interpretation and the field samples selection of the forest classes, and the second, to verify the thematic classification. As a result, the maps with the interest forest categories at 1: 100 000 scale from the studied region were obtained. The classification obtained demonstrated the effectiveness of the methodology developed by the authors, being possible to extend it to do the inventory at the rest of the country.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL TRAMO HIDROGEOLOGICO P II-1 EN LA PROVINCIA DE PINAR DE RIO.

Autores: Gustavo Puentes Pereda ⁽¹⁾, Ariadna Suárez Rojas ⁽¹⁾, Jorge de Armas Luis ⁽²⁾.

(1) Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca y Línea de Ferrocarril, San M. Del Padrón. CP 11 000, Ciudad de La Habana, Cuba. Email: igpcnig@ceniai.inf.cu

(2) Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Protección de Cuencas y Aguas Delegación Pinar del Río. Km 2¹/₂ Carretera a Luis Lazo. Pinar del Río.

RESUMEN.

El estudio del Impacto Ambiental de la actividad antrópica sobre las aguas del tramo hidrogeológicas P II-1, que forman parte de la cuenca Sur de la provincia de Pinar del Río, tiene como finalidad la evaluación del estado actual del medio físico y en particular del subsistema "Aguas terrestres".

Se ha realizado una descripción preliminar de todos los factores y subfactores que integran el medio físico, permitiéndolos además conocer el sentido de circulación de las aguas subterráneas de dicho tramo, así como sus zonas de alimentación y las vías a través de las cuales se está agrediendo actualmente la calidad de las aguas superficiales y subterráneas de la zona.

Como principales acciones generadoras de impactos se han identificado las siguientes:

- Vertido de albañales domésticos sobre las principales cuencas hidrográficas de la zona.
- Aumento del contenido de nitratos de las aguas subterráneas originado por diferentes causas, siendo la principal la fertilización de cultivos (tabaco).
- Incremento de la intrusión salina de las aguas subterráneas producto de un mal manejo de la explotación de las mismas, tanto en este tramo como en los aledaños.

La principal afectación de la zona ha sido la nitrificación, siendo su evaluación crítica.

Se han planteado una serie de medidas correctoras para minimizar o mitigar dichos impactos y se ha confeccionado un plan de monitoreo y control, adecuado para el seguimiento de la situación actual y la evolución del medio, una vez que se implanten las medidas correctoras señaladas.

SUMMARY

The study of the Environmental Impact of the antropic activity on the waters of the P II-1 section hidrogeologic that are part of the South basin of the Pinar del Rio province, has ained at the evaluation of the current state of the physical means and in particular of the subsystem terrestrial Waters."

It has been carried out a preliminary description of all the factors and subfactores that integrate the physical means that allow us to know the sense of circulation of the underground waters of this section, as well as their feeding areas and the roads through which is being attackeed the quality of the superficial and underground waters of the area at the moment.

As main generating actions of impacts the following ones have been identified:

Poured of domestic sewers over the main hidrográfico basins of the area.

- I increase of the content of nitrates of the underground waters originated by different causes, being the main one the fertilization of cultivations (tobacco).
- I increase of the saline intrusion of the underground waters as a result of a mis handling of the exploitation of the same ones, either in this section or in the next ones.

The main affectation of the area has been the nitrificación, being its evaluation critical.

A series of right measure share been dealt to minimize or mitigate this impacts and it has been made a monitoring and control plan , appropriate for the control of the current situation and the evolution of the means, once the right measures are followed.

INTRODUCCION.

En este trabajo se realizó valoración integral de la calidad del tramo hidrogeológico P II-1, evaluando el grado de afectaciones de este subfactor (aguas terrestres) , haciendo uso de las técnicas y metodologías reconocidas para la realización de estudio de impacto ambiental. Ello facilita la toma de decisiones acerca de la implantación de medidas correctoras para preservar y mejorar la salud y el bienestar del hombre en general; y en particular establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente (biótico y abiótico) que lo rodea, con el objetivo de dar los primeros pasos hacia un desarrollo sostenible en la región.

Por otra parte, el propósito más inmediato de este estudio es el de servir de ayuda a la toma de decisiones y par ello se presentan sus resultados de forma fácilmente comprensible, tanto al personal encargado de su evaluación, como el personal administrativo de la entidad ejecutora.

MATERIALES Y METODOS.

Debido a que en el presente caso se realiza un diagnóstico de la calidad de las aguas terrestres del tramo PII-1, se ha realizado un análisis de cada uno de los componentes del medio físico y en particular el que nos ocupa (Aguas terrestre), haciendo uso de la información más reciente y novedosa sobre el tema. Se han seguido las fases o pasos recomendados en la literatura más actualizada sobre el tema y el mismo se ha desglosado como sigue:

- Descripción detallada dentro del medio físico, del factor Aguas, y sus subfactores.
- Definición de las fuentes de contaminación sobre las aguas terrestres existentes en la zona.
- Identificación y valoración del medio ambiente en situación preoperacional.
- Descripción detallada de las acciones susceptibles a causar impacto sobre el medio físico (aguas terrestres).
- Identificación de impactos y evaluación de los mismos.
- Cuantificación de los impactos pronosticados.
- Planteamiento de las medidas correctoras a aplicar en cada caso y reevaluación del medio ambiente.
- Proposición de un adecuado plan de vigilancia y control.

Hidrología subterránea.

Se aprecian diferencias en cuanto al comportamiento de las formaciones hidrogeológicas. La parte norte del sector, se corresponde con la zona de alimentación principal del mismo. Posteriormente en la parte oeste del tramo, se presenta otro tipo de estructura, cuyo funcionamiento es diferente al anterior. En esta zona el acuitardo superior constituye una forma de alimentación secundaria, que drena sus aguas en sentido vertical, con una permeabilidad baja hacia la zona superior del acuífero en explotación. El resto del tramo se presenta como un sistema confinado o multicapa, capaz de confinar

en cierto grado las aguas subterráneas del horizonte acuífero principal subyacente al mismo o de ceder agua, de forma lenta, con gradientes bajos a la capa inferior. Por su parte, el horizonte acuífero principal y que actualmente se explota se define como un acuífero cársico, desarrollado en rocas miocénicas de condiciones heterogéneas y anisotrópicas.

Para cualquier año y período, se observan dos zonas de alimentación principales, en la parte norte del tramo la zona principal y en la parte suroeste la zona secundaria.

Calidad de las aguas superficiales.

La clasificación hidroquímica de estas aguas es múltiple, siendo según metodología de Shchoukarev, mayoritariamente clasificadas como bicarbonatadas - cloruradas - cálcicas - sódicas. En algunas ocasiones se distinguen, sin embargo, aguas fundamentalmente bicarbonatadas - cálcicas.

Calidad de las aguas subterráneas.

La evaluación de la calidad del agua para riego se realizó haciendo uso de la metodología de Aceves y Palacios (Barrios 1990). Los valores más críticos (aguas más agresivas) se presenta a unos 4-5 Km aguas abajo en dirección sur-suroeste tomando como referencia al poblado de San Juan y Martínez. En sentido general, los valores del índice de calidad de esta agua oscilan entre 99.1 y 74.6 expresado como valores medios de cada cálculo en las estaciones seleccionadas (Barrios y Cabeza 1990).

En la parte este del tramo según refieren autores del citado trabajo se obtienen los valores superiores de dicho índice. En la parte occidental del tramo aparecen aguas con diferentes calidades y en todos los casos decrecen hacia el sur al aproximarse a la zona intrusionada del área de estudio, siendo más acentuado este decrecimiento en las fuentes ubicadas al sureste de San Juan y Martínez debido a la presencia de altos contenidos de nitratos en las aguas. Sin embargo, las clasificaciones referidas por estos autores de forma general en la zona oriental son de excelente calidad y en la zona occidental de aceptable calidad y medianamente contaminada. En ningún caso se referencia aguas de mala calidad (contaminadas o muy contaminadas).

Acciones generadoras de impactos.

En la zona de estudio se distinguen tres fuentes potenciales de contaminación:

1. Contaminación por disposición de albañales domésticos.
2. Contaminación por nitratos.
3. Salinización.

Contaminación por disposición de albañales domésticos.

La contaminación de las aguas superficiales, se atribuye en mayor medida al vertido de albañales domésticos en general. Sin embargo, en aquellas zonas donde exista una deficiente disposición de albañales domésticos puede ocurrir que estos actúen como vía principal de contaminación de las aguas subterráneas, siendo en esos casos severas las consecuencias.

Contaminación por nitratos.

La contaminación del medio hídrico por fertilización de los suelos es un fenómeno en expansión que ha dado lugar a una serie de elementos, entre los que se destaca el ion nitrato (NO_3^-) a través de la

incorporación del nitrógeno al suelo, de su transporte, transformación y los diversos procesos físico químicos y biológicos. Esta es prácticamente la única forma de nitrógeno absorbido por las plantas y la de mayor capacidad de migración hacia el medio hídrico en forma de lixiviado.

Aunque los nitratos no son directamente tóxicos para el hombre, su transformación en nitritos (NO_2^-) debido a la reacción en el interior del organismo humano en altas dosis puede provocar envenenamiento de la sangre y las nitrosaminas (compuestos cancerígenos).

Salinización.

Esta intrusión es ocasionada por la sobreexplotación de las aguas subterráneas, al producirse en ocasiones inversiones del gradiente hidráulico y provocar el avance en longitud de la interfaz agua dulce-agua salada.

DISCUSION.

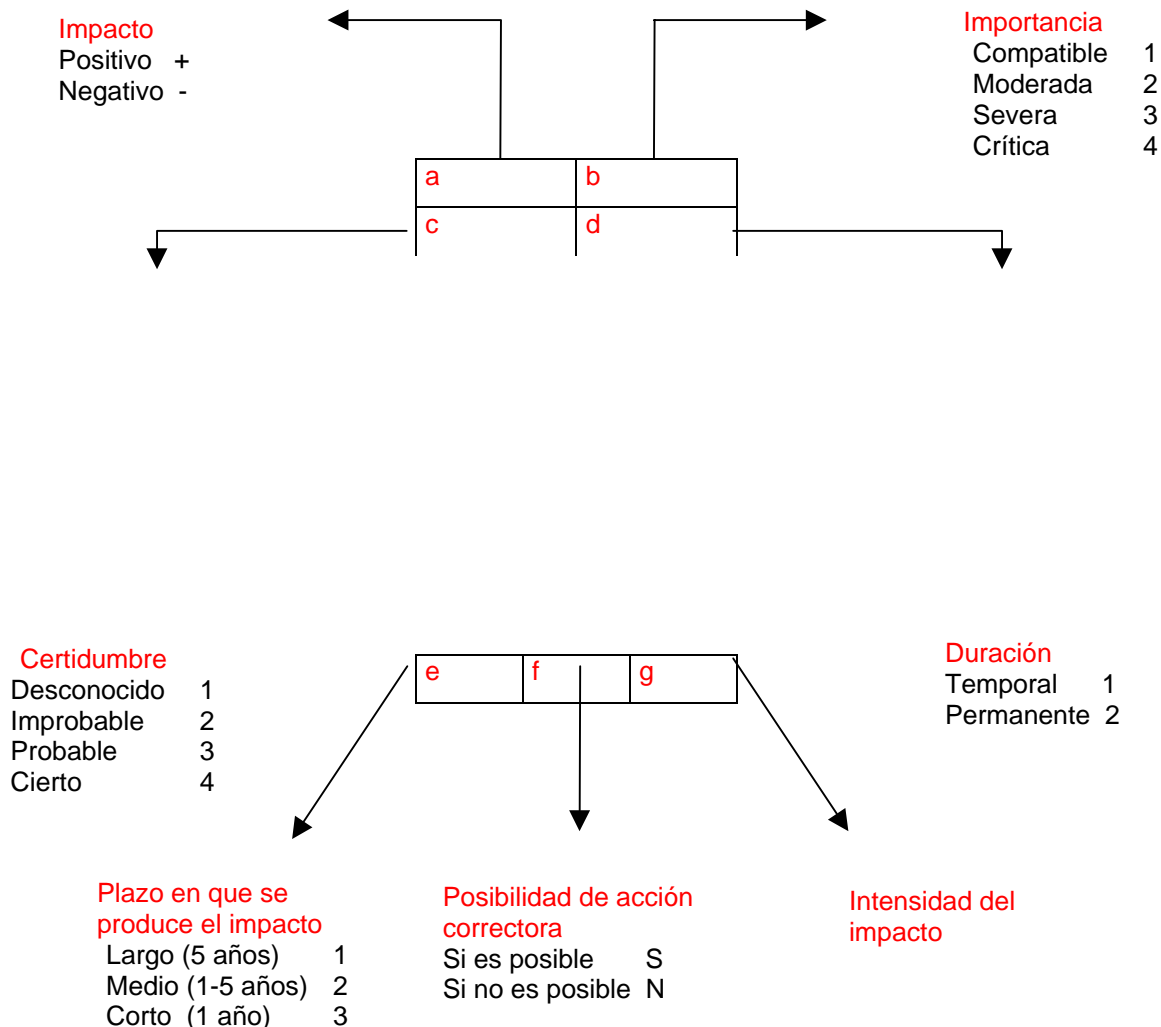
Identificación y valoración del medio físico preoperacional.

	Medios	Factores	Subfactores
Medio Ambiente (1000)	Físico (450)	Clima (50)	Precipitaciones (10)
			Evaporación (10)
			Temperatura (10)
			Vientos (5)
			Insolación (5)
			Humedad relativa (10)
		Atmósfera y Ruido (50)	Calidad del aire (50)
		Tierra (100)	Geomorfología (20)
			Geología (50)
			Edafología (30)
		Aguas (250)	Superficial (100)
			Subterránea saturada (100)
			Subterránea no saturada (150)
	Biológico (50)	Flora (30)	Bosques de galería (15)
		Fauna (20)	Matorrales (15)
			Reptiles (5)
			Aves (5)
			Anfibios (10)
	Socioeconómico (500)	Análisis del sistema territorial (150)	Uso de suelo (100)
			Distancia y tamaño núcleos (30)
			Red vial (20)
		Análisis demográfico (100)	Análisis población activa (100)
		Sistema económico (200)	Sector primario (150)
			Sector secundario (25)
			Sector terciario (25)
		Planeamiento (50)	Urbanístico (25)
			Infraestructura (25)

Identificación y Evaluación de impactos.

La identificación de impactos, así como su relación causa – efecto se ha establecido en base al método BATELLE INSTITUTE (González 1997).

Para la realización de este punto se ha utilizado el método matricial (Battelle 1972) recomendado para este caso (Gonzales 1985). La principal característica en este método es que en cada celda (intersección fila-columna) le asigna siete cualidades cuyo significado figura a continuación:



La intensidad del impacto se calcula sumando las casillas b+c+d+e y colocándole el signo de la casilla a.

Cuantificación de impactos.

La cuantificación del impacto producida sobre cada factor la denominamos valor de impacto. Dicho valor resultará de multiplicar la intensidad del impacto por un coeficiente de ponderación. Este coeficiente determina la magnitud del impacto en términos relativos al conjunto. Su cálculo se obtiene por relación de dos cantidades, una que denominamos de impacto y otra cuyos valores serán determinados para cada fuente de contaminación.

Para la contaminación por disposición de residuales albañales domésticos (RAD) consideramos la longitud de la parte de los ríos contaminados (26 Km).

Para la contaminación por nitratos establecemos el área (bajo la curva de 20 mg/L) igual a 143.48 km² (zona de nitrificación acelerada).

Para la contaminación por cloruros (salinización) consideramos el área afectada por problemas de intrusión marina (ocupada bajo la curva de 1000 mg/L) que es igual a 118.25 km².

Para la contaminación por disposición de residuales albañales domésticos, consideramos la longitud total de la red fluvial y en las demás fuentes consideramos el área total del tramo cuya extensión es de 490 km².

Por lo tanto el valor de los coeficientes de ponderación que empleamos en cada caso es:

Contaminación por disposición de residuales albañales domésticos: $C_{RAD} = 26/438.8 = 0.059$

Contaminación por nitratos: $C_{NO_3} = 143.48 / 490 = 0.292$

Contaminación por salinización (intrusión marina): $C_{CI} = 118.35/490 = 0.241$

Valor del impacto sin medidas correctoras.

Para obtener el valor de impacto de cada subfactor se aplicó la fórmula siguiente:

$$V = I \times i \times C_p$$

V: Valor de impacto.

I: Importancia del subfactor (valor que figura entre paréntesis en el cuadro).

i: Intensidad del impacto (suma de la intensidad obtenida para cada relación causa efecto):

C_p: Coeficiente de ponderación.

El orden del impacto lo determinamos relacionando el valor del impacto anteriormente calculado con el máximo valor teórico que se obtiene dando a cada cuadrícula causa efecto su valor negativo y eliminando los porcientos. El máximo impacto, con los valores obtenidos en el caso de la contaminación por RAD es de -209.45, por lo que el impacto es del 69.6% negativo. En la contaminación por nitratos, el máximo valor alcanza la cifra de -6240.9, lo que significa un impacto del 86.81% y por último para la salinización el máximo impacto negativo es de -1699.05, lo cual presupone un impacto de 53.6%.

%	Calificación del impacto
0-20	Compatible
20-40	Moderado
40-60	Medio-alto
60-80	Severo
80-100	Crítico

Estos impactos se clasifican en:

Contaminación por albañales domésticos (severo).

Contaminación por nitrato (crítico).

Contaminación por salinización (medio-alto).

RESULTADOS.

Las alteraciones sobre el medio hídrico en sentido general son amplias y muy diversas. En algunos casos la posibilidad de aplicar medidas correctoras es imposible, y en los casos que son posibles, algunos son de más fácil ejecución que en otras. Se señalan a continuación las principales medidas correctoras en base a la mitigación de los efectos negativos sobre cada una de las acciones que causan impacto sobre el medio hídrico.

Contaminación por disposición de albañales domésticos.

- Colección y tratamiento de las aguas albañales del poblado de San Juan y Martínez. Este sistema de tratamiento debe contar con órganos primarios y secundarios (separación sólido-líquido y tratamiento biológico, ya sea a nivel de lagunas de estabilización en serie, la primera anaeróbica, la segunda facultativa y la tercera de maduración u otro tipo). Bajo estas condiciones se garantiza que se vierta un efluente con demanda bioquímica de oxígeno de aproximadamente 10-15 mg/L, con alta concentración de oxígeno disuelto y escaso número de bacterias.
- A su vez, se debe mejorar el sistema de tratamiento del poblado de San Luis, con la construcción de una laguna facultativa secundaria, lo que garantizaría la creación de condiciones similares a la anteriormente descrita.
- Adicionalmente se deben mejorar las redes de evacuación de los residuales líquidos en cada una de estas urbanizaciones con el objetivo de reducir las pérdidas en conducción.

El valor del impacto una vez consideradas las medidas correctoras es de -32.45. Este valor representa un 5.8% respecto al que consideramos como más negativo posible, sin aplicar medidas correctoras (-558.2). Por tanto, este impacto se puede reducir en un 63.8% y resultar calificado como compatible.

Contaminación por nitratos.

- Al aplicar los fertilizantes nitrogenados, cuando se realiza el balance, debe tenerse en cuenta los aportes adicionales que se producen por la disponibilidad de nitrato en el agua de riego, así como producto de otras fuentes de aporte. En este sentido, las dosis de productos químicos a aplicar debe ser menores.
- Debe realizarse un estudio de orden territorial en la cuenca San Juan y Martínez, teniendo en cuenta los criterios de protección ambiental y conociendo las características propias de la zona al sureste del poblado; con el objetivo de valorar y en su caso redefinir, el modelo de actividad agrícola en esa zona.
- Sustituir paulatinamente el riego por gravedad y el riego por aspersión en toda el área de estudio por riego por goteo, el cual posee una eficiencia mucho mayor y, por tanto, los volúmenes de agua a utilizar, así como la carga de nitratos aplicados en toda la superficie del tramo será considerablemente menor.
- Se recomienda la racionalización de los fertilizantes de las áreas vinculadas al cultivo del tabaco. Para ello debe realizarse un estudio sobre los tipos de fertilizantes existentes y seleccionar el mejor de acuerdo a su naturaleza, así como el sistema de rotación de cultivos con el objetivo de

lograr un equilibrio entre la protección del agua y la producción agrícola. A su vez se señala el estudio de la posibilidad de uso y aplicación de sustancias inhibidoras de la liberación de nitratos.

- Realizar el correcto encamisado de los pozos construidos en la zona con el objetivo de minimizar las posibles infiltraciones de agua con elevadas concentraciones de nitrato, que puede ocurrir de forma diferencial y directa por medio de esta vía.
- Ampliar la política de educación ambiental sobre el personal del sector en base a la protección de las aguas naturales.
- Realizar y ejecutar un programa de monitoreo adecuado con el objetivo de mantener un estrecho control sobre la calidad del agua.

Es de resaltar que el impacto con la aplicación de estas medidas se reduciría en un 29.6%. El impacto que anteriormente era de -7188.5 podría alcanzar un valor de -4111.82 (pasaría de un 86.81% inicial a un 57.2%), por cuanto dejaría de ser crítico y su calificación sería ahora de medio-alto.

Contaminación producida por intrusión salina.

La contaminación en general se puede catalogar como de media-alta, aunque se pueden tomar medidas al respecto, como son:

- No bombear agua de la zona intrusionada por debajo de la línea de salinidad.
- Disminuir el caudal de explotación en las zonas de bajo gasto específico y en zonas tendientes al incremento en la salinidad de las aguas.
- Comenzar con un plan para la creación de la infraestructura adecuada para sustituir paulatinamente el uso de las aguas subterráneas por aguas superficiales menos contaminadas en sales solubles totales.

Con la aplicación de estas medidas correctoras propuestas el impacto se reduciría en un 13.6% desde un 53.6 hasta 40%. El valor del impacto que en estos momentos alcanza valores de -3169.15, podría reducirse a -1267.66, por lo que su calificación sería moderado.

Plan de Monitoreo y Control.

A pesar de existir una red de observación de calidad de las aguas que se opera en esta zona se debe planificar una densidad mayor de la misma en el área, así como también una frecuencia de operación más corta. En tal sentido se señala para el presente y aún con posterioridad a la realización de las medidas planteadas la ejecución de las opciones siguientes:

1. En base a la calidad del agua superficial:
 - Debe ubicarse un mayor número de estaciones en la zona llana (central y sur del tramo), con determinaciones de macroconstituyentes del agua, así como elementos de ciclo de nitrógeno, demanda bioquímica y química de oxígeno y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.
 - La red mencionada anteriormente debe contar en dicha zona con un total de más de 5 estaciones por cada río principal y sus afluentes.
 - La frecuencia de observación de esta red debe ser considerada bimensual.

2. En base a la calidad de las aguas en la zona no saturada.
 - Debe comenzarse a realizar estudios en zonas experimentales para determinar sus características y funcionamiento hidráulico.
 - Debe establecerse una red primaria para el muestreo en el horizonte freático, con vista a conocer la composición química de cada agua subterránea que recarga al horizonte acuífero principal.
 - Esta red debe contar con, al menos 10 estaciones distribuidas homogéneamente de norte a sur en el tramo.
 - La frecuencia de operación de esta red debe ser mensual, durante el primer año, trimestral en el segundo y posteriormente pueden realizarse observaciones con frecuencia semestral, una en cada período (seco y húmedo).
3. En base a la calidad del agua subterránea (horizonte acuífero principal) debe mantenerse la red existente en la actualidad, ubicando algunas nuevas estaciones en lugares que se encuentran por debajo de la línea de salinidad (porción sur y sureste del tramo), aunque en estos casos se realizará.
 - Toma de muestra para análisis físico químico y bacteriológico con frecuencia mensual en dicha red, durante el período de un año.
 - Toma de muestra trimestral durante el transcurso de otro año.
 - Toma de muestra semestral con posterioridad en los meses de julio y noviembre (meses más críticos del año).

Adicionalmente se debe mantener un control mensual sobre la variación de los niveles de las aguas subterráneas, así como sobre los gastos de explotación de las fuentes con el objetivo de disminuir las tendencias crecientes a la mineralización de las aguas.

CONCLUSIONES.

Se ha logrado establecer con precisión, las zonas de alimentación del tramo hidrogeológico PII-1, siendo estas ubicadas en primer lugar en la porción norte del tramo y en segundo lugar en la porción oeste del tramo.

La calidad de las aguas subterráneas del tramo en estudio se encuentran deterioradas en mayor o menor grado por la presencia de nitratos en las mismas, así como la aparición de altos contenidos de sales solubles totales y cloruros. Adicionalmente en algunas fuentes se detecta contaminación por la presencia de bacterias coliformes totales y fecales.

Las condiciones geológicas e hidrogeológicas existentes en las zonas al este y sureste del poblado de San Juan y Martínez combinado con la existencia del cultivo del tabaco en la parte superior de esta zona, crean condiciones favorables (potenciadas por las depresiones existentes en el terreno y el bajo valor de los gastos específicos de la zona) para que conjuntamente con la recarga natural al manto freático, se incorporen elementos indeseables en esta agua, como nitratos, provocando afectaciones

en esta área y en lugares cercanos a la misma, en dirección noroeste- sureste, coincidiendo con el sentido de movimiento de las aguas subterráneas en esta porción del tramo.

A partir de la descripción del estado del medio físico y en particular de las aguas de la zona de estudio se han podido identificar tres fuentes potenciales de contaminación, las cuales son:

- Contaminación por disposición de albañales domésticos.
- Contaminación por la presencia de nitratos en las aguas subterráneas.
- Salinización de las aguas subterráneas.

Entre los impactos que ejercen acciones desfavorables sobre el medio hídrico en la zona, se puede conocer que el más desfavorable es el producido por la presencia de nitratos en las aguas subterráneas con un valor de -7188.5 puntos para un 86.81%, clasificándose como crítico.

Posterior al planteamiento de las medidas correctoras seleccionadas, en el caso de que la mayoría de ellas se llevasen a la práctica, se obtendrían valores compatibles para la disposición de albañales domésticos, moderados para la contaminación provocada por la intrusión marina y medio - alto para los niveles de nitratos de las aguas subterráneas.

BIBLIOGRAFIA.

- Barrios, E. 1988. *Levantamiento geológico a escala 1:100 000 Pinar Sur y búsqueda acompañante.*
- Custodio, E; Llamas, M.R. 1983. *Hidrología subterránea.* Es. Omega. Barcelona.
- De lange, S. T. 1991. *Statistic.* Del Puerto, C. Q. 1984. *Higiene del medio.* Tomo I. Combinado Poligráfico de Guantanamo.
- Estrada, F. L; García, J.L. 1993. *Criterios de Garantía de la Planificación de Regadíos.* Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas. CEDEX. Madrid.
- Eggers, E. 1990. *Sludge Stabilization.* International Institute for Hydralic and Environmental Engineering. Delft. The Netherlands.
- Fagundo, J. R; Valdés, J. J; Rodriguez, J. E. 1996. *Hidrquímica del karst.* Ed. Univ. Granada.
- Estrela, T. 1992. *Metodología y recomendaciones para la evaluación de recursos hídricos.* Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas. CEDEX. Madrid.
- García, J. L. 1992. *Eficiencia de riego.* Centro de Estudios Experimentación de obras públicas. CEDEX. Madrid.
- Guichert, R. 1990. *Air Pollution.* International Institute for Hydralic and Environmental Engineering. Delft. The Netherlands.
- Gutierrez, J. ; Garcia, J. 1981. *Diferentes clasificaciones de la calidad del agua para riego.* Departamento de Información y Documentación Científico -Técnica. Ciudad Habana.
- Hanisch, B. 1990. *Biological Waste Water Treatment.* International Institute for Hydralic and Environmental Engineering. Delft. The Netherlands.
- Huisman, L. 1978. *Groudwater Recovery.* International Institute for Hydralic and Environmental Engineering. Delft. The Netherlands.

M.O.P.U. 1989. *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de Impacto Ambiental (2) Presas.*

Oskam. G. 1990. *Quality of laker and rivers. International Institute for Hydralic and Environmental Engineering. Delft. The Netherlands.*

Perez, D. F. 1982. *Hidraulica Subterránea. Editorial Científico Técnica. Ciudad Habana.*



VULNERABILIDAD EN ACUÍFEROS COSTEROS. CASO DE ESTUDIO: SECTOR GUIRA-QUIVICÁN

Hazel Carrasco Pérez

Geocuba I.C calle 4 e/ 3^a y 3^a A. Miramar. Playa. La Habana 11 300. Cuba.
C. Eléct: hazel@geocuba.cu

RESUMEN

El riesgo de contaminación de acuíferos es un aspecto que cobra cada día mayor relevancia, considerando que en este aspecto influyen tanto la **vulnerabilidad del acuífero** como las características de la carga contaminante y tomando en cuenta que esta última puede ser controlada o modificada, mientras que las propiedades del medio hidrogeológico permanecen constantes, se propone una metodología para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de un sector del acuífero Guira-Quivicán, a partir de un enfoque práctico y utilizando la información más común disponible, como un paso previo en la planeación del aprovechamiento del recurso hidráulico y en el ordenamiento del territorio, con miras al emplazamiento de actividades potencialmente contaminantes.

Para dar cumplimiento a este objetivo se emplearon los softwares Surfer, Excel, y el SIG Arcview. Como información complementaria contamos con el Mapa Geológico, Información Geomorfológica compleja (con datos morfométricos y geofísicos), Mapa de los principales contaminantes clasificados por categorías, Mapa de transmisividades, Mapa de niveles de las aguas subterráneas, además de conocer el tipo de acuífero e información de las precipitaciones.

Como resultado se obtuvo el mapa de vulnerabilidad el cual debe ser visto como una de las herramientas principales para el manejo del medio ambiente; el mismo puede ser utilizado en el proceso de toma de decisión concernientes a la protección y el manejo de los recursos hídricos subterráneos, para identificar las áreas susceptibles a la contaminación y decidir sobre las investigaciones y redes de monitoreo necesarias, y en planes informativos y educativos sobre la necesidad de proteger los acuíferos y evitar la contaminación del agua subterránea insistiendo en que los acuíferos forman parte de un sistema ecológico interconectado que está siendo afectado por la actividad humana.

ABSTRACT

Risk of aquifer's contamination is taking more and more relevance every day, considering in this aspect the influence of aquifers vulnerability so much as the characteristics of polluting load and taking account that the last one can be controlled or modified, while hydrogeological means properties remain constant.

Here it's proposed a methodology to evaluate the inherent vulnerability of section of the Guira-Quivicán aquifer from a practical approach and using the available more common information, as a previous step of planning the use of hydraulic resources and in the territorial classification, toward the location of potentially pollutant activities.

To perform this objective the softwares Surfer, Excel, and the SIG Arcview were used. As complementary information we have the Geologic Map, complex Geomorfológica Information (with data morfométricos and geophysical), Map of the main pollutants classified by categories, transmitivities Map, Map of levels of the underground waters, besides knowing the type of aquifers and information about precipitations.

As a result the vulnerability Map was obtained which should be seen as one of the main tools handling of environment; it can be used to taking decision concerning to protection and handling of underground hydric resources to identify susceptible areas to contamination and to decide about necessary reseachs and monitoing nets , and informative and educative plans about need the necessity of to protect aquifers



and to avoid underground water contamination insisting aquifers are pieces of an interconnected system being affected by human activity.

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores necesidades dentro del desarrollo mundial lo constituye el recurso hídrico cuya cantidad y calidad cada día se ve amenazada por las deficientes e inoperantes políticas de manejo y aprovechamiento. El agua constituye un valioso recurso, escaso en el tiempo y el espacio, sometido a la vulnerabilidad de la contaminación, de bajo costo y algunas veces sin las medidas legales de protección, requiere de un manejo integral que muchas veces no es puesto en práctica, (Rada R,1999)

La importancia de las aguas subterráneas es incuestionable. Sucede en muchas ocasiones que no es tomada en consideración para el mantenimiento de su calidad natural, sobre la base de esta realidad, se deriva la necesidad de que los países mantengan un programa sistemático de protección realizadas en el mismo. Para esto, debe tenerse en cuenta que para una administración ambientalmente segura de las aguas subterráneas, la mejor práctica es proteger el recurso de su contaminación, ya que la descontaminación de un acuífero suele ser un proceso muy largo, costoso, y a veces, prácticamente irreversible (Llamas R, 1999)

Muchos países tienden a optar por la creación de programas de protección de las aguas subterráneas ante la contaminación antrópica basados en el establecimiento del perímetro de protección de pozos (PPP) ó con la **cartografía de la vulnerabilidad** de los acuíferos, que es el objetivo desarrollado en este estudio.

En la cuenca Artemisa Quivicán, ubicada en la parte central del extremo sur de la provincia La Habana, se han explotado intensamente y durante décadas, el recurso agua del subsuelo, como única fuente de suministro de agua a la población, la industria y la agricultura. (Díaz G ,1994)

Los ingresos al acuífero que producen las precipitaciones durante el periodo húmedo, han presentado durante los últimos 25 años, continuos déficits que vienen agravando las disponibilidades de agua en la zona, el deterioro paulatino de la calidad química por el aumento de la salinidad, al mantenerse en constante explotación sus recursos subterráneos.(Jimenes, 1999)

Por tales razones, se hace necesario la confección de un Mapa de Vulnerabilidad , cuyo objetivo es conocer qué tan vulnerable a la contaminación es el acuífero cuya finalidad estriba en detectar las zonas con alta peligrosidad y con ello evitar que las actividades realizadas por el hombre lleguen a modificar la calidad del agua.

MATERIALES Y METODOS

Como información primaria contamos con el Mapa Geológico, Información Geomorfológica compleja (con datos morfométricos y geofísicos), Mapa de los principales contaminantes clasificados por categorías, Mapa de transmisividades, Mapa de niveles de las aguas subterráneas, además de conocer el tipo de acuífero e información de las precipitaciones.



Para la realización del Mapa de Vulnerabilidad se propone una metodología que permite evaluar de forma general la sensibilidad que presentan algunas zonas al establecimiento de actividades contaminantes que crean alteraciones en las características de las aguas subterráneas. (Foster, 1987; Foster, 1988 a y b; Escolero, 1992 a y b)

A continuación se presentan a grandes rasgos los pasos que se siguieron:

1. Inicialmente se efectuó un análisis de toda la información, recopilando planos con datos topográficos, geología, litología, explotación del agua subterránea, niveles estáticos, etc; así mismo, se hace una recopilación de las propiedades hidráulicas del sistema acuífero (conductividad hidráulica, tanto en la zona saturada como en la zona no saturada, o en su caso transmisividades).
2. Se elabora una malla que cubra toda la zona a analizar. El tamaño de la celda dependerá del grado de complejidad del medio hidrogeológico y de la información que se disponga. Aprovechando las bondades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), (Bosque, 1992), se llevaron a cabo operaciones matemáticas (entre los parámetros que afectan la vulnerabilidad)
3. Los parámetros que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad son:
 - a) **Periodo relativo de atraso para el acceso de contaminantes**, el cual constituye uno de los aspectos más importantes, pues es aquí donde la zona no saturada ejerce su influencia. Es función de la **condición natural del acuífero, profundidad del nivel estático, condiciones de explotación, y conductividad hidráulica de la zona no saturada**, para una puntuación máxima de cuatro puntos.
 - b). **Capacidad para reacción físico-química con respecto al contaminante**. (Este aspecto se refiere a la respuesta del medio hidrológico una vez que el agente contaminante ha ingresado al mismo). Es función de la **estratificación del medio acuífero, litología global del acuífero, y conductividad hidráulica ó transmisividad del medio acuífero**, para una puntuación máxima de tres.
 - c) **Potencial general de dilución del medio hidrogeológico**, es importante considerar el efecto de los agentes externos al medio hidrogeológico en sí y que de alguna manera influyen en el amortiguamiento. Está en función de la **dimensión más corta del acuífero, precipitación pluvial media anual y el tipo de recarga** para una puntuación máxima de tres.

Posteriormente se le asignan valores de pesos a cada uno de los aspectos mencionados anteriormente en los incisos **a), b), y c)** y se evalúan por separado los elementos que afectan dicha vulnerabilidad. Paralelo a esto se proponen dos escalas para tipificar la vulnerabilidad del acuífero: la primera los clasifica en mínima, baja, moderada y máxima; la segunda propone una escala de colores que permite llegar a una semaforización del acuífero con miras a un posterior ordenamiento del territorio, el cual sirve de guía para considerar, revisar o autorizar el emplazamiento de actividades potencialmente contaminantes, sean estas industriales, agrícolas, públicas, urbanas, etc.



	Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.										
Valor del índice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vulnerabilidad de contaminación	Mínima		Baja		Moderada		Alta		Extrema		
Semaforización	Verde			Amarillo					Rojo		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comienzan a obtener los valores para los aspectos mencionados anteriormente:

A. Periodo relativo de atraso para el acceso de contaminantes:

- Condición del acuífero: Se consideró que el acuífero es de tipo libre no confinado, por lo que adquiere un valor = 1
- Profundidad del nivel estático = (Ver Mapa No. 1)

En cuanto a la variación de la profundidad de las aguas, se realizan modificaciones a la definida por Foster e Hirata tomándose las condiciones hidrogeológicas de nuestro país, donde en pocos acuíferos los niveles superan los 30.0 m.

3>NE >30

>30 valor = 0.3

20- 30 valor = 0.6

10-20 valor = 0.7

5-10 valor = 0.8

3-5 valor = 0.9

<3 valor = 1

. Condición de explotación = (Aparecerán tres zonas: (Ver Mapa No.2)

- Sobreexplotación local : se encuentra ubicado el Acueducto Cuenca Sur donde se extraen 100 Hm³ / año (cifra esta apreciable para el área que se ubica) = **0.7**
- Equilibrio = **0.5**
- Subexplotado = **0.3**

Conductividad hidráulica de la zona no saturada: Se asume que para las condiciones de nuestro país, la zona de los depósitos palustres adquiera un valor intermedio del parámetro en estudio donde aparecen además turbas las cuales hacen que la velocidad de infiltración sea baja, el resto del área tendrá un valor del atributo máximo, por ser característico del relieve cársico, la presencia de furnias, ponores y dolinas que facilitan el ingreso de las aguas superficiales a la zona saturada del acuífero. (Ver Mapa No. 3)

- Depósitos palustres = **0.5**



- Resto de las formaciones = **0.8**

B. Capacidad para reacción físico química con respecto al contaminante

- Estratificación del medio acuífero: Se considera que la estratificación del medio es no homogénea, en la escala de valores = **1**
- . Litología general del acuífero . En general el área está formada por las formaciones Guines y Husillo a las que se le asigna el valor = **0.8**, al igual que a la Fm. Cojimar. A los depósitos palustres le es asignado el valor = 0.5 (Ver Mapa No.3)
- . Transmisividad (T) = (Ver Mapa No.4)

Fue utilizado este parámetro en sustitución de la conductividad hidráulica utilizada por Foster e Hirata(1988), por ser la transmisividad una variable de más fácil obtención a través de pruebas de bombeo, y es además, directamente proporcional a la conductividad. En este caso, y adaptándolo a las condiciones de nuestro país se considera que la transmisividad del medio varía como:

$$500 < T(\text{m/días}) < 50\,000$$

>20 000	valor = 1
10 000- 20 000	valor = 0.8
5000- 10 000	valor = 0.6
1000- 5 000	valor = 0.4
< 1 000	valor = 0.2

C. Potencial general de dilución del medio hidrogeológico

- Precipitación pluvial media anual: Se considera que en la zona los valores oscilan entre 1000 y 2 000, por lo que adquiere un valor: = 0.5
- Origen de la recarga: la infiltración es proveniente de la precipitación pluvial, para un valor = 0.6
- Dimensión más corta del acuífero. Para el área de la investigación se consideran 4.0 Km . Para este caso, corresponde un valor = 0.8

Valor Total = 1.9

CONCLUSIONES

1. La determinación del Riesgo de contaminación debe servir para identificar los acuíferos, o parte de ellos, más vulnerables y determinar las actividades causantes del máximo riesgo de contaminación en estas áreas. De esta manera se establecerán prioridades para la investigación y el monitoreo de campo.
2. Además, a partir de esta información es posible utilizarlo como un elemento para la evaluación y administración del recurso subterráneo, o en su caso para el ordenamiento del territorio cuya finalidad será el emplazamiento de posibles actividades causantes de la contaminación del agua subterránea.
3. La metodología ha sido diseñada para que pueda llevarse a cabo en forma relativamente rápida con recursos humanos limitados, en muchos casos utilizar la información recopilada para otra finalidad.



RECOMENDACIONES

1. Evitar que entren al acuífero contaminantes altamente móviles o persistentes o aquellos persistentes bajo el nivel freático, debido al alto nivel de contaminación del acuífero.
2. Aquellos acuíferos que sean considerados como de menor vulnerabilidad a la contaminación, deben ser estrictamente protegidos, puesto que estos tienden a ser los más difíciles de rehabilitar una vez contaminados.

BIBLIOGRAFÍA

Bosque, J. (1992): Sistema de Información Geográfica Ediciones Rialp, S.A., Madrid, 449 p

Díaz G (1994): Actualización de las condiciones hidrogeológicas en el Dique Sur de La Habana. Circulación restringida . EIPHH-INRH

Escolero O, (1992a): Metodología para evaluar la vulnerabilidad en un acuífero a la contaminación Comisión Nacional del Agua. México.

Escolero O, et al, (1992b): Vulnerabilidad del acuífero de San Luis Potosi a la contaminación, C.N.A. Reporte interno No. COA 3/92, México D:F: 20 pág

Foster S (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc Intl Conf " Vulnerability pollution of Soil and Groundwater to Pollutants" (Noordwijk, The Netherlands/April 1987)

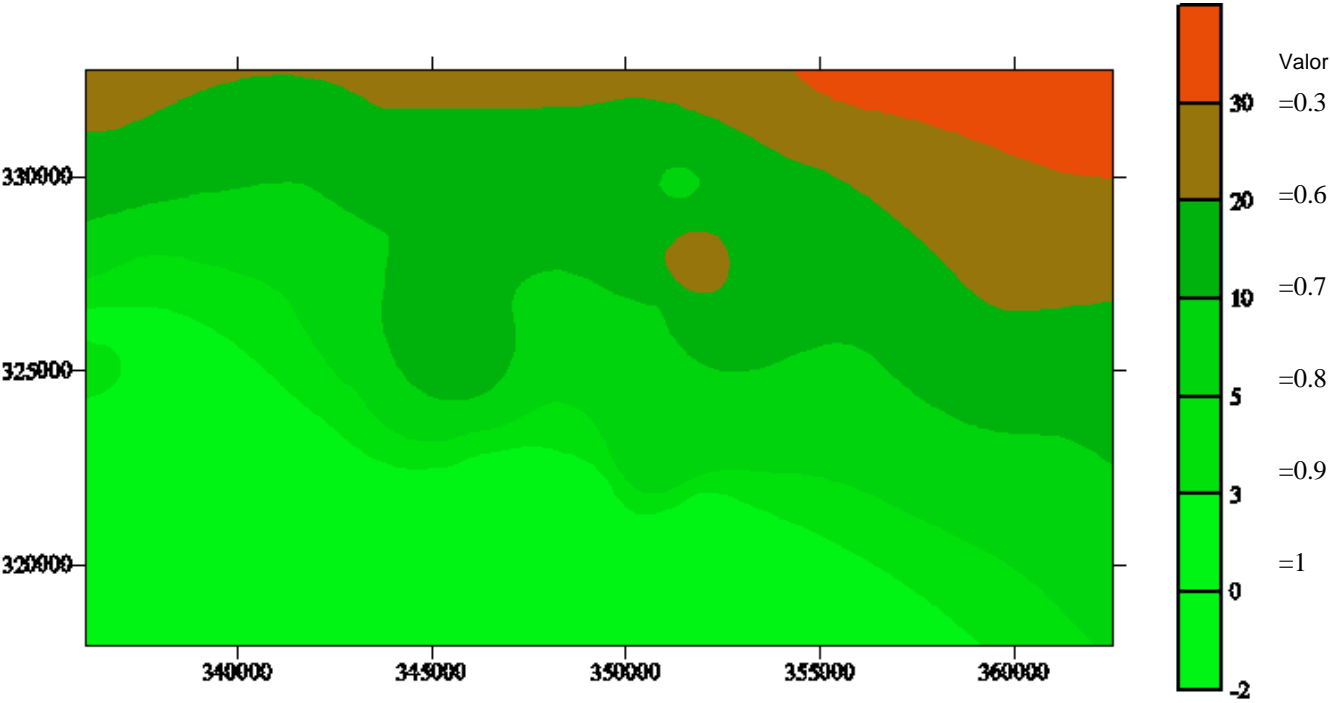
Foster S. e Hirata R. (1988a): Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, CEPIS, Perú: 89 pág.

Foster S. e Hirata R. (1988b): Grounwater Pollution risk assessment Pan American Center for Sanitary Engineering and Enviromental Sciences, Lima Perú.

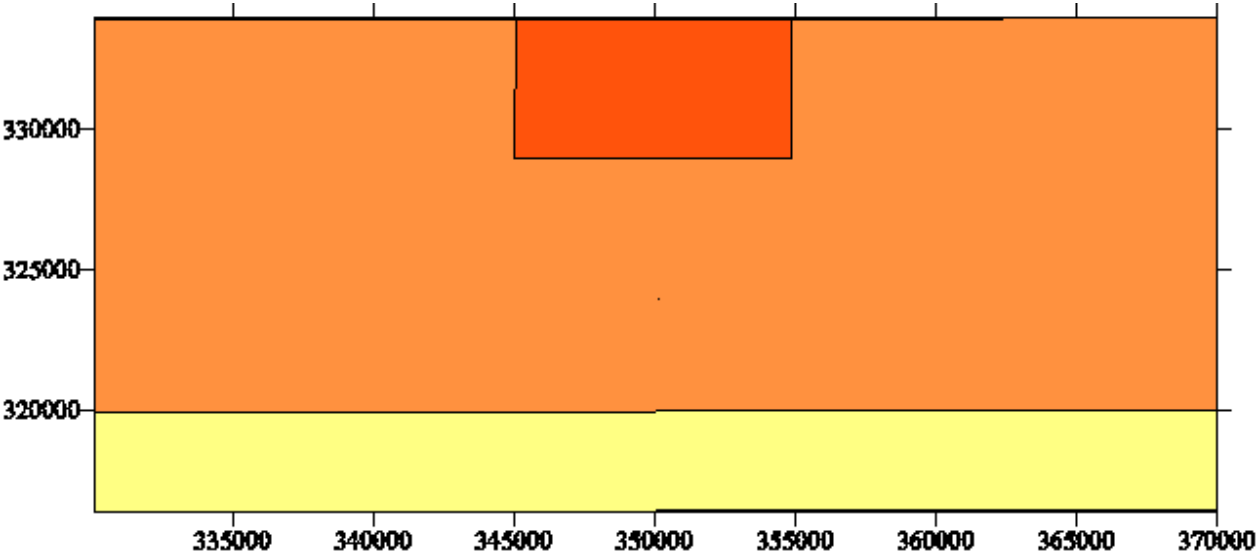
Margat J. (1968): Ground water vulnerability to contamination.BRGM, 68 sgl 198, HYD, Orleans, France.

Jimenez S. (1999): Tesis de grado de Maestría de Ciencias del Agua. Estudio del efecto modificador del Dique Sur en el acuífero costero de Artemisa-Quivicán. CNIC. La Habana. Cuba

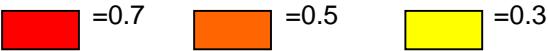
Rada R, 1999: ¿Por qué una gestión integral de cuencas con énfasis en el rol y la participación ciudadana? . Bolivia. Cochabamba. Gestión Integral de Cuencas

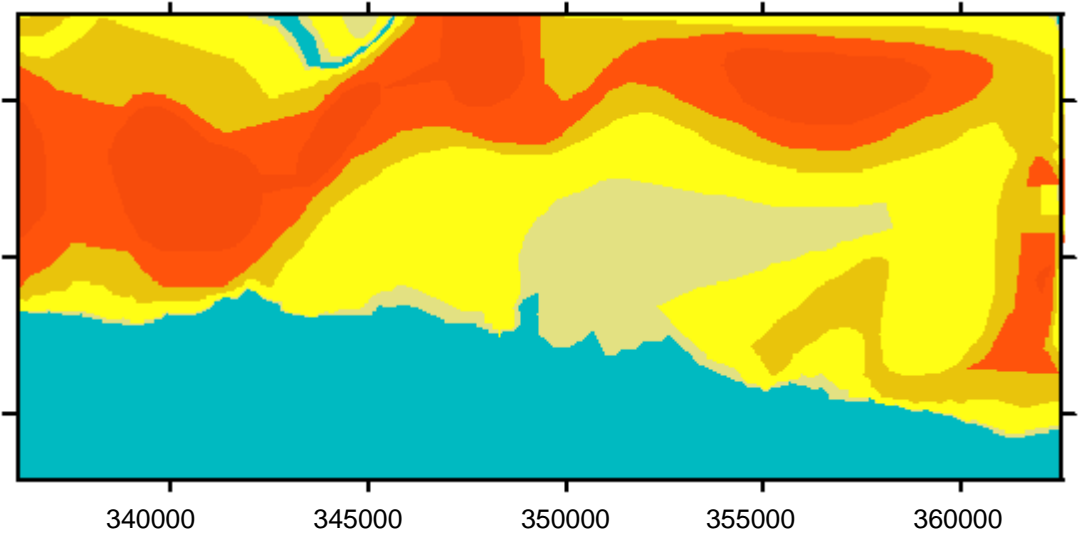
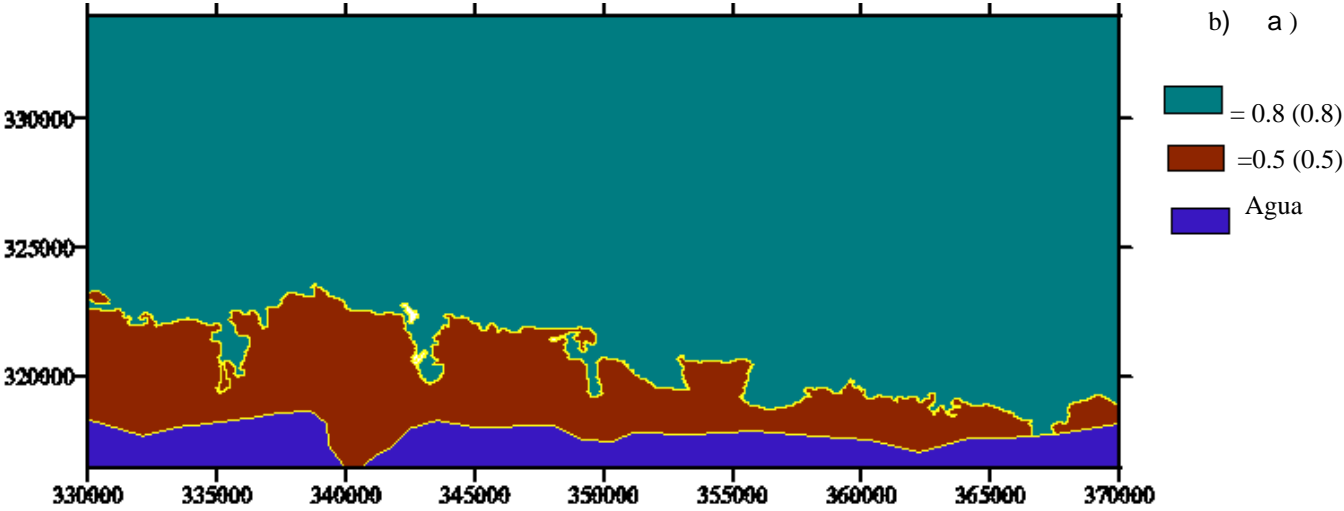


Mapa No.1. Mapa de Profundidad del nivel estático. Valores de peso asignados .



Mapa No.2. Mapa de valores para la Condición de explotación.





ESBOZO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS ARQUEOGEOFÍSICOS Y MEDIOAMBIENTALES.

Orlando R. Carraz Hernández, Ramón González Caraballo, Héctor Fernández Núñez

Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”, Calle 124 s/n, Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba. C. Eléct: orlando@civil.ispjae.edu.cu

RESUMEN

En Cuba, los trabajos geofísicos con fines arqueológicos han sido escasos en comparación con las potencialidades de estas técnicas, con frecuencia se ha tratado de incursiones casuales para resolver una urgencia determinada y son raros los casos donde se ha partido de un trabajo metodológico serio.

En este artículo se esboza una metodología para la organización y ejecución de trabajos arqueogeofísicos y medioambientales* en el contexto cubano. Para la exposición de la misma se han valorado las características (dimensiones, formas, propiedades físicas y profundidad de yacencia) de los artefactos arqueológicos a detectar y, la experiencia internacional y nacional en la ejecución de proyectos arqueogeofísicos.

Esta metodología tiene entre sus aciertos la presentación de normas para la elaboración del Informe final.

ABSTRACT

In Cuba, the geophysical researches with archaeological aims have been little in comparison with the potentialities of these techniques, frequently it has been accidental incursions to solve certain urgency and in the minority of the cases has existed a serious methodological effort.

A methodology for the organization and implementation of archaeogeophysical and environmental works in the Cuban context is outlined in this article. Characteristics (physical dimensions, forms, properties and depth) of the archaeological artifacts and the experience in the execution of archaeogeophysical projects have been valued for their exposition. One of the main virtues of this methodology is the presentation of norms for the processing of the final Report.

Introducción

La proposición de esta metodología, resultado de más de una década de intercambio con instituciones dedicadas al trabajo arqueológico en Cuba y de la ejecución de técnicas geofísicas en más de una decena de proyectos arqueológicos de diferente índole, constituye un primer esfuerzo por remediar el vacío existente. No se considera ni perfecta ni acabada, de ahí el uso del término *esbozo*. La confrontación en reiteradas ocasiones con la práctica ayudará al mejoramiento de la misma. Obviamente, toda construcción metodológica debe responder a dos interrogantes básicas: ¿es necesaria? Y ¿cuál es

* Es cierto que esta nomenclatura puede parecer ambigua pero la metodología que se presenta, con ligeras variaciones, es aplicable en la búsqueda de objetos antropogénicos no necesariamente con interés arqueológico y que otros autores han agrupado bajo el término no menos confuso de “objetivos medioambientales”.

la situación de su campo de aplicación?. La respuesta está en la caracterización de lo que se ha denominado “el contexto cubano”

A diferencia de otros países donde la aplicación de la geofísica a la arqueología prehistórica ocupa un lugar preponderante, en Cuba, nación de historia joven, los mayores esfuerzos dentro de la aplicación de los métodos geofísicos se dirigen hacia la arqueología colonial puesto que nuestros habitantes precolombinos no se caracterizaron por dejar muchas “huellas” que pudieran ser detectadas por las técnicas geofísicas. En general, las áreas donde los métodos geofísicos pudieran emplearse como una herramienta auxiliar en las investigaciones arqueológicas pudieran agruparse en: “áreas urbanas o semiurbanas” y “áreas rurales”.

Las áreas urbanas o semiurbanas son aquellas que se encuentran ubicadas dentro del entramado arquitectónico de la ciudad, en su vecindad o vinculadas con él. Pertenecen a esta clasificación inmuebles de disímiles tipos y usos, fortalezas coloniales y emplazamientos artilleros relacionados o no con estas últimas. Mayoritariamente son construcciones de sillares confeccionados con piedra caliza de alguna cantera cercana y con los rasgos típicos de la arquitectura colonial cubana. En el caso de las viviendas son objeto de búsqueda las letrinas, aljibes, pozos y restos estructurales que puedan aportar luz acerca de las transformaciones arquitectónicas de la edificación y la historia de sus moradores. En las fortalezas coloniales, además del trazado de límites históricos, es importante determinar la existencia de algunos elementos estructurales o piezas relacionadas con hechos de carácter bélico que hayan sucedido dentro del perímetro de la fortaleza. Un caso similar es el de los emplazamientos artilleros.

Situadas lejos de las ciudades, las áreas rurales, se corresponden mayoritariamente con cafetales, ingenios azucareros, almacenes, etc. Estas construcciones pueden ser de sillares o ladrillos cocidos y están caracterizadas casi siempre por la adaptación de la arquitectura a la función de la edificación. El objeto de búsqueda en éstas pudiera ser cualquiera de los elementos estructurales en relación con las obras.

En realidad, el grado de aplicación de los métodos geofísicos en arqueología no ha sido alto, ubicándose la mayoría de los levantamientos en áreas urbanas y específicamente en la ciudad de La Habana. Algunas de las razones para justificar este infrecuente uso coinciden con las expuestas por Wynn (1986) y Dana (1993):

- Las restricciones impuestas por fondos inadecuados y la escasez de canales formales de comunicación para los practicantes de la arqueogeofísica.
- Los problemas de colaboración entre individuos de diferentes especialidades.
- La ausencia de entrenamiento y educación en la interfase entre las dos disciplinas.
- Las dimensiones de los artefactos a prospectar.

A estas razones podría añadirse los precios prohibitivos de los consultantes geofísicos y del equipamiento (Wynn, 1986) También los sistemas de procesamiento de datos y los métodos de mejoramiento de imágenes son realmente caros. Es justo destacar que los métodos geofísicos no son una panacea para los arqueólogos, artefactos de gran valor histórico pueden no ser detectados debido a sus dimensiones, contraste de propiedades físicas, condiciones de yacencia, la presencia de ruidos culturales o la baja sensibilidad del instrumento empleado.

La situación descrita y la comprensión de la arqueogeofísica como subdisciplina o especialización que ha llevado la práctica geofísica hacia límites no convencionales, fundamentan la necesidad de una metodología hasta el momento inexistente en Cuba. Para la estructuración de la misma se ha partido de dos asunciones básicas:

1. La mayoría de las “situaciones” arqueogeofísicas en Cuba pertenecen al Caso 1 descrito por Hesse (1999) No se posee o se tiene escaso conocimiento sobre la naturaleza real de las fuentes arqueológicas, por tanto, existen dudas acerca del grado de eficacia de los métodos geofísicos seleccionados y la resolución del problema será la corroboración de los resultados de cada método.
2. La necesidad de enfrentar estas situaciones con un complejo de métodos geofísicos dada la necesidad de detectar fuentes de diferentes naturaleza a profundidades someras y en un fondo ruidoso fuerte (entorno urbano, variabilidad litoestratigráfica del corte, etc.), así como la incertidumbre sobre la eficiencia de cada método por separado ante la naturaleza real del sitio arqueológico investigado.

I. Síntesis del esquema metodológico.

El esquema propuesto consta de las siguientes etapas:

1. Recopilación y análisis de la información histórica.
2. Evaluación de las condiciones del sitio arqueológico.
3. Selección de los métodos o variantes geofísicas.
4. Proyección y ejecución de los trabajos geofísicos.
5. Procesamiento e Interpretación.
6. Resultados.
7. Excavaciones.

Recopilación y análisis de la información histórica.

Se debe recordar que los trabajos arqueogeofísicos son una parte del proyecto de investigación arqueológica, por tanto, esta etapa constituye nuestro punto de partida pero también forma parte de la

secuencia de pasos del proyecto. Por tanto, ya se encuentra constituido el equipo multidisciplinario que participará en la investigación y del cual los geofísicos son integrantes.

En las investigaciones con fines arqueológicos la información histórica tiene el mismo valor para el geofísico que la geología en los trabajos tradicionales. Esto no sugiere pensar que el geofísico tenga que ocuparse de la búsqueda y compilación de esta información, sino que debe ser capaz de asimilar y extraer provecho de la misma, no limitarse a la lectura de un reporte acerca de las fuentes arqueológicas que pudiesen hallarse en el lugar y sí mantener un diálogo constante y fluido con el arqueólogo o historiador que permita, al menos, plantear un modelo lógico de partida.

La proyección de los trabajos geofísicos, especialmente la ubicación de los perfiles y puntos de medición, muchas veces depende de la información extraída de estas fuentes. En ocasiones, un croquis o un mapa primigenio son el resultado fundamental de estos análisis. Estos han sido los casos de las prospecciones realizadas en las iglesias de los conventos de Belén y Paula, y en los Jardines del Hotel Nacional (González Caraballo et al, 1995, 1999) Por tanto, es la evidencia histórica la que sugiere el tipo de fuente arqueológica que pudiera hallarse. ¿Qué tipo de información puede ser importante para el geofísico? Aquella referente a la forma, dimensiones, constitución y profundidad esperada de los artefactos además de las características del medio en que estos se encuentran.

Evaluación de las condiciones del sitio arqueológico.

Simultáneamente al desarrollo de la etapa anterior se realizan los primeros recorridos pedestres por el área a investigar, valorándose sus condiciones para la realización de prospecciones. Se toman muestras y se analiza todo lo que pueda ser útil para el trabajo futuro. Tampoco se descarta la realización de algún trabajo experimental sencillo y no muy costoso, cuyos resultados podrían contribuir a la evaluación.

Como resultado de las dos etapas se configura el modelo lógico de partida que contempla las propiedades físicas de los artefactos a prospeccionar. En este punto juega un papel muy importante la experiencia del geofísico ya que casi siempre es imposible obtener todos los valores de propiedades físicas necesarios, entonces se recurre a los datos de levantamientos en zonas similares o simplemente se toman valores extraídos de tablas con los que se construye una primera aproximación del modelo. Los objetivos del levantamiento, estrechamente vinculados al modelo de partida, también son planteados en esta fase de la investigación.

Selección de los métodos o variantes geofísicas.

La elección de los métodos geofísicos a utilizar dependerá de un grupo de variables cuyo peso varía de un sitio a otro. Las más importantes son (Bevan, 2000; Carraz, 2000):

- Los objetivos del levantamiento.
- Las características de las fuentes arqueológicas sugeridas por las evidencias históricas. Conlleva una evaluación de las posibilidades de cada técnica geofísica por separado y de la combinación de ellas en la detección de las fuentes.
- Análisis de los ruidos culturales. Muy importante ya que la elección de la técnica geofísica no tiene como objetivo maximizar la señal, sino obtener la mejor relación señal – ruido. En las ciudades existen severas fuentes de ruidos culturales que en la mayoría de los casos invalidan la ejecución de levantamientos magnéticos o electromagnéticos (tráfico, trenes, industrias, etc); para el caso del georradar es necesario, por ejemplo, seleccionar una frecuencia de antena que se corresponda con una parte tranquila del espectro electromagnético mientras que la aplicación de métodos sísmicos es casi imposible debido a las vibraciones por el paso de autos y camiones.
- Las evidencias aportadas por las fotografías aéreas en sitios abiertos.
- Los resultados de los levantamientos geofísicos o geoquímicos precedentes o de excavaciones.
- El uso actual y pasado del terreno. Cómo influyen aspectos relacionados con el uso del terreno (si hubo sembrados, basureros, si es zona de paso de transeúntes o existen cercas limítrofes) en las mediciones geofísicas.
- Las condiciones de la superficie del terreno. Debe valorarse si las prospecciones se realizarán en áreas boscosas o de vegetación considerable donde instrumentos como el georradar tienen dificultades en el desplazamiento y la colocación de las antenas debido al follaje y las raíces de los árboles, además de que éstos pueden entorpecer – como ocurre también en los métodos eléctricos – la interpretación de los resultados.
- Suelos, geología de la zona, clima y los factores topográficos. En este tipo de levantamiento el tipo de suelo es más importante que la geología del basamento. Por ejemplo, un método como el georradar no es recomendable en suelos salinos o arcillosos, si el suelo es fangoso o limoso su profundidad de penetración puede no sobrepasar un metro. El clima local también puede influir en algunos levantamientos como los sísmicos y de resistividad. Pendientes abruptas o áreas montañosas pueden ralentizar el trabajo además de introducir errores en la ubicación de los sitios.
- El grado de acceso al lugar.
- Los recursos materiales y humanos disponibles para el levantamiento.

En esta etapa se estiman los costos de la investigación geofísica.

Proyección y ejecución de los trabajos geofísicos.

Ante todo debe establecerse que la geofísica arqueológica es una aplicación *sui generis* dentro del espectro de la utilización de los métodos geofísicos. El modelo físico – histórico planteado en un estadio temprano de la investigación muchas veces se aparta de la realidad que revelan las excavaciones por la escasa fiabilidad de los datos de propiedades físicas cuando es posible obtenerlos, y las inconsistencias

acerca de las dimensiones y profundidades de yacencia de los artefactos a prospectar. Por esta razón y otras de carácter operativo como la premura que requieren los trabajos de arqueología de urgencia y el factor económico, es común que en la práctica arqueogeofísica no se concurren en ocasiones a modelar las posibles respuestas de las fuentes arqueológicas sino se adopten una serie de especificaciones con carácter no rígido acerca de cómo deben ejecutarse los levantamientos.

La proyección y ejecución de los trabajos debe regirse por la secuencia siguiente (Bevan, 2000; Carraz, 2000):

- Planteamiento del sistema de coordenadas geofísico (coincidente o no con las coordenadas locales o con las creadas para los trabajos arqueológicos) Amarre a puntos de control. Identificación de cuadrículas de medición y nodos (cintas de plásticas o hilos y estacas de madera)
- Forma de cubrimiento: en área (redes regulares o irregulares), en perfiles o puntual.
- Obtención de datos (en dependencia del método): para algunos resulta muy cómodo moverse en zigzag, o sea, luego de finalizar una línea, regresar por otro en el sentido contrario mientras que para otros puede ser más preciso la toma de mediciones en una sola dirección y sentido o emplear una secuencia de pasos describiendo una serpentina)
- Determinación de la distancia entre perfiles (particularmente si se trabaja en redes regulares) y entre puntos.
- Determinación del error de las mediciones.
- Elección del equipamiento y herramientas necesarias para el procesamiento y la interpretación.

En cuanto a la toma de valores, a pesar de que la mayoría de los instrumentos geofísicos modernos son computarizados es preferible registrar siempre las incidencias del levantamiento, así como el intervalo de muestreo, la dirección de los perfiles y otras observaciones notables.

Procesamiento e interpretación

Indudablemente es la etapa más importante de los trabajos de gabinete del geofísico. Como se ha insistido, esta debe transcurrir con un intercambio constante con su contraparte en el proyecto que le aportaría la información complementaria para la clasificación (y en algunos pocos casos la identificación) de los artefactos revelados.

En cuanto al procesamiento, se recomienda seguir la secuencia siguiente (ADS, 2000):

- Mejoramiento de los Datos: aplicación de correcciones a los mismos, eliminación de derivas instrumentales, etc.
- Procesamiento de los Datos: aplicación de algoritmos de procesamiento en función de la naturaleza geofísica de los datos (reducción al polo, CAA, señal analítica, migraciones, etc.)

- Procesamiento de imágenes: los datos son convertidos en imágenes para propósitos relacionados con la mejora en la visualización. Se utilizan herramientas propias.

La interpretación tiene dos fases: la cualitativa donde se aportan datos acerca de la morfología de las anomalías y se especula sobre su correlación con artefactos arqueológicos, y la cuantitativa donde se determinan los parámetros de yacencia de las fuentes arqueológicas. Lógicamente factores como la premura de tiempo, la ambigüedad propia de los métodos geofísicos y la carencia de datos suficientes provocan que la mayoría de los levantamientos geofísicos no sobrepasen la primera fase o solo aporten algunos parámetros cuantitativos (interpretación semicuantitativa). Esto no disminuye la relevancia del papel de los métodos geofísicos: sólo el hecho de orientar las excavaciones constituye una ayuda considerable a las labores arqueológicas y a su exiguo presupuesto.

Resultados.

Teniéndose los resultados y la traducción de los mismos en términos arqueológicos (localización y naturaleza de las fuentes anómalas, jerarquización de las mismas, etc) se procede a archivar la información* y a la elaboración del Informe final. Dicho informe se encuentra normado en la figura 2 y constituye un punto polémico dentro de la metodología. Generalmente a los profesionales geofísicos les resulta difícil traducir en términos menos especializados el resultado de su trabajo por lo que la mayoría de los reportes o informes resultan ininteligibles para los arqueólogos. Lo anterior no resulta extraño debido a la ausencia de una interfase de comunicación entre arqueólogos y geofísicos. Por esas razones en el informe debe atribuirse importancia especial a la presentación de mapas que serían una vía eficaz para el entendimiento entre ambas partes. En la presentación de los mismos deben considerarse los siguientes aspectos:

- Escala
- Referencia geográfica.
- Leyenda

Excavaciones

El objetivo fundamental de los trabajos geofísicos es auxiliar a los arqueólogos en decidir los lugares para las excavaciones. Es posible que mediante un levantamiento geofísico ningún artefacto sea detectado o los resultados sean tan inciertos que no pueden ayudar en la toma de decisiones. En otras circunstancias pueden ser tan diáfanos que resulte innecesario excavar. De cualquier forma el levantamiento geofísico resultará de gran ayuda. Obviamente, los resultados de las excavaciones contribuirán a corroborar el modelo de partida y, en algunos casos, mejorar el mismo para futuras prospecciones.

* En este trabajo no se abordarán los aspectos relacionados con la preservación de la información geofísica.

Si se detectan varias fuentes arqueológicas podría intentarse alguna forma de clasificación de acuerdo a su profundidad de yacencia, la masa anómala, el método geofísico con el que fue detectada u otras características. En estos casos se recomienda excavar una muestra de cada tipo de estructura.

Comparación con trabajos anteriores.

Los presupuestos de esta metodológica fueron comparados con las secuencias de ejecución de dos proyectos anteriores escogidos como patrones. Una versión sintética de los resultados se muestra en la tabla siguiente:

	Proyecto A (01/94) (entorno urbano)	Proyecto B (06/99) (entorno semiurbano)
ETAPA 1	Casi inexistentes.	El aprovechamiento no fue óptimo. Débil modelo de partida.
ETAPA 2		
ETAPA 3	La selección no fue la mejor.	Selección adecuada.
ETAPA 4	Problemas con el sistema de coordenadas.	Bien
ETAPA 5	Escaso procesamiento.	Nivel de procesamiento medio.
ETAPA 6	Informe ininteligible para arqueólogos.	Problemas de legibilidad en el Informe.
ETAPA 7	75% de efectividad	Aún en período de excavaciones

Como resultados de esta comparación se corroboró la necesidad de acometer los trabajos arqueogeofísicos con un planteamiento metodológico previo y mejorar la comunicación entre el equipo multidisciplinario.

Conclusiones

Como se ha expresado, únicamente la confrontación en reiteradas ocasiones con la práctica harán de este esbozo una metodología. Sus mayores aciertos son: constituir un punto de partida para otros esfuerzos metodológicos y la elaboración de normas para la confección del Informe final como un intento de hacer asequibles los resultados geofísicos al resto del equipo de trabajo.

Bibliografía

- Archaeology Data Service.(2000). Dept of Archaeology. University of York. United Kingdom.
<http://ads.ahds.ac.uk/project/pubs.html> (23 de marzo del 2000)
- Bevan, B. (2000). Geophys listserv web site (geophys-documents. Volume A, B and C).
<http://www.ttser.demon.co.uk/geophysics/Dox.htm>. (16 de febrero del 2000)
- Carraz, O. (2000). Evaluación de la respuesta de diferentes métodos geofísicos ante modelos

arqueológicos. (Inédito).

Dalan, R. A. (1993). *Issues of scale in archaeogeophysical research*, en Stein and Linse, eds: *Effects of Scale on Archaeological and Geoscientific Perspectives.. Geological Society of America. Special Paper 283.*

González, R. (1995). *Consideraciones metodológicas para la realización de trabajos microgravimétricos en Cuba. Tesis de Maestría. Departamento de Geofísica. ISPJAE.*

González, R., H. Fernández y O. Carraz. (1999). *Informe sobre los trabajos geofísicos realizados en los jardines del Hotel Nacional de Cuba. Departamento de Geociencias. ISPJAE.*

Hesse, A. (1999). *Multi-parametric surveys for archaeology: how and why, or how and why not?. Journal of Applied Geophysics 41, 157-168.*

Wynn, J. C. (1986). *Archaeological prospection: An introduction to the special issue. Geophysics 51, 533-537.*

INFORME FINAL	
1.	PORTADA
▪	Título
▪	Autores
▪	Organismo o empresa
▪	Mes y año.
2.	RESUMEN (Abordar en menos de 250 palabras las metas u objetivos de las aplicaciones, clientes y ejecutores, resultados)
3.	SITIO ARQUEOLÓGICO
▪	Descripción del sitio (Ubicación, condiciones, anotaciones sobre suelo o geología, resumen de la información histórica disponible, presentar esquema o mapa)
▪	Sistema de Coordenadas (Selección del punto de control, referencias del mismo, etc.)
4.	LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO
▪	Instrumentos geofísicos y sus principios
▪	Estrategia del levantamiento
▪	Área(s) prospectada(s)
5.	INTERPRETACIÓN GEOFÍSICA
6.	CONCLUSIONES
▪	Sugerencias para excavaciones
7.	BIBLIOGRAFÍA
8.	ANEXOS

Figura 2. Modelo de Informe Final.

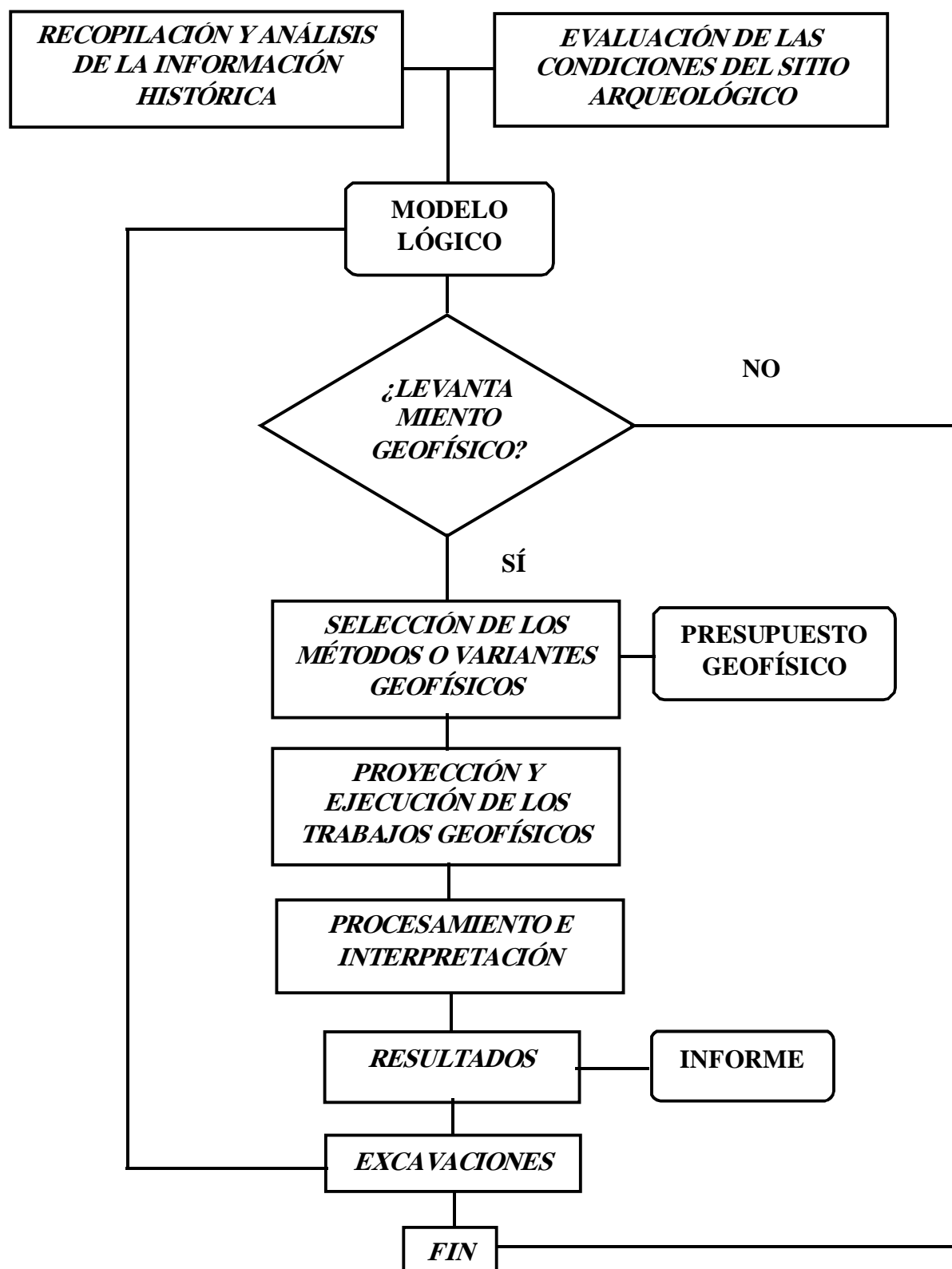


Figura 1. Esquema metodológico propuesto.



RIESGOS GEOMORFOLÓGICOS AMBIENTALES Y VULNERABILIDAD DE LAS FORMAS CÁRSICAS DE PUERTO ESCONDIDO. PROVINCIA DE LA HABANA. CUBA

J C Torres Rodríguez

M G Guerra Oliva

Grupo de Aguas Terrestres

Instituto de Geofísica y Astronomía, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, P.O. Box 6219, Habana 6, CP 10600, Ciudad de La Habana, Cuba, Teléfono (53-7) 66 23 83, Fax (53-7) 33 38 20, e-mail: julicesar@geoastro.inf.cu

Resumen

Se reconocen tres niveles de planación principales y seis secundarias, sobre las que se han desarrollado las formas típicas del relieve cársico. Los campos de lapies predominantes son los semilibres que ocupan la mayor área de los niveles superiores de planación, los libres y semilibres solo afloran en sectores muy específicos del relieve. Las cavernas son del tipo indirectas absorbentes y en todos los casos están asociados a dolinas y a sumideros. Estos sumideros están desarrollados, tanto en la superficie del relieve como elementos iniciales de los aparatos cársicos o en el interior de estos aparatos, como elementos de enlace y directamente relacionados con los conductos cársicos o cavernas.

El carso está inactivo y solo en la parte baja de la primera terraza se alcanza el nivel de las aguas subterráneas. En las superficies superiores del relieve la zona de areación o no saturada alcanza entre los cinco y los 30 metros de espesor.

Se reconocen tres niveles de cavernamientos 1 - Nivel de cavernamiento inferior representado por la Cueva de La India en la cota 10 m de altura. 2 - Nivel intermedio representado por conductos y grietas ampliadas por disolución cársica ubicadas entre las cotas de 10 a 45 m de altura. 3 - Nivel de cavernamiento superior representado por la cueva del Jagüey del Mirador en la cota 40 - 45 m de altura.

Se identificaron las principales direcciones del agrietamiento y de los conductos cársicos que predominan en la zona y condicionan el drenaje subterráneo. Las direcciones más frecuentes del sistema de grietas son 20, 50, 90, 100 y 160 grados y que las direcciones comunes entre ambos sistemas lineales del relieve son 40, 60, 70, 120, 150 y 170 grados.

Se analizaron los riesgos geomorfológicos ambientales y la vulnerabilidad de las formas cársicas, ante la posible contaminación del acuífero por hidrocarburos concluyéndose que estos pueden ocurrir por las

Cavernas y campos de lapies mediante la Infiltración y la conducción de las aguas superficiales y mediante los Paleovalles por la infiltración concentrada y difusa de las aguas del escurrimiento superficial hacia la zona no saturada y al acuífero.

Introducción:

La zona de Puerto Escondido se encuentra ubicada en la costa norte de la provincia de La Habana. Como parte de investigaciones hidrogeológicas, sobre la vulnerabilidad de los acuíferos ante la posible contaminación que se realizaron en un gran sector de la llanura septentrional Habana – Matanzas y en particular en la zona de Puerto Escondido, se utilizaron técnicas geomorfológicas auxiliares, con el objetivo de caracterizar la estructura del relieve como parte superior de la zona no saturada del acuífero y reconocer en superficies las formas del relieve que favorecen la posible contaminación del acuífero mediante la infiltración y el transporte de este por la zona no saturada.

Materiales y métodos.

El trabajo fue realizado a partir de la utilización geomorfológica y geológica existente y se realizó un levantamiento geólogo – geomorfológico de campo, con el objetivo de identificar las formas del relieve y elementos geológicos que favorecen la infiltración hacia el acuífero. Se describieron las formas del relieve, se exploraron y documentaron las formas cársticas de conducción existentes en el área y se obtuvieron los índices característicos de los sistemas de grietas en estaciones seleccionadas. Se realizaron análisis conjunto de los datos geomorfológicos y geológicos con el objetivo de obtener los patrones que permiten la infiltración hacia el acuífero identificándose mediante su documentación y localización en el campo, las formas del relieve que más favorecen la contaminación y su tipo asociada a cada forma del relieve. El análisis del agrietamiento realizado permitió reconocer las direcciones principales en que puede ocurrir la contaminación.

Resultados y discusión.

La estructura geológica y sus unidades estratigráficas se muestran en la tabla 1

Tabla I. Formaciones geológicas y posición estructural y estratigráfica.

Edad	Formaciones	Litología
Pleistoceno Medio a superior	Jaimanitas	Arrecife costero con abundantes microfósiles
Mioceno Inferior - Medio	Güines	Calizas biógenas, detríticas, dolomitizadas
Eoceno inferior y medio	Universidad	Margas masivas

El área de Puerto Escondido, se corresponde con la zona del Piso morfoestructural de la cobertura Neoaútóctona, unidad morfotectónica Mioceno - Cuaternario, esencialmente carbonatada carsificada, con un relieve cársico de llanuras marinas abrasivo - denudativas cársicas, modeladas sobre morfoestructuras expresadas en el relieve en forma de horst escalonados y sistemas bloques escalonados neotectónicos monoclinales ,(Díaz Díaz 1989), donde se desarrollan localmente campos de lapies libres y desnudos, semilibres o parcialmente cubiertos, que ocupan la mayor parte de la superficie más alta de planación, así como de depresiones asociadas a sumideros y a formas de conducción distribuidas bastante uniformemente por todas las superficies de planación.

El corte geológico presenta a la formación Jaimanitas desarrollada en una franja muy estrecha próxima a la costa y que se corresponde con la parte baja de la primera terraza marina. Paralela e inmediatamente en cotas superiores del relieve y ocupando el nivel más alto de la primera terraza y los niveles más altos de planación, se ubica la formación Güines. En la zona esta formación está compuesta en su facie carbonatada, por calizas de color crema recristalizada de granos muy finos, dura, en ocasiones dolomitizada, masivas agrietada y carsificada y en la facie carbonatada terrígena por calizas margosas con intercalaciones de margas. En la parte carsificada la formación presenta señales de oxidación presencia de coladas de sinters así como grietas rellenas con calcitas, sedimentos arcillosos y presencia de cavernas de distintas dimensiones. En la parte superior del relieve se encuentra la formación Universidad y que ha su vez constituye el basamento estructural de la zona, esta formación en la zona esta compuesta por margas masivas blancas y amarillentas bien expresadas en la vertiente sur del escarpe que forma el límite geomorfológico y estructural del área de estudio. El contacto entre estas tres formaciones es todos los casos es discordantes y que se nota muy bien en el relieve, debido fundamentalmente al tipo de superficie que origina y a la geometría de sus pendientes, como resultado de la evolución geomorfológica que sufrido el territorio y a las condiciones de sedimentación de cada una de las formaciones geológicas presentes en el área.

La zona se encuentra ubicada en la denominada región cársica Llanura Septentrional Habana Matanzas. Esta constituida por sedimentos carbonatados del Cuaternario y del Mioceno de origen eólico y marinos respectivamente. (Iturralde - Vinent, 1982). El relieve cársico, se desarrolla en el área de estudio. El relieve cársico está formado por campos de lapies cubiertos, semi libres y en sectores muy localizados libres o desnudos, se encuentran pequeñas cavidades asociadas a depresiones del tipo dolinas y sumideros en las terrazas altas y cuevas marinas en la costa.

El límite de la llanura costera hacia el sur, coincide en su mayor parte, con una escarpa abrupta. La escarpa actual está profundamente modificada por la erosión subaérea, pero su origen fue sin duda marino, pues, en muchas ocasiones, los sedimentos cuaternarios marinos llegaron hasta su base. (Iturralde-Vinent, 1982). La llanura está suavemente inclinada hacia el mar, y presenta de tres superficies

de planación cuaternarias principales de origen marino abrasivo - acumulativas. La primera terraza está labrada sobre la formación Jaimanitas en su parte baja y sobre la formación Güines en su parte alta. La segunda y tercera terrazas se modelaron sobre la formación Güines en su parte central y sobre la formación Universidad, en el borde y extremo superior del relieve, que coincide con el límite sur de la zona.

La escarpa que limita la primera terraza de las terrazas mas altas, presenta dos morfologías diferentes. La vertiente mas abrupta esta modelada sobre las calizas duras recristalizadas y carsificadas y las menos abruptas y más inclinadas, sobre la facie terrígena, ambas de la formación Güines.

Asociados a estos tres niveles de planación se reconocen igual número de niveles de cavernamientos, ubicados en el intervalo de 10 a 45 m de altura.

Para todo el litoral norte de las provincias de la Habana y Matanzas y en esta zona (Ducloz, en Acevedo 1986) reconoció cuatro niveles de terrazas marinas emergidas. Estas terrazas se muestran en la tabla II

Tabla II - Terrazas marinas regionales

Nombre	Altitud (m)	edad
Terraza de la Rayonera	25 -51	Plioceno
Terraza de Yucayo (dividida en una terraza principal inferior y otra secundaria superior	15 - 33	Pliocenp superior o pleistoceno inferior
Terraza del Puerto	Alrededor de 16	Pleistoceno inferior
Terraza del Seboruco	6 - 8	Pleistoceno superior

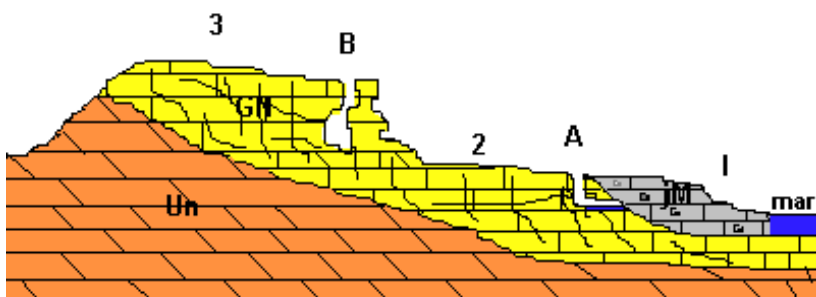
La orientación de los paleovalles, las escarpas del borde de las terrazas marinas y los morfoalineamientos, reflejan la orientación de la estructura tectónica y por tanto del acuífero que lo subyace hacia el mar. Esto refleja el carácter conforme del carso local (Molerio, 1974). Las principales formas del relieve, que rompen con la línea de la escarpa con azimuth de 40 grados, reflejan la dirección tectónica típica de la Orogenia cubana. El patrón de la carsificación lo constituye de forma mixta el agrietamiento y la estratificación. El agrietamiento controla las direcciones de las cavernas y la estratificación controla la formación de pequeños conductos cársicos, aunque el agrietamiento noetectónico favorece la formación de pequeñas cavidades.

La vulnerabilidad de las formas del relieve cársico. La posible contaminación del acuífero y de la red de drenaje superficial por derrames de hidrocarburos, son riesgos de tipo hidrológico que se manifiestan sobre el relieve cársico (infiltración de las aguas superficiales a la zona no saturada y al acuífero). Además, se considera entre otros, la relación entre el relieve y los elementos estructurales, que pudieran estar conectados con la zona no saturada y el acuífero. El riesgo ambiental en el relieve cársico, está

determinado por la relación directa entre las formas de absorción del relieve y su asociación con las formas de conducción. En el área la presencia de campos de lapies libres desnudos y semilibres parcialmente cubiertos (distribuidos uniformemente en las distintas superficies de planación), cavernas de tipo absorbentes e indirectas y la presencia de formas del relieve asociadas a fallas y contactos geológicos, permiten la infiltración directa en la zona no saturada y hacia el acuífero de cualquier contaminante que se encuentre en la superficie. Por las razones anteriores el área es altamente vulnerable a la contaminación.

En la figura 1 se muestra un esquema geólogo – geomorfológico. Las formaciones geológicas y la relación entre las terrazas marinas y el relieve cársico favorecen la ocurrencia del riesgo ambiental en el relieve.

Fig 1 Corte esquemático geólogo - geomorfológico

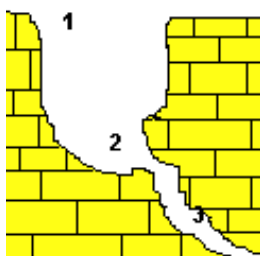


1-Parte baja de la primera Terraza, 2- Parte alta de la primera terraza, 3- Terrazas altas.

A- Cueva de La India, B- Cueva El Mirador

Jm – Formación Jaimanitas, Gn – Formación Guines, Un – Formación Universidad.

En la figura 2 se muestra un esquema general de las cuevas exploradas y documentadas donde se observan las relaciones entre los sumideros y los conductos cársicos.



1- dolina, 2- sumidero, 3- conductos cársicos



Las formas del relieve de mayor vulnerabilidad asociadas a toda esta caracterización geomorfológica se consideran a continuación.

Tabla III Vulnerabilidad de las formas del relieve cársico.

Formas del relieve	Tipo propagación geomorfológica de la contaminación.
Cavernas	Infiltración y conducción hacia la zona no saturada y por el acuífero
Campos de lapies	Infiltración directa hacia la zona no saturada y el acuífero
Paleovalles	Infiltración concentrada y difusa del escurrimiento

Es decir que la presencia de campos de lapies, cavernas y reflejos de una red de drenaje superficial antigua, es lo que hace vulnerable a la zona. En esencia la zona es en su totalidad una zona absorbente de las aguas de lluvia que se infiltran con rapidez hacia la zona no saturada. En las tres terrazas o superficies de nivelación están presentes las formas de absorción. El orden en que están estas formas del relieve referidas en la tabla anterior, refleja el orden en importancia del grado de vulnerabilidad de estas formas del relieve.

Análisis del agrietamiento. A partir de las mediciones de las grietas en cortes representativos y cavernas, se pudo establecer las características de la red de agrietamiento en las formaciones geológicas presentes en el área. En la tabla 4 se muestran los resultados

Tabla IV Características de la red de agrietamiento en las formaciones geológicas

Características de las grietas	Fm Güines	Fm Universidad
Dirección del agrietamiento	90	90
Angulo Buzamiento de las grietas	30	10
Rumbo Buzamiento de las grietas	360	360
Diámetro medio (m) de las grietas	0.008	0.001

De los valores de dirección y el rumbo de las grietas, observadas en los cortes geológicos estudiados, se reconoce que el flujo de las aguas subterráneas ocurre principalmente en dirección Norte.

En el área se exploraron tres cavernas, con el objetivo de conocer las principales direcciones del movimiento de las aguas subterráneas en conductos. Las cuevas exploradas y sus características se relacionan a continuación en la tabla 5.

Tabla V Características de las cuevas exploradas, ubicación geomorfológica y altura

Cavernas	Ubicación	Altura SNM (m)
La India	1ª terraza	10
El Jagüey	2ª terraza	40 - 45
El Mirador	2ª terraza	40 - 45

La cueva de La India está ubicada en el límite entre la parte baja y alta de la primera terraza asociada a una depresión de tipo dolina, mientras que las cuevas El Mirador y El Jagüey se encuentran en la segunda terraza y constituyen sistemas del tipo dolina-caverna-sumidero y sumidero-caverna respectivamente, en todos los casos constituyen cavidades de tipo indirectas, absorbentes, transcurrente y de caudal autóctono. La ubicación altimétrica de las tres cavernas exploradas y la presencia de conductos cárlicos en el escarpe que limita la terraza inferior de los otros dos niveles superiores, permite diferenciar tres niveles de cavernamiento por los que drena el sistema cárlico.

Estos niveles son: 1 - Nivel de cavernamiento inferior representado por la Cueva de La India en la cota 10 m de altura. 2 - Nivel intermedio representado por conductos y grietas ampliadas por disolución cárlica ubicadas entre las cotas de 10 a 45 m de altura. 3 - Nivel de cavernamiento superior representado por las cuevas del Jagüey del Mirador en la cota 40 - 45 m de altura.

En la tabla 6 se puede observar las direcciones de los conductos principales de las cavernas, direcciones principales de riesgos geomorfológicos.

Tabla VI Relación de las direcciones principales de las cavernas.

Nombre de la cueva	Dirección del conducto principal
La India	70 y 150
El Mirador	40 y 170 grados
El Jagüey	60 y 120 grados

Por su parte, la tabla 7 muestra la frecuencia absoluta de la dirección de las grietas en las formaciones geológicas y las direcciones principales de los conductos en cada una de las cavernas documentadas.

Tabla VII Frecuencia de los sistemas de grietas en las formaciones geológicas y de las direcciones principales de las cavernas.

Frecuencia de la dirección de las grietas				Direcciones principales de las cavernas		
Dirección	Fm. Un	Fm. Gn	Total	C. Jagüey	C. La India	C. El Mirador
10	3	3	6			
20	6	3	9			
30	0	0	0			
40	4	1	5			x
50	5	3	8			
60	1	0	1	x		
70	1	3	4		x	
80	0	0	0			
90	9	15	24			
100	3	11	14			
110	2	2	4			
120	3	3	6	x		

130	0	1	1		
140	0	1	1		
150	2	0	2	x	
160	7	1	8		
170	1	2	3		x
180	2	3	5		
Total	49	52	101		

Un análisis conjunto de las direcciones de los conductos principales de las cavernas y de las grietas medidas en los afloramientos de las formaciones geológicas, permite reconocer que en el sistema de agrietamiento general, las direcciones más frecuentes son **20, 50, 90, 100 y 160** grados y que las direcciones comunes entre ambos sistemas lineales del relieve son **40, 60, 70, 120, 150 y 170** grados. Estas direcciones pueden ser consideradas por lo tanto como las de mayor riesgo de que ocurra la contaminación de la zona no saturada y del acuífero. En el histograma correspondiente se muestra la distribución de tipo multimodal y la frecuencia del sistema de agrietamiento.

CONCLUSIONES

El estudio geomorfológico realizado, permitió identificar las formas del relieve, superficiales y subterránea, los sistemas de grietas, la dirección de conductos cársicos que más favorecen la posible contaminación del acuífero y en la forma que esta puede ocurrir, reconociéndose los Tipo propagación geomorfológica de contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo González, Manuel José (1986): "La influencia del Cuaternario en el desarrollo del relieve de Cuba occidental: Su regionalización". **Tesis para la obtención del grado científico de candidato a Dr en ciencias geográficas. Ministerio d educación. I.SP.E.J.V, facultad de geografía.**

Aguilo Alonso, Miguel, et,al, (1998): Serie monográfica. **Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología.** Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General de Medio Ambiente. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.

Díaz, Díaz, J,L y Colab (1989): "Morfoestructuras" **en nuevo atlas nacional de Cuba, Instituto Geográfico Nacional, Moscu, IV.3. I (8).**

Guerra Oliva, Mario G y Colab (2000): **Una alternativa para el ordenamiento de la información geomorfológica cualitativa en las evaluaciones ambientales.** Publicación electrónica Memorias de Geoinfo 2 000 ISSN 1028-8961

Instituto de Geología y Paleontología (1982) **Contribución a la Geología de las provincias de la Habana y Ciudad de La Habana.** Academia de Ciencias de Cuba. Editorial Científico – Técnica, Ciudad de La Habana,(155).

Martínez, Martínez Jesús (1996): **Geomorfología ambiental. Primera parte.** Universidad de Las Palmas de Gran Canarias. Servicio de publicaciones. (Fotocopia).

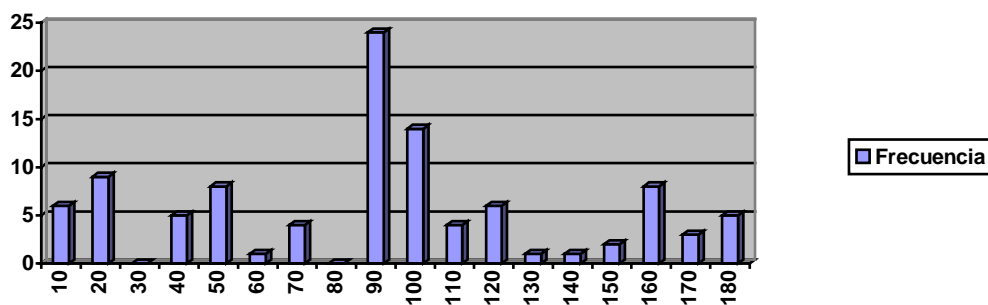
Molerio León, Leslie F. (1974): **Esquema Geoespeleológico Preliminar de Cuba. Memoria Explicativa del Mapa de las Regiones Cársicas de Cuba a escala 1:1 000 000.** Simp. XXXV Aniv. Soc. Espel. Cuba, La Habana, 68.

Molerio León L.F.; M.G. Guerra Oliva; J.C. Torres Rodríguez; E. Rocamora Alvarez (1998): **Vulnerabilidad Intrínseca y Riesgos Ecohidrológicos del Oleoducto Varadero-Matanzas.** Archivo Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA.

Anexos

Mapa de localización del área de estudio.

Histograma de frecuencia del sistema de agrietamiento





DISEÑO RACIONAL PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS LATERÍTICOS MINADOS.

Ing. Delfina Guilarte Alpajón

ISMM. Dr. Antonio Nuñez Jiménez. Las coloradas S/N. Moa. Holguín

C.P 83329.Fax.(53)-(24)-6-2290/6-2326

E mail.: dguilartea@moa.minbas.cu

ABSTRACT

The exploitation of menas containing nickel tribute to the development of the country but it brings about one accelerated degradation of the soils where it is reflected by the heights that are produced in the physiogeographical modifications, therefore the objective of this work is to show the design but the projection of the final configuration of this soils as right measurement of the impact produced.

The alternatives are shown by the application of the rehabilitation of the areas during the exploitation with the analysis, furthermore the factors that appear in the general planification of the integrated exploitation and the landscape and the methodology for the restored projection.

Its principal results are the obtention of one design that allows a mining rentable operation and one economically viable restoration with one integration of the assembly with the characteristics of the natural landscape surrounded.

La explotación de menas níquelíferas contribuyen al desarrollo económico del país pero a su vez conlleva a una degradación acelerada de los suelos donde se muestra por las alteraciones que se producen en las modificaciones fisiogeográficas; por eso el objetivo de este trabajo es mostrar el diseño para la proyección de la configuración final de estos suelos como medida correctora del impacto producido.

Se muestra las alternativas que se pueden aplicar en la rehabilitación de las áreas durante la explotación, con el análisis además de los factores que intervienen en el planeamiento general de la integración de la explotación y el paisaje y la metodología para la proyección de la restauración.

Sus principales resultados son la obtención de un diseño que permita una operación minera rentable y una restauración económicamente viable con una integración del conjunto lo mas acorde posible con el paisaje natural circundante.

INTRODUCCIÓN

El estado que presentan las superficies después de finalizadas las actividades mineras conspira en mucho de los casos con la calidad de vida por lo que es necesario tener una concientización de acción de la sociedad y pensar en un aprovechamiento racional del recurso por la degradación paisajística que



ocasiona, de aquí su relación con la recuperación de éstas áreas de manera que en unos casos se podrá recuperar su uso original o establecer uno nuevo.

En el caso particular de los yacimientos lateríticos , la aplicación de otros usos tiene sus limitaciones por las características propias del material que se extrae y se deposita como escombro; pero teniendo en cuenta el lugar donde se ubican estos, donde la proximidad del entorno presenta un desarrollo urbanístico acelerado, bien pueden estas áreas ser utilizables no sólo con fines forestales sino también dándole un uso de tipo social que retribuiría parte de las áreas desbastadas.

Es importante tener en cuenta que al proponerse estos usos o formas de recuperación deberá mantenerse la combinación con la reforestación y ajustarse a las necesidades de la zona y su entorno por lo cual se hace necesario hacer una proyección de la rehabilitación en correspondencia con la planeación general de la extracción.

Para llevar a cabo este trabajo se tuvo en cuenta la siguiente **metodología de investigación**:

- 1.- Análisis del medio físico.
- 2.- Factores que condicionan la rehabilitación
- 3.- Posibilidades, inconvenientes y premisas para llevar a cabo la revegetación.
- 4.- Preparación del terreno para realizar la rehabilitación
- 5.- Requerimiento y soluciones para implantar un determinado uso
- 6.- Corrección necesaria para realizar la rehabilitación.
- 7.- Trabajo de protección y procesos para ejecutar la recuperación
- 8.- Análisis de la rehabilitación actual y determinación del coeficiente de recultivación.
- 9.- Nuevas propuestas de recuperación de áreas minadas
- 10.- Metodología para la proyección.

El proceso para la evaluación de usos de alternativas y la restauración integral de los suelos lateríticos se muestra a través de un diseño según el **grafico # 1**.

Es sumamente importante el análisis de etapas donde se puedan valorar las posibilidades aplicación de las diferentes alternativas o su eliminación al encontrarse inconvenientes cuando se analiza el medio físico y factores que intervienen en la elección .

Etapas I.(E I). Elimina varios usos por lo que pueden variarse las alternativas, adquirir nueva información del Medio Físico (MF) y reelaborar los objetivos. Se analiza las características económico y social del entorno, así como los usos actuales, el crecimiento de la población y los planes de desarrollo.



Etapas II. (E II). Es un proceso más global no se detalla mucho pudiéndose obtener empleando algunas técnicas como listas de chequeo conocidas, verificando las limitaciones físicas o químicas que impidan el uso.

Etapas III. (E III). Aquí se estimarán inversiones y costos necesario para un uso determinado.

Las alternativas para un uso determinado se muestra en la **Tabla I**

Con vistas a automatizar el proceso de restauración se confeccionó el algoritmo de trabajo que se muestra en el **gráfico # 2**

DESCRIPCION DEL ALGORITMO

Planteamiento del problema. (2) Análisis de las fuentes. (3) Enunciado de problemas no resueltos(4) Planteamiento de los objetivos(5) Definición de tareas para alcanzar los objetivos. (6) Estudio, inventarización y recopilación de datos del medio físico. (7) Propuesta de la alternativa del uso del terreno para la variante de rehabilitación(**Tabla II**) (8) Requerimientos y soluciones del área para uso propuesto (9) Combinación de alternativas. (10) Determinación de las propiedades (físico, químico, mecánica) y características del relieve(11) Factores que condicionan un determinado uso (**Tabla I**) (12) **Etapas para la valoración de alternativas**(13) Análisis preliminar económico social.(ETAPA I). (14) Análisis preliminar ambiental.(ETAPA II). (15) Análisis preliminar final. ETAPA III). (16) Definición de la variante por su viabilidad(17) Acondicionamiento del terreno. (18) Corrección de alternativas con la rehabilitación definida(19) Trabajos y procesos de protección de la variante de rehabilitación . (20) Descripción de los requerimientos para los proyectos de explotación (21) Análisis del cumplimiento de los objetivos. (22) Discusión y aprobación del informe(23) Aplicación de los resultados. (24) Fin

La recuperación mantiene una estrecha relación entre la vegetación y los usos del terreno, de manera que las limitaciones que puedan surgir en el establecimiento o durante el crecimiento de las plantas suponen también restricciones en la elección del uso.

Es importante señalar que la recuperación puede llevarse a cabo por la revegetación la cual juega un papel protagonista aunque no deja de tener ciertas desventajas que presenta

Es importante cuando se lleva cabo la vegetación tener en cuenta los factores que influyen en el desarrollo de las plantas tales como: **Climatológicos** (Temperatura, precipitación, viento);**Edáficos físico**(textura del suelo, densidad, porosidad y compactación, calor, estabilidad);**Edáfico químico**(Toxicidad, metales pesados, solubilidad de los metales, concentración crítica de los metales, acidez y alcalinidad, nutrientes y salinidad.

Por otra parte debe tenerse en cuenta los tipos de especies vegetales a aplicar en los terrenos afectados.

TIPO DE ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS EN TERRENOS AFECTADOS

Para uso agrícola: Se utilizan especies que proporcionan un establecimiento rápido a la cubierta vegetal y alta productividad.



Para el uso de hábitat para la fauna: Se emplean especies autóctonas y naturalizadas. Especies que proporcionen semillas, frutas que sean de gusto agradables, lugares para nidificar, etc.

Uso original para el establecimiento de la vegetación: Especies autóctonas, producción para madera o para alimentos, especies que se regeneran después de incendios.

Uso recreativo: Especies tolerantes desarrolladas para cubrir terrenos deportivos, especies que soporten el pisoteo, especies de baja productividad.

Los estériles fundamentalmente los que se acumulan en las escombreras por ser estos las áreas fundamentales a rehabilitar deben someterse a determinados ensayos para garantizar su uso definitivo entre los que podemos mencionar: curva granulométrica, peso específico, plasticidad, compactación, capacidad portante, resistencia a la compresión, permeabilidad, concentración de azufre y PH.

El resultado de estos análisis se conocen de forma general en los yacimientos lateríticos pero para cada uso en particular que se desee dar al terreno deben realizarse debido a que el comportamiento de los indicadores puede ser diferente según las exigencias que requiera la utilización del terreno.

Al proyectar la rehabilitación no sólo se valora el análisis de las posibles alternativas sino otros aspectos como: los puntos de interés singular y las limitaciones para otros usos.

Puntos de interés singular: Posibilidad de explotación turística, valor científico didáctico, accesibilidad Discordancia angular, erosiva, interés geomorfológica y tectónico, procesos fluviales y cárlicos originando un modelado que cambien valles encajados, cascadas, pozos, etc; en el caso particular por los problemas de polución que se presentan en estos suelos minados no es factible utilizarlos.

Limitaciones para otros usos

Condiciones de cimentación: Son limitaciones para actividades constructivas por poca capacidad portante, riesgo de colapso u otras limitaciones geotécnicas.

Inestabilidad de las laderas: Zona sujetas a deslizamientos de masa, probabilidades para la construcción y otras actividades.

Preservación de suelos: Zonas de mayor calidad de suelo con prioridad agrícola para la producción de alimentos.

Inundaciones: Zona inestable de larga permanencia.

Protección de aguas subterráneas: Zonas de usos de vertederos de sustancias contaminantes, instalaciones urbanas e industriales o actividades agrícolas con uso intensivo de pesticidas, herbicidas o fertilizantes por existencia de acuífero debido a existencia de acuífero importantes situados bajo formaciones permeables.

Teniendo en cuenta todas las condicionantes expuestas anteriormente puede llevarse a cabo la proyección de los proyectos de rehabilitación para dar cumplimiento a la legislación vigente acerca de la protección del medio ambiente cuando se realizan proyectos para la explotación minera según la siguiente metodología.



METODOLOGÍA PARA LA PROYECCION DE LA REHABILITACION.

1.- Datos iniciales para elaborar el proyecto. 2.- Condiciones naturales de la región para los trabajos de rehabilitación. 3.- Características ingeniero - geológicas . 4.- Características hidrológicas e hidrogeológicas. 5.- Características edafológicas y pedológicas. 6.- Características de la empresa por su influencia dañina al medio. 7.- Tipo y parámetros de terrenos degradados. 8.- Determinación de la dirección óptima de rehabilitación. 9.- Plan general y planificación vertical. 10.- Régimen de trabajo de la rehabilitación. 11.- Esquemas tecnológicos de rehabilitación de terrenos degradados. 12.- Medidas especiales de rehabilitación. 13.- Plan calendario de rehabilitación. 14.- Índices técnico - económicos. . 15.- Paquete gráfico.

CONSIDERACIONES GENERALES

- * La efectividad de las alternativas de rehabilitación de las áreas dañadas dependerá del análisis de las particularidades de cada área afectada para definir cual será la óptima.
- * El estudio de la integridad de los factores que intervienen en la aplicación de variantes para recuperar las áreas minadas permitirá realizar una explotación racional e integral del recurso mineral.
- * La metodología para la proyección de la rehabilitación posibilita tiempos mínimos de recuperación de áreas afectadas y la viabilidad del proyecto minero desde el punto de vista ecológico - económico y social.
- * El algoritmo y el diseño presentado para la evaluación de la recuperación permite una mejor organización y planeación general de la explotación minera en los yacimientos de níquel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Aspectos geológicos de protección ambiental. Volumen I .Oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Uruguay 1995.
- 2.- Carpeta de apuntes del Seminario Internacional de explotación minera y Medio Ambiente. La habana .1996.
- 3.- Fornasari Filho Nilton. Experimentos de revegetação destinados ao controle de erosão em corpos de Bata-Fora da mina de CaraBravo-Go. Congreso Brasileño de Geología, Goiânia, Goiás, 1996 V I.
- 4.- Gorlov, V.D., - Rehabilitación de terrenos en canteras, Ed. Niedra, Moscú, 1981.
- 5.- IBAMA. 1990. Manual de Recuperação de áreas degradadas pela mineração. Técnicas de revegetação. Ibama. Brasília. 96 p.
- 6.- Manual metodológico para la identificación, preparación y evaluación de proyectos ambientales. DNP. República de Colombia.
- 7.- Posibilidad de integración de los terrenos afectados por las canteras y minas a cielo abierto. 1989.
- 8.- Repoblaciones forestales D: G: de Medio Ambiente, MOPU, Madrid, 1989.
- 9.- Tecnologías para la reforestación de áreas degradadas por la minería.



Grafico 2 ALGORITMO

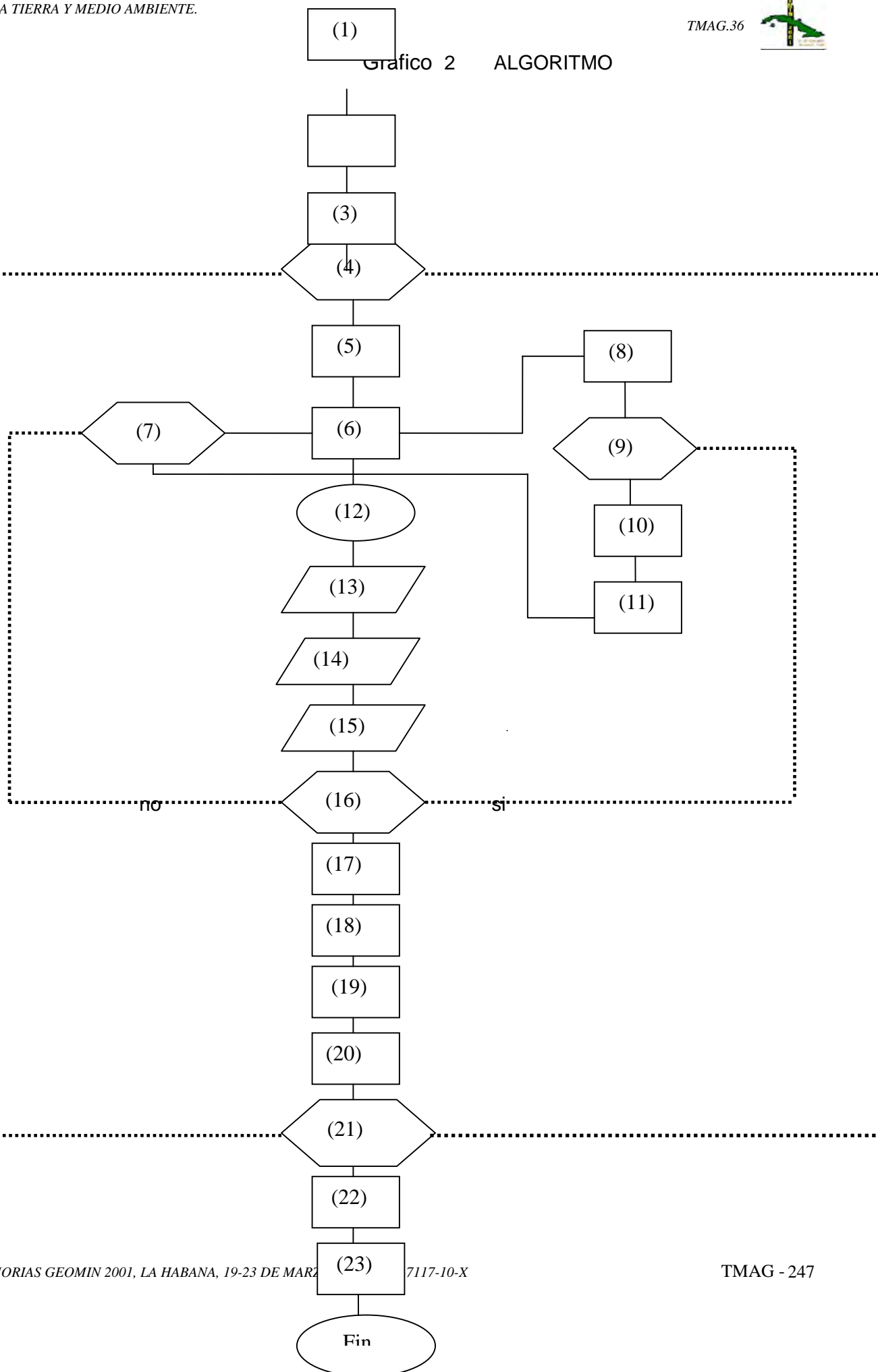


Gráfico # 1 PROCESO DE EVALUACIÓN DE USO DE ALTERNATIVAS

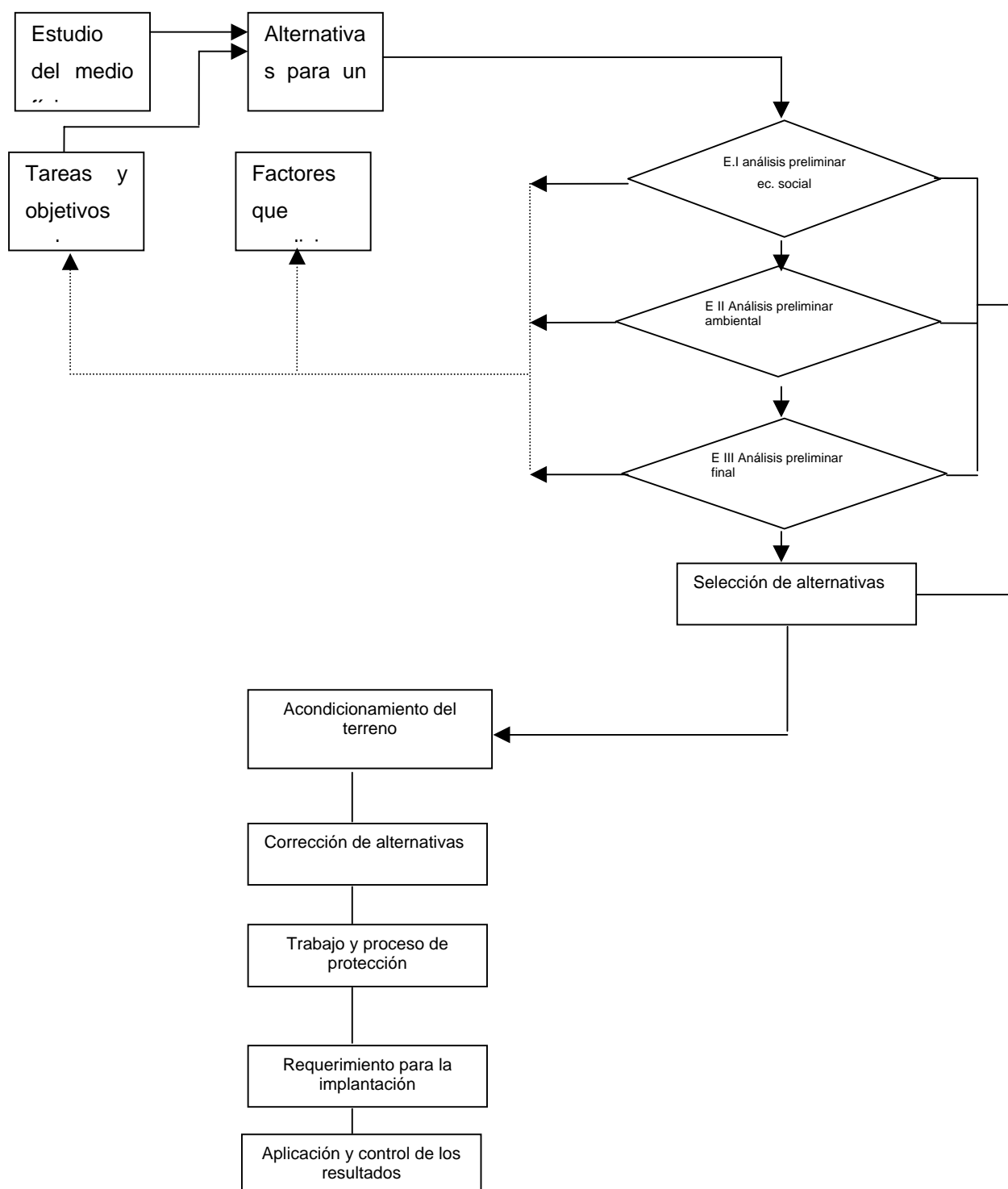




TABLA I ALTERNATIVAS PARA UN USO DETERMINADO EN LOS YACIMIENTOS LATERITICOS.

TIPO DE USO	AREAS IDONEAS	ALTERNATIVAS	REQUERIMIENTOS	MEDIDAS DE SOLUCION
Agrícola (A)	Huecos superficiales y escombreras	Siembra de almendros, marañón (silvicultura y entomología)	<ul style="list-style-type: none"> - Huecos de excavaciones grandes y poco profundas. - LIMITACIONES: <ul style="list-style-type: none"> a) Química: acidez/alcalinidad, Nutrientes y toxicidad. b) Físicas: <ul style="list-style-type: none"> ♦ Pendiente < 15 % ♦ Pendiente < 5% ♦ Uso de plantaciones de secano. ♦ Disponibilidad de agua. ♦ Protección de las aguas subterráneas por el uso de plaguicidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Añadir materia orgánica. ❖ Combinar la granulometría en el suelo ❖ Posible aportación de nutrientes ❖ Buen drenaje ❖ Modificar pendientes si se necesita. ❖ Establecimiento de la cobertura vegetal.
Forestal y Areas verdes (B)	Escombreras o laderas	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Siembra de plantas decorativas (viveros de viveros u obtenida por tecnología de invitro) ♦ Apicultura ♦ Siembra de arboles como casuarina, almendros y arbustos como la dracena cubensis, hicacos, yagruma que proliferan muy bien en la zona. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se precisan suelos de gran fertilidad. - Limitaciones en taludes con pendientes >70 % (35°). - Superficies de cierta extensión (> 0.25 ha). - Espesor del suelo y subsuelo para su instauración diferente según la especie. - Estudio de la composición química del suelo, PH. - Construcción de escombreras con parámetros acorde con parámetros a estas alternativas 	<ul style="list-style-type: none"> - Añadir materia orgánica. - Posible aportación de Nutrientes según adaptación a estas especies. - Crear micro viveros de estas plantas para su reproducción o aplicar la técnica invitro.
Recreativo y deportivo (C)	Zonas con cotas por encima del sector residencial y donde esté presente la serpentina.	<ul style="list-style-type: none"> • Parque de diversiones • Complejo deportivo • Miniparque zoológico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad de taludes. - Zonas > de 10 has. - Zonas con agua cercanas. - Ubicación contraria o adyacente a la dirección del viento. - Ensayos de la capacidad portante del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remodelado del terreno. - Corrección de pendientes. - Medidas estructurales si son necesarias. - Necesidad de mantener la capacidad del suelo y siembra de árboles secos frondosos para climatizar la zona inmediato a la culminación de la extracción.

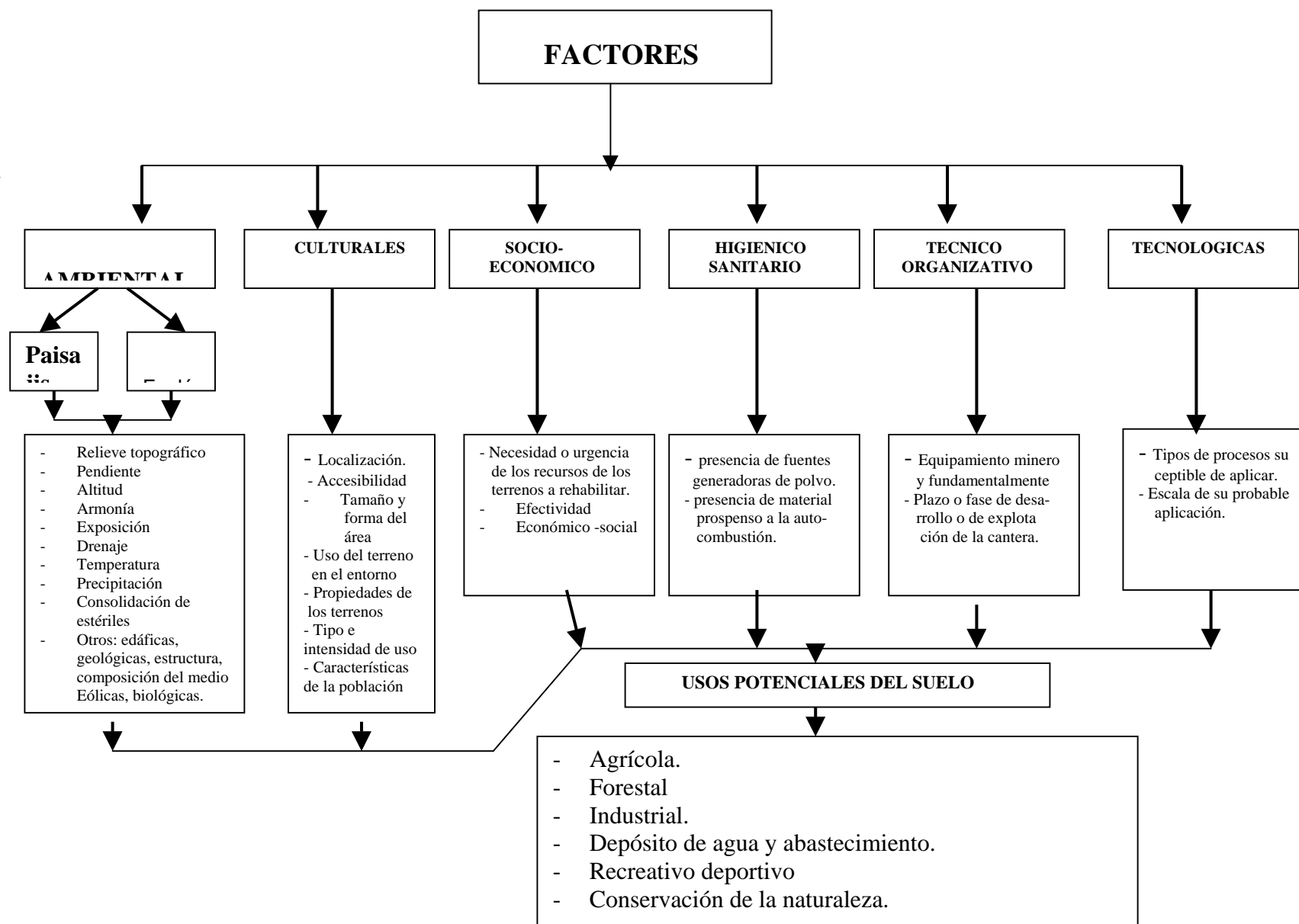


TABLA I ALTERNATIVAS PARA UN USO DETERMINADO EN LOS YACIMIENTOS LATERITICOS.(continuación)

TIPO DE USO	AREAS IDONEAS	ALTERNATIVAS	REQUERIMIENTOS	MEDIDAS DE SOLUCION
Industrial urbanístico (D)	Depresiones y escombreras estables	<ul style="list-style-type: none"> - Presas de colas hidráulicas. - Almacenes industriales 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de taludes y control de la erosión. - Estudio de características geotécnicas de los terrenos para cimentaciones. - Localización cerca de núcleos urbanos y rurales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remodelado para reducir pendientes. - Obras de drenaje. - Medidas estructurales cuando sea necesario
Vertederos de basuras y estériles (E)	Zonas de pendiente suave o llana y depresiones de profundidad media(todas poco visibles)	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Vertederos con residuos urbanos para la obtención del biogas. ♦ Vertederos industriales (residuos de plantas metalúrgicas que propicien el crecimiento de la cubierta vegetal en taludes y escombreras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de la permeabilidad de materiales y rocas. - Clasificación correcta de los vertidos. - diseño de los vertederos por su capacidad de carga y ubicación respecto a zonas urbanas. - Facilidad de acceso. - Análisis de la cercanía respecto al manto freático. - Análisis químico de residuos de planta metalúrgicas con componentes orgánicos para la reforestación 	<ul style="list-style-type: none"> - Impermeabilización - Mejoras de drenaje interno y superficial.



TABLA II FACTORES CONDICIONANTES PARA UNA REHABILITACION RACIONAL





LA PLANIFICACION PARA CONTINGENCIAS, SU APLICACION EN LAS TAREAS DE PROSPECCIÓN EXPLORACIÓN DE PETROLEO.

MsC José C. Nuñez⁽¹⁾ , Ing. Magdalena López (2)

- (1) GEOCUBA, Investigaciones y Consultoría, Calle 4 No. 308 y 3ra y 3ra A, Miramar, Playa, Ciudad Habana. C. Eléct.: jcnunez@geocuba.cu.
- (2) Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM), Ave. Salvador Allende No. 666 e/. Oquendo y Soledad. Ciudad Habana. C. Eléct.: magda@onrm.minbas.cu

ABSTRACT

A contingency is defined as an event or event that it happens in most of the cases in sudden or unexpected form, and it causes alterations in the normal patterns of life or human activity and in the operation of the involved ecosystems.

This contingency unchains an emergency situation in the measure in that he/she can force to the activation of answer procedures to minimize the magnitude of its effects and to generate a disaster when its magnitude exceeds any control capacity or answer mitigadora, and he/she forces to he/she worked on its consequences.

The presented work defines a proposal of Planning for Contingencies whose fundamental mission is to incorporate identification tools and forecast of threats to assure the success of a project, by means of the adoption of preventive or structural strategies (in design), control procedures and answer (in construction, equipment and operational organization) and mechanisms of remediación of consequences (in its relationships with its social and environmental environment) with the purpose of guaranteeing its permanency and growth inside the reality socioambiental of a given geographical space.

Based on practical experiences of the work it defines as focusing the Plans of Contingency to all the factors of risk including those that are assumed conscious and inevitably for the project managers, not defining alone the elaboration of an intention document on like the organization will react before a given event, but rather it consists of the most efficient analysis

RESUMEN

Basado en experiencias prácticas del trabajo define como enfocar los Planes de Contingencia a todos los factores de riesgo Una contingencia se define como un evento o suceso que ocurre en la mayoría de los

casos en forma repentina o inesperada, y causa alteraciones en los patrones normales de vida o actividad humana y en el funcionamiento de los ecosistemas involucrados.

Esta contingencia desencadena una situación de emergencia en la medida en que pueda obligar a la activación de procedimientos de respuesta para minimizar la magnitud de sus efectos y generar un desastre cuando su magnitud excede cualquier capacidad de control o respuesta mitigadora, y obliga a trabajar sobre sus consecuencias.

El trabajo presentado define una propuesta de Planificación para Contingencias, cuya misión fundamental es incorporar herramientas de identificación y previsión de amenazas para asegurar el éxito de un proyecto, mediante la adopción de estrategias preventivas o estructurales (en diseño), procedimientos de control y respuesta (en construcción, equipamiento y organización operacional) y mecanismos de remediación de consecuencias (en sus relaciones con su entorno social y ambiental) con el fin de garantizar su permanencia y crecimiento dentro de la realidad socioambiental de un espacio geográfico dado.

incluyendo a los que son asumidos consciente y inevitablemente por los gerentes de proyecto, definiendo no solo la elaboración de un documento de intención sobre como reaccionará la organización ante un evento dado, sino que consta del análisis más eficiente de los factores críticos:

INTRODUCCIÓN

La planificación de contingencias tiene un fuerte nexo conceptual con la planificación ambiental de proyectos y sus elementos estratégicos primordiales, el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Los tres toman la misma información del ambiente (la ecología y la realidad socioeconómica del lugar) y la incorporan en la planificación del proyecto. Podría decirse, incluso, que el DAA y el EIA, muy lejos de ser simples requisitos normativos para la obtención de licencias ambientales, constituyen el insumo de información primordial para que el gerente de proyectos pueda identificar con claridad los riesgos a que está expuesto su proyecto, y tome las acciones preventivas necesarias.

METODOS PARA EL ANALISIS

Lo anterior conduce a que el concepto **Prevención** está implícito en los **Planes de Manejo Ambiental** de los proyectos, e incluye actividades tan diversas como:

- Selección de ubicación de los proyectos
- Mantenimiento de plantas
- Control operativo y de proceso
- Control en transporte
- Preparación de trabajadores y comunidades
- Construcción en zonas de baja sensibilidad ambiental



- Establecimiento de sistemas de alarma en zonas de alto riesgo

Otro aspecto de la prevención, especialmente en el terreno de los riesgos asumidos o inherentes al proyecto, es la **Preparación o Capacitación** de instituciones y comunidades para responder a los desastres.

La inclusión de las comunidades y las organizaciones que las representan es un aspecto estratégico de gran utilidad dentro de un plan de contingencia, pues genera respaldo común al esfuerzo de manejo de la emergencia, aumentando la efectividad de las labores de control.

Ahora bien, si los Planes de Manejo Ambiental (PMA) que se elaboran a partir de los resultados de los Evaluación de Impacto Ambiental contienen la identificación de los riesgos y la adopción de las medidas preventivas necesarias, podríamos decir que se ha recorrido la mitad del camino de la planificación de contingencias.

Sin embargo, hay riesgos identificados por el EIA que no son manejables dentro del espectro de acciones del PMA. Veamos algunos ejemplos:

En el ámbito ambiente → proyecto:

- Riesgos de baja probabilidad o rara ocurrencia (tsunamis, terremotos de alto nivel destructivo, inundaciones pico, etc.), sujetos a “la mano de Dios”.
- Riesgos de probabilidad media o alta asumidos por el proyecto (puede suceder por que no hay mejores alternativas de localización,).

En el ámbito proyecto → ambiente:

- Riesgos inherentes a la operación (relacionados con ausencia de alternativas para el procedimiento constructivo o el proceso químico y sus efectos sobre el ecosistema).
- Accidentes tecnológicos (relacionados con la operación o el mantenimiento de la instalación involucrada, normalmente de baja frecuencia de ocurrencia y generalmente de menor escala.).

Los Planes de Contingencia están enfocados, pues, en aquellos factores de riesgo que pueden ser detectados o no por un EIA; aquellos que, aunque identificados, no pueden ser incluidos en un PMA y aquellos que son asumidos consciente e inevitablemente por los gerentes de los proyectos.

En este sentido, la planificación de contingencias va mas allá del reconocimiento de los riesgos inherentes y la elaboración de un documento de intención sobre cómo reaccionará la organización ante un evento dado. Dentro de un esquema de calidad total, se entenderá que un Plan de Contingencia existe, o es funcional, si consta de los siguientes tres factores críticos :

- **Documento Plan de Contingencia (PDC):** constituido por un libro o grupo de manuales donde se enuncia la intención y objetivos de la organización en cuanto a su preparación para enfrentar las emergencias, se identifican los riesgos, se establece una organización de respuesta y se definen unos procedimientos de actuación. Viene acompañado de mapas de las instalaciones, manuales didácticos, diagramas de flujo, formatos de notificación y control, etc.



- **Programa de Entrenamiento:** constituido por un proceso funcional (verificable) de capacitación y entrenamiento del personal, las comunidades y las autoridades involucradas en la filosofía, organización y procedimientos de respuesta establecidos como parte del Plan de Contingencia. Es, si se quiere, el documento PDC implementado en la organización y su entorno.
- **Inventario Disponible de Recursos:** constituido por equipos y materiales especializados, de soporte y de apoyo disponibles en la instalación, sus vecinos, las comunidades y las instituciones involucradas, los cuales permiten combatir y controlar en forma eficiente los efectos del desencadenamiento de una emergencia.

En los numerales siguientes, por lo tanto, se presenta un resumen de los elementos que los autores recomiendan tener en cuenta al diseñar el contenido de los Planes de Contingencia para el Sector Productivo e Institucional en el País., fundamentalmente para el sector petrolero

RESULTADOS

. INSTRUMENTO ESTRATÉGICO

Como su nombre lo indica, el Instrumento Estratégico establece el alcance y la filosofía del PDC sobre la base de los riesgos identificados. Define su cobertura, la organización y responsabilidades del personal involucrado y los niveles y estrategias de respuesta según la magnitud, severidad o proximidad del riesgo o suceso. Su contenido sugerido consta de tres partes principales, así:

- **Presentación General**
 - Presentación, objetivo, alcance y filosofía general del PDC.
 - Resumen ejecutivo del contenido del Plan.
 - Marco jurídico nacional y regional, requerimientos locales y acuerdos vigentes.
 - Marco institucional: autoridades .
 - Area geográfica de aplicación, interfase de ayuda mutua con empresas afines.
- **Evaluación de Riesgos**
 - Descripción del Ambiente e identificación de amenazas naturales y antrópicas.
 - Descripción del Proyecto e identificación de factores de amenaza hacia el ambiente.
 - Identificación de elementos vulnerables del proyecto a amenazas naturales.
 - Identificación de elementos vulnerables del ambiente a amenazas tecnológicas.
 - Cruce de factores de amenaza y vulnerabilidad: definición de escenarios de riesgo.
 - Selección de escenarios críticos de riesgo y prioridades de protección.

Como se dijo anteriormente, existen diversas metodologías para la evaluación de riesgos, las cuales son mas o menos aplicables según el tipo de proyecto a considerar.

Aspectos Organizacionales

Una vez los riesgos han sido plenamente identificados, el gerente de proyecto sabe cuales de ellos pueden ser minimizados a través de las medidas preventivas y cuales asume o considera inevitables o inherentes al mismo. En este punto ya ha identificado qué dimensiones debe tener su Plan de

Contingencia y qué porcentaje de su personal debe ser entrenado para que haga parte, dentro de sus funciones básicas, de la estructura de respuesta.

El dimensionamiento de los riesgos le permitirá establecer los niveles de organización requeridos para responder a emergencias según su magnitud, grado de severidad o proximidad a la instalación (véase ejemplo ilustrativo de niveles de activación en la Figura 1).

Dependiendo del tamaño de la compañía, instalación, proyecto o entidad, la organización de cada nivel puede ser mas o menos compleja. En compañías muy pequeñas se puede partir de una esquema simple que incorpora a los contratistas y comunidades en su organigrama (con su consentimiento y respectiva formación, por supuesto), y en grandes empresas o entidades del estado, los miembros del organigrama pueden tener incluso suplentes que puedan desempeñar con igual eficiencia sus funciones.

Un Director, a cargo de las decisiones mayores de la empresa (asignación de recursos, autorizaciones de contratación, activación del Plan, notificación a las autoridades, vocería oficial, ayuda mutua).

- Un Coordinador o Comandante en Escena, a cargo de las decisiones operativas y la coordinación entre los diferentes componentes de la respuesta: logística, control de la emergencia, control de las operaciones, apoyo, etc.
- Unos coordinadores de tarea, responsables por la ejecución directa de las operaciones de respuesta y control.
- Unas brigadas de respuesta.

. INSTRUMENTO OPERATIVO

En el Instrumento Operativo del Plan de Contingencia se establecen los pasos que la organización creada en el Estratégico debe dar para controlar la contingencia. En algunos países éste es el **Plan de Emergencia**, y está constituido por una serie de procedimientos de notificación, evaluación, alistamiento y respuesta, complementados con procedimientos de control de avance o eficiencia, criterios para dar por terminadas las operaciones de respuesta y normas para realistamiento, monitoreo de áreas afectadas y evaluación de la eficacia del Plan. La Figura 4 ilustra el proceso operativo y los insumos de información que cada paso requiere a partir del documento PDC y de fuentes locales o regionales.

Con relación al contenido del documento, se sugiere dividirlo en cuatro áreas principales, así:

- **Procedimientos iniciales**
- **Procedimiento de movilización y planes de emergencia**

Los planes de emergencia deben ser, en lo posible, diagramas de flujo que permitan a los coordinadores de respuesta tomar decisiones por mecanismos de eliminación de variables (sí - no) en forma rápida y certera. Las variables a incluir en un árbol de decisión están sujetas al comportamiento del sujeto de la contingencia (un escape de un gas tóxico, un derrumbe, una huelga o el agotamiento de un insumo de materia prima).

- **Notificación externa, control operativo y evaluación de avance**



Generalmente, para efectos de protección de instalaciones y seguros, las compañías tienen formatos prediseñados de notificación de fuerza mayor que es necesario incluir en el PDC. En otros casos, las autoridades ambientales y los comités de emergencia han diseñado formatos de aplicación local o regional para notificación y activación del sistema regional PAD, o hay que diseñar y concertar mecanismos de reporte. Normalmente, los formatos diseñados por el Estado como parte de un sistema de información de emergencias priman sobre los de la Compañía.

- **Terminación de operaciones**

- Criterios de limpieza o descontaminación de áreas afectadas (participativo).
- Programa de monitoreo de áreas o personas afectadas.
- Procedimiento de Investigación de causas del evento.
- Preparación de reporte oficial final.
- Procedimiento de evaluación de eficiencia del PDC.
- Procedimiento de realistamiento.

Para la adopción de criterios de terminación y la iniciación de las actividades post emergencia, se recomienda seguir dos reglas metodológicas básicas:

- Los criterios de limpieza, nivel de descontaminación o grado de recuperación deben ser concertados con anterioridad internamente, con las autoridades y comunidades locales. No siempre se debe esperar 100% de recuperación o limpieza, según el producto vertido o emitido, o desmontar la emergencia sólo hasta el final de las labores de recuperación.
- Los procedimientos de monitoreo, investigación, realistamiento, etc., deben ser adoptados, al menos temporalmente, como normas de aseguramiento de calidad (criterios ISO 9000) con el objeto de que pueda medirse el desempeño de la compañía, entidad o proyecto en su proceso de recuperación. Si el manejo de contingencias está enfocado en la protección del medio ambiente (industrias del sector productivo), los procedimientos de evaluación de la eficiencia del PDC deben hacer parte del sistema de gestión ambiental y revisarse con criterio de auditoría (ISO 14000).

INSTRUMENTO INFORMÁTICO - BASES DE DATOS

Se denomina Instrumento Informático de un Plan de Contingencia al compendio de información existente sobre su zona de interés, cuya disponibilidad agiliza la ejecución de los procedimientos operativos. Generalmente está constituido por listados de información, gráficos de proceso y mapas o planos de instalaciones, aunque en algunos Planes se puede llegar al montaje de bases de datos de información climática, sistemas de información geográfica o incluso procedimientos operativos sistematizados para manejo por redes informáticas. En el mundo existen mas de 50 modelos de manejo computarizado de contingencias para diferentes tipos de industria..

El contenido general de un Plan Informático puede dividirse en tres categorías de datos, así :

- **Mapas, planos y gráficos**
- **Listados Generales**



- **Manuales y Apéndices**

La incorporación de los manuales y PON's en el Plan Informático asegura la disponibilidad de material de entrenamiento permanente, además de la posibilidad de consulta de información metodológica durante el transcurso de la emergencia.

. **PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN**

Todo Plan de Contingencia debe, en lo posible, estar acompañado de un programa para su implementación y puesta en marcha, e incluso estar dotado de un procedimiento de aseguramiento de calidad por medio de índices de desempeño que permitan a la compañía, entidad o institución medir su grado de preparación para emergencias de acuerdo con los riesgos identificados.

Como mínimo, un programa de implementación debería constar de procedimientos para :

- **Selección de personal clave:**
- **Sistema de manejo de crisis:**
- **Planes de capacitación y ejercicio:**

CONCLUSIONES

Son muchos los esfuerzos que se vienen adelantando en Cuba, por parte de las instituciones del estado y el sector productivo, para establecer y poner en marcha normas, criterios y guías que permitan controlar de diferentes maneras la manifestación de fenómenos naturales o la ocurrencia de siniestros de origen antrópico.

Estos esfuerzos, muchos destacables y otros plausibles, han generado diversas corrientes de enfoque de la protección de la salud humana y el medio ambiente, las cuales han desembocado en diferentes maneras de enfrentar las contingencias que se presentan, generalmente en forma inesperada, cuando factores de amenaza se desencadenan sobre elementos vulnerables, produciendo la realización de riesgos y la manifestación de situaciones de emergencia en diversos niveles de magnitud y severidad.

La Planificación para Contingencias, entendida como el proceso de identificación de las amenazas y la consecuente preparación para responder adecuadamente a su eventual manifestación, resulta ser una herramienta gerencial cuya implementación es símbolo de buena práctica administrativa.

Por otra parte, la formulación de los Planes de Contingencia está enmarcada por la legislación ambiental y la normatividad vigente en materia de salud ocupacional y seguridad. El Sistema de medidas de carácter estatal concebido por la defensa civil y amparado por la ley 75 de la defensa la numero 77 de la inversión extranjera y los decretos 170 y, 205, proveen un marco institucional adecuado para el desarrollo de planes de contingencia en todos los niveles del desarrollo nacional y se hace necesario la utilizacion de una metodología de confeccion de los mismos

BIBLIOGRAFÍA



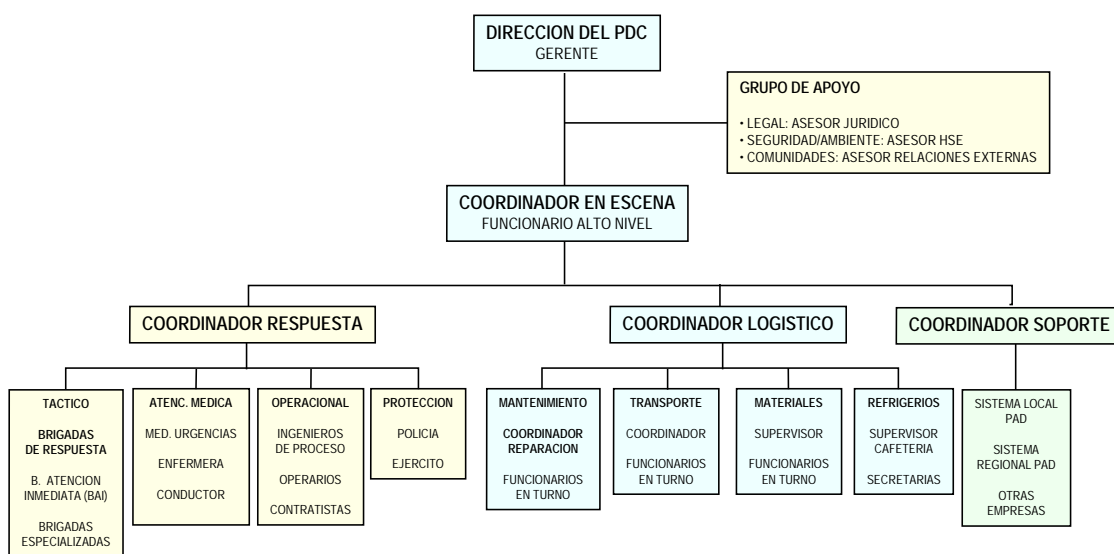
EXXON, ER-E. (1991): Risk Assesment Matriz, Publicación Exxon, Texas, USA.

U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1992): Hazardous Material Exercise Evalution Methodology Manual. U.S. Government Printing Office.

IPIECA International Petroleum Industry Enviromental Conservation Association.(1991): Guía de Planificación para Contingencias por Derrame de Hidrocarburos. Repertorio de Informes IPIECA. Vol.2. Londres.

Ibáñez M. Sánchez L. (1999): Planificación para Contingencias como Herramienta de Gerenciamiento Ambiental. Curso Internacional de Prevención de Desastres – San José Costa Rica.

Figura 1
Ejemplo Ilustrativo de un Organigrama de Nivel 2

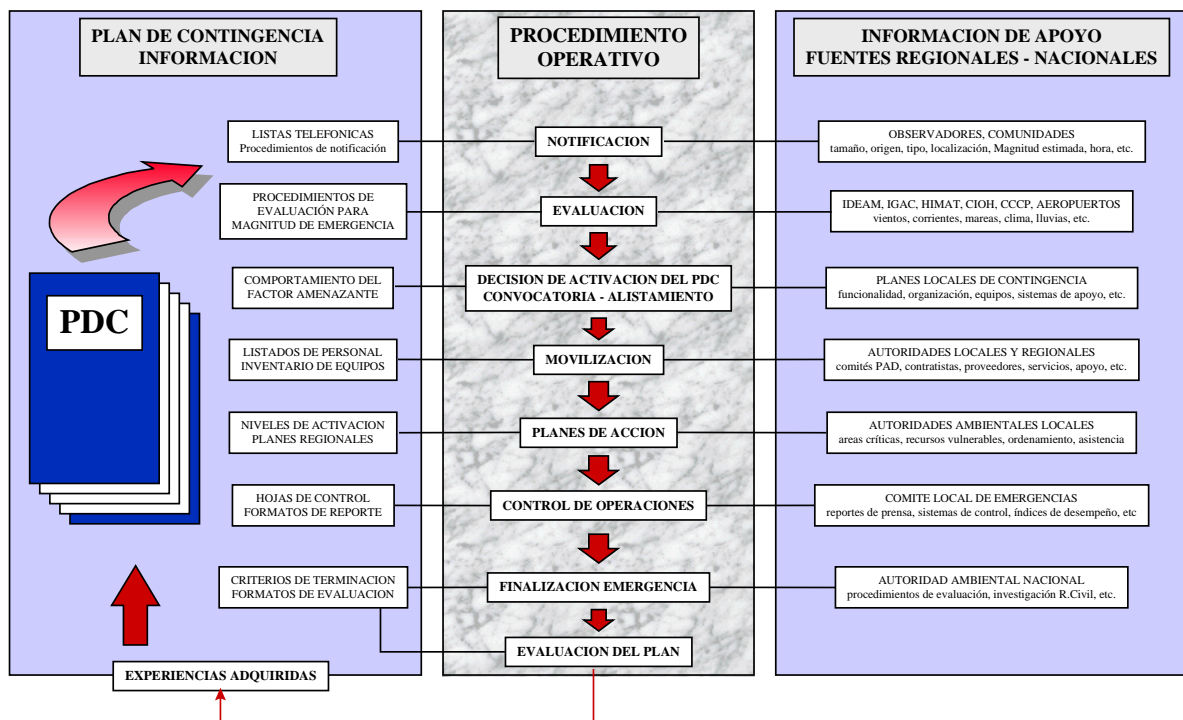


Fuente: IOSC 1995 Sponsors¹ - Implementing an Effective Response Management System.

).



Figura 2
Estrategia General de Respuesta



Fuente : ECOPETROL - CAM (Ibáñez, 1995) Directrices Corporativas Sobre Planeación de Contingencias
Documento CAM-GEN 03-002 - 950619 - Modificado para este artículo