

*¡Todo lo que usted necesita saber sobre  
protección y uso racional de los recursos!*

En el Instituto Superior Minero Metalúrgico funciona  
el Centro de Estudios de Protección y Uso Racional  
de los Recursos Naturales,  
el cual le ofrece:

- Cursos de post-grado
- Entrenamientos
- Consultorías
- Maestrías
- Evaluación del terreno
- Ensayos de laboratorio
- Asistencia técnica
- Proyectos de Ingeniería Ambiental

*Visítenos y disfrutarán del cálido sol caribeño*

# ESTUDIO INGENIERO GEOAMBIENTAL DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA COMO BASE PARA LA REGIONALIZACION INGENIERO GEOLOGICA

Dr. Rafael Guardado Lacaba

Departamento de Geología, ISMM, Las Coloradas, Moa, Holguín

## RESUMEN:

La ciudad de Santiago de Cuba juega un rol importante en el desarrollo del medio geológico. En este trabajo se ofrecen soluciones para algunos aspectos relacionados con la ingeniería geoambiental, específicamente en lo referente a la elaboración de la regionalización ingeniero geológica según los factores que inciden en estas condiciones ingeniero geológicas en la ciudad.

## ABSTRACT:

Santiago de Cuba city plays an important role in the development of geological medium. In this work some solutions are offered for some aspects related with the geoenvironmental engineering, specifically in reference to the elaboration of the engineering geological regionalization.

En los últimos años se ha observado en nuestro continente un creciente interés por la ingeniería geológica. La introducción académica de la ingeniería geológica apareció y se desarrolló en Cuba en los años 1970, en la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, y posteriormente en el Instituto Superior Minero Metalúrgico, al trasladarse esta escuela a Moa. Al mismo tiempo la problemática del impacto ambiental ha dado origen a una nueva rama de la ingeniería geológica: la ingeniería geoambiental, integradora de los puntos de vista geológico-ambiental y de las soluciones ingenieriles dadas ante los riesgos geológicos, geotécnicos y los problemas ambientales. La ingeniería geoambiental es una de las más multidisciplinarias de todas las disciplinas del medio ambiente.

Quizás una de las tareas más importantes que acomete la ingeniería geológica contemporánea es la de reducir los riesgos y desastres causados por las alteraciones del equilibrio geológico. La ocurrencia de los procesos y fenómenos geológicos naturales y antrópicos, responde a la actividad ingenieril del hombre como elemento motor del desajuste del equilibrio natural. El incremento de los procesos y fenómenos en el mundo, nos ha hecho reflexionar y puesto a trabajar en un estudio integral del ambiente geológico, como apoyo al plan de desarrollo constructivo de la ciudad de Santiago de Cuba.

Los cambios que ocurren en el medio geológico son difíciles de corregir, por eso, el estudio y pronóstico ingeniero geoambiental es una tarea primordial de la ingeniería geológica. A la vez

la urbanización adquiere gran relevancia. La ciudad representa en sí un complicado organismo, compuesto por diferentes complejos, según el carácter asignado a las diferentes regiones y los distintos tipos de obras a construir en cada una de ellas, tanto en el plano horizontal como vertical. La ciudad de Santiago de Cuba juega un rol importante en el desarrollo del medio geológico, ya que en esta y sus alrededores se transforma el clima, la composición química de las aguas, la composición, propiedades y estructura de las rocas y suelos que sirven de base natural a las obras.

Actualmente puede hablarse de la evolución del medio geológico de la ciudad, ya que el desarrollo de la misma sigue determinada dirección y tiene leyes que dependen de su dinámica de crecimiento y desarrollo. Una tarea fundamental del ingeniero geotécnico consiste en conocer estas leyes, lo que posibilita pronosticar y evaluar las condiciones normales de explotación y estabilidad de las diferentes obras ingenieriles en la ciudad, no pueden olvidarse tampoco los problemas económicos y la tecnología de construcción.

En este trabajo se ofrecen soluciones para algunos aspectos relacionados con la ingeniería geoambiental, específicamente en lo referente a la elaboración de la regionalización ingeniero geológica para la ciudad de Santiago de Cuba, según los factores que inciden en las condiciones ingeniero geológicas de la misma. Para ejecutar esta tarea se tomó como base el plan de desarrollo constructivo de la ciudad de Santiago de Cuba hasta el año 2010.

# PLAN GENERAL DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

ESCALA 1:25 000

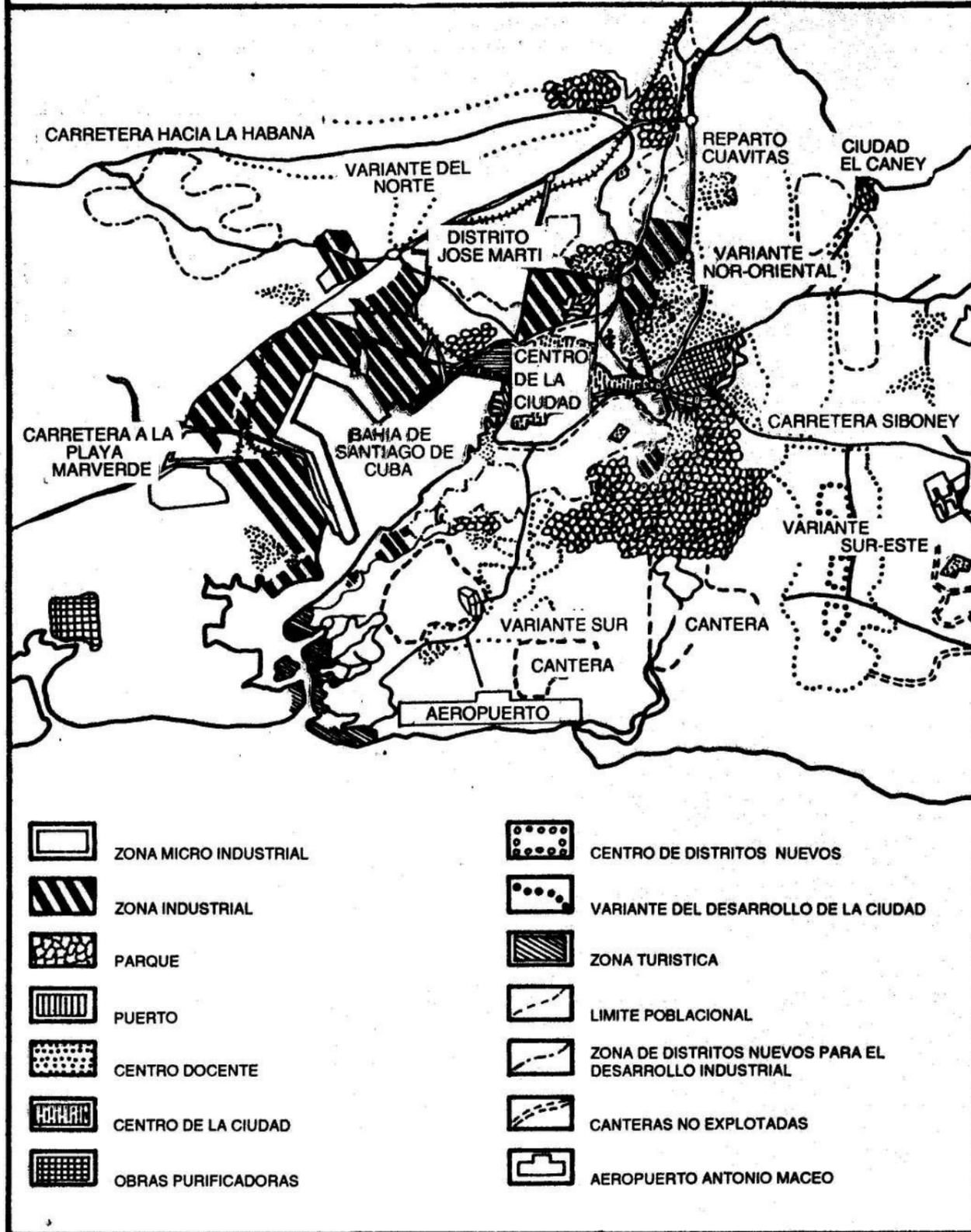


FIGURA 1. Plan general de la ciudad de Santiago de Cuba

## La actividad ingenieril del hombre y la protección de la naturaleza

En el mundo actual las inversiones efectuadas por los Estados en obras de infraestructura ha primado la concepción de la actividad ingenieril del hombre sobre la naturaleza. Los trabajos realizados en la construcción de las obras hidráulicas, al regular los ríos y las avenidas, el riego y las enormes presas con sus extensos embalses, alteran sensiblemente el equilibrio geoambiental formado por la naturaleza durante años. Los desequilibrios en las cuencas hidrográficas cambian el ciclo hidrológico de éstas, y regulan las corrientes de sus ríos y arroyos.

La urbanización de las tierras, con su problemática de aumento de la población de manera acelerada, disminuye los suelos productivos y los recursos naturales necesarios para la producción de alimentos. A esta problemática se le suma la construcción de viales, avenidas, acueductos, autopistas, ferrocarriles, redes viales, etc. La falta del estudio ingeniero geológico dentro de la actividad de urbanización de ciudades, ha traído como consecuencia catástrofes y destrucciones.

Realmente la actividad de la minería resulta preocupante. A partir de los años de la posguerra la explotación de los yacimientos minerales (sólidos, de petróleo, gas y agua) se ha incrementado extraordinariamente. La explotación de canteras se ha convertido en el más importante de los métodos de extracción de mineral en los últimos años. Se calcula que en el 2 000 la explotación de minerales a cielo abierto, alcanzará profundidades superiores a 800. Los grandes cambios del relieve de la superficie del paisaje de la Tierra, el empobrecimiento de enormes áreas útiles, son el resultado de la minería a cielo abierto.

La explotación de los yacimientos de petróleo y gas tienen una gran importancia en el impacto del geoambiente, la desmesurada explotación gasopetrolífera ha provocado cambios en el relieve.

Los problemas de la geodinámica aplicada a la ingeniería están relacionados con los procesos y fenómenos geológicos. Al tomar en cuenta el desarrollo de una región se hace necesario estudiar los problemas del medio ambiente, los peligros ingeniero geológicos y la protección de los recursos naturales.

## Clasificación de los procesos y fenómenos geoambientales

El incremento de la actividad geodinámica de la ciudad de Santiago de Cuba no es ajena a los cambios climáticos y medioambientales globales. Los peligros ingeniero geológicos son el conjunto de procesos que caracterizan un fenómeno geológico con graves afectaciones para la vida de la ciudad y pueden generar riesgos que provocan daños y desastres. Los mismos están asociados a la actividad geológica de las aguas, el aire, la fuerzas internas de la tierra y otros.

TABLA 1. Clasificación ingeniero geológica de los procesos y fenómenos geoambientales de la ciudad de Santiago de Cuba

| Procesos   | Fenómenos  |
|--|--|
| Acción de las aguas superficiales (mar, bahía, embalses) | - Penetración del mar<br>- Erosión y destrucción de las costas<br>- Inundaciones |
| Acción de las aguas superficiales                        | - Erosión de las laderas<br>- Destrucción de los márgenes de los ríos y arroyos  |
| Acción de las aguas superficiales y subterráneas         | - Fenómenos cársicos<br>- Pantanosidad   |
| Acción de las fuerzas gravitacionales                    | - Deslizamientos y desprendimientos  |
| Acción de las fuerzas internas                           | - Terremotos   |
| Acción del hombre. Procesos técnicos                     | - Asientos de edificios<br>- Sismicidad inducida<br>- Otros                      |

Los procesos geodinámicos de la ciudad de Santiago de Cuba se manifiestan en el desarrollo de fenómenos geológicos, es decir, en los cambios del relieve, composición y estructura de las rocas y los cambios estructurales y texturales internos para la región. Los procesos y fenómenos geoambientales pueden producir cambios de todo tipo, del relieve, de la estructura geológica e hidrogeológica, etc.; al cambiar las condiciones ingeniero geológicas cambia la vida, la flora y la fauna del medio (ver Figura 2).

## Estudio ingeniero geodinámico del territorio

La acción de las aguas superficiales en la ciudad de Santiago de Cuba se manifiesta a través de los procesos de abrasión marina, manifestados en las terrazas de las rocas calizas costeras de la formación Ciudadmar, de edad cuaternaria. En estas terrazas tiene lugar, por este fenómeno, el desprendimiento de enormes bloques de roca de más de 26 metros cúbicos de tamaño.

En la zona de la bahía de Santiago de Cuba la actividad erosiva se manifiesta más, en las márgenes de la derecha, donde afloran rocas margosas de la formación La Cruz. Las márgenes derechas son llanas y permiten a los ríos evacuar sus aguas en la bahía. Allí aparecen los problemas de acumulación de sedimentos, inundaciones y empantanamiento. La temporada de julio a noviembre está caracterizada por una mayor actividad de estos procesos, debido a los huracanes y ciclones que se forman en esta época.

Otros problemas que confronta la cuenca de Santiago de Cuba son las sequías prolongadas y las rápidas y fuertes precipitaciones. Estos cambios climatológicos provocan en las laderas, la erosión en cárcavas, además las rocas margosas, arcillosas y los suelos eluviales son los más fáciles de erosionar. Las tobas y rocas vulcanógenas sedimentarias de la cuenca, por su propiedad semidura, son menos erosionables.

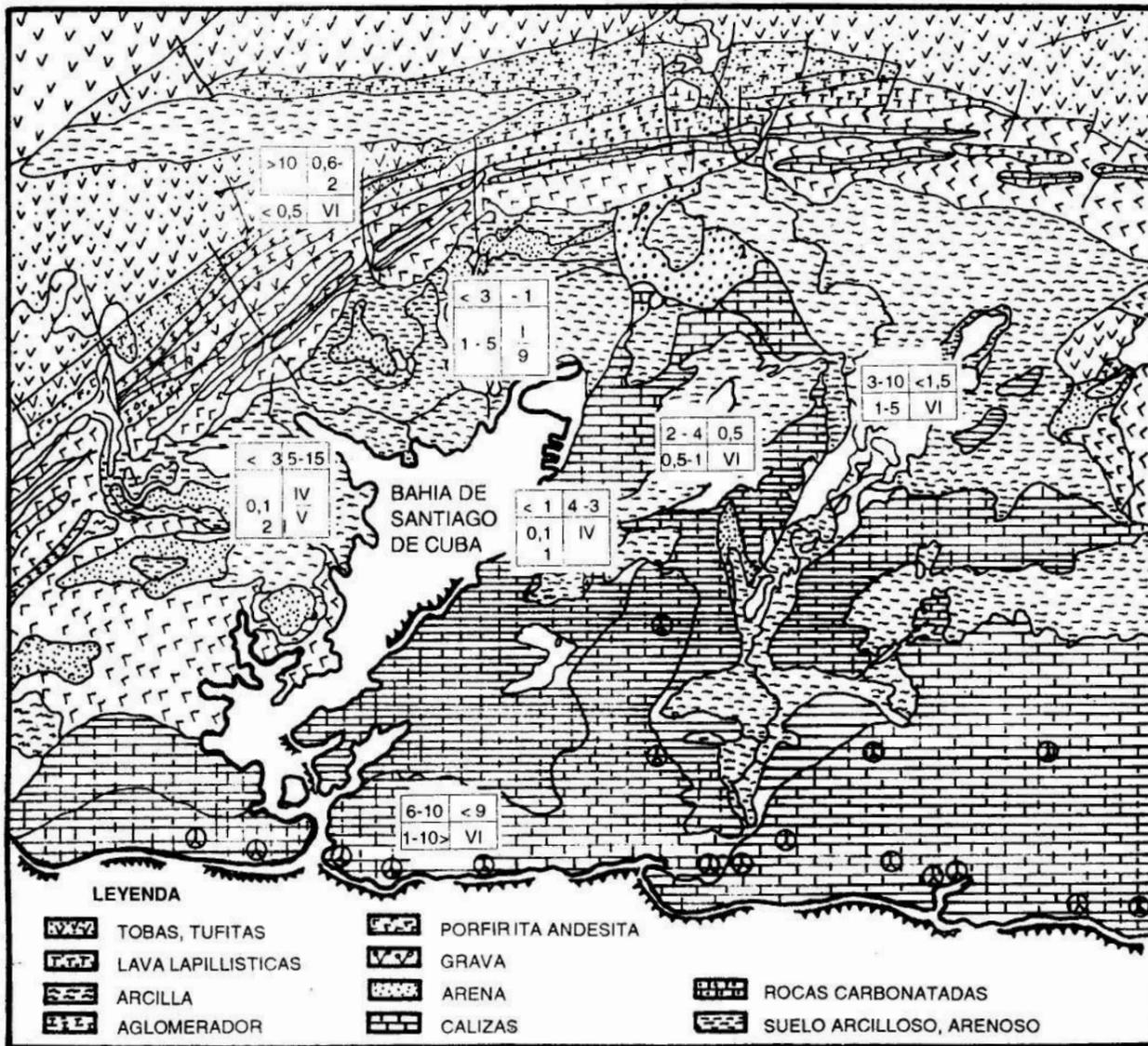


FIGURA 2. Mapa ingeniero geológico de Santiago de Cuba, escala: 1:25 000

Para la evaluación ingeniero geológica del territorio fue necesario estudiar las formas erosivas y las cárcavas.

Los factores que poseen una mayor influencia en la intensidad de erosión son:

- las grandes precipitaciones en el período de lluvia;
- el desmenbramiento relativo del relieve;
- la pobre vegetación;
- la composición y construcción geológica.

Los principales riesgos de degradación del medio son aquellos, derivados de la acción eólica y por la erosión hídrica. El índice de Riesgo de Erosión de Fournier es de 8-9; los valores pueden ser considerados como medios para la cuenca de Santiago de Cuba. De forma simple puede decirse que mientras se mantenga la cobertura vegetal, los procesos erosivos pueden ser mínimos o incluso nulos en el área con pendientes moderadas.

Los fenómenos cársicos son muy extendidos y desarrollados en la parte sur del territorio de la ciudad de Santiago de Cuba. Los procesos cársicos han sido poco estudiados. Las condiciones de formación están dadas por las rocas carbonatadas que aparecen al sur del territorio. Las formas cársicas son: los karrens, diente de perro, hoyuela, embudos y otros. Las rocas carsificadas presentan un variado espesor, alcanzando su mayor potencia en las zonas costeras.

En la ciudad de Santiago de Cuba se desarrollan diferentes tipos de procesos gravitacionales: deslizamientos y desprendimientos de rocas. Al realizar el levantamiento ingeniero geoambiental se evaluaron los siguientes factores:

1. La morfología de las laderas y taludes alterados.
2. Las condiciones de yacencia de las rocas.
3. La composición y propiedades físico-mecánicas de las rocas.

4. La influencia de las aguas subterráneas.
5. La relación con otros procesos y fenómenos de la región.

Los deslizamientos de rocas aparecen desde los grandes macrodeslizamientos, fallas Boniato y Pelado que poseen una extensión de decenas de kilómetros, hasta deslizamientos medianos, pequeños y locales. La zona de mayor ocurrencia de los deslizamientos es donde afloran las rocas de la formación margosa La Cruz (Neógeno).

Los desprendimientos están asociados a las rocas de la formación El Cobre, de origen vulcanógeno sedimentaria. Los mayores desprendimientos se producen en la autopista Santiago de Cuba-Palma.

La ciudad de Santiago de Cuba es una de las zonas de mayor ocurrencia de eventos sísmicos de la isla. En el primer mapa de microrregionalización sísmica del territorio (R. Guardado, 1972) la ciudad quedó dividida en microzonas con determinados incrementos de intensidad sísmica; estos mapas han permitido una mejor proyección y construcción de obras ingenieriles.

## CONCLUSIONES

Al evaluar desde el punto de vista ingeniero geológico el territorio, debemos tomar en consideración los riesgos que pueden afectar la región. Entre ellos deben señalarse como los más importantes los siguientes:

- riesgos de erosión y deslizamientos de tierra;
- riesgos de construcción;
- riesgos de deterioro del patrimonio natural, cultural y paisajístico;
- riesgos de la capacidad productiva;
- riesgos derivados de la planificación inadecuada en la que no se jerarquicen con rigor las diferentes actuaciones posibles.

Los dos últimos tipos de riesgos se derivan, evidentemente, de los manejos inadecuados o de la falta de preocupación por la mejora y conservación del territorio

Según el mapa ingeniero geológico elaborado por el autor, una gran parte de la ciudad debe clasificarse como desfavorable desde el punto de vista de las posibilidades de construcción, por problemas de tipo geomorfológico, derivado fundamentalmente de las elevadas pendientes, la presencia de áreas de elevada sismicidad, agrietamiento y tectónica. El autor ha considerado dentro de las zonas favorables, aquellas donde las condiciones constructivas son menos peli-

grosas, si bien continúan señalándose ciertos problemas de tipo local geomorfológico, ingeniero petrológico, geodinámico, etcétera.

El agrietamiento de las rocas de la formación El Cobre constituye por sí misma, un importante riesgo para la construcción, sobre todo si se carga en la misma dirección de los planos de agrietamiento. No debe olvidarse el problema de la fuerte tectónica que afecta la zona y da lugar a frecuentes fallas activas que favorecen aún más los posibles deslizamientos.

Por último, cabe añadir el riesgo de sismicidad que presenta la zona según el mapa ingeniero geológico y de microrregionalización sísmica. Santiago de Cuba está entre los VI-IX grados de la escala MSK, lo que debe tenerse en cuenta en todas las obras de construcción, según las directrices marcadas por el Centro de Investigaciones Sismológicas de Cuba.

Prácticamente, todos los recursos existentes en el área de estudio están sometidos, en menor o mayor medida, a riesgos degradativos, derivados de factores del propio medio (clima, pendientes), pero que muchas veces son debidos a la acción del hombre, ya sea de modo directo o por la falta de planificación y usos inadecuados.

## BIBLIOGRAFIA

- AMARIAN, L. y A. MORKUS: *Método de cálculo de estabilidad de canales*, Ed. Nauka TR LITOB CCP, Mexanika, 1986.
- DASHKO, R.E. y A.A. KAGAN: *Mecánica de suelos en la práctica de la geología aplicada a la ingeniería*, Ed. Mir, Moscú, 1980.
- GUARDADO R.: "Sobre la formación de la composición química de las aguas subterráneas de la cuenca Paradas en la ciudad de Santiago de Cuba", *Minería y Geología*, no.3, 1983.
- : "Principio de regionalización ingeniero geológica para la construcción y planeamiento de la ciudad de Santiago de Cuba", *Minería y Geología*, no.3, 1983.
- : *Ingeniería geológica. Ingeniería petrológica*, 2da edición, 356 pp. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1990.
- : *Los terremotos*, 149 pp., Ed. Oriente, Santiago de Cuba, 1984.
- : *Ingeniería geológica goroda*, Santiago de Cuba, Tesis doctoral, 220 pp., Instituto de Minas de Leningrado, 1984.
- : *Cuban experience on engineering geology. Engineering Geology Mapping of Santiago de Cuba city*, International IAEG Congress, Buenos Aires, Argentina, 1986.
- KOTLOV, F.P.: *Variación del medio geológico bajo la influencia de la actividad humana*, Ed. Niedra, Moscú, 1980 (en ruso).
- LOMTADZE, B.D.: *Ingeniería geodinámica*, 569 pp., Ed. Nauka, Leningrado, 1982.