

## EL CARTOGRAFIADO DE GEOAPTITUD DE LOS TERRENOS (*Mecanismo catalizador para sintetizar y facilitar la contribución de las Ciencias Geológicas en el Ordenamiento Territorial*)

Allan Astorga Gättgens & Lolita Campos Bejarano  
Sección de Geología Sedimentaria y Ambiental, Escuela Centroamericana de Geología,  
Universidad de Costa Rica, Apdo 214-2070 Costa Rica

La actividad de administración y planificación ambiental del territorio de un país, tiene como parte de sus componentes principales el Ordenamiento Territorial y el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Ambas acciones, y en particular el de EIA, tienen como característica, la necesidad de contar con información técnica de base para tomar decisiones sobre planificación o viabilidad ambiental o no de los proyectos, obras y actividades de desarrollo. Este tipo de decisión, en muchos casos, deben darse de forma rápida, lo más acertada posible, y sobre la base de información disponible; la cual a pesar de que existe en parte, se encuentra dispersa y sin procesar de manera práctica y metodológicamente ordenada. Todo esto hace evidente la existencia de un gran vacío de información en el campo del ordenamiento territorial. A lo cual se suma la forma en que la Geología ha contribuido efectivamente a este tema (Astorga, 1995).

En el caso de las ciencias geológicas, en muchas ocasiones la información no es bien utilizada, lo cual, en un país como Costa Rica, resulta en pérdida de importantes recursos. El problema fundamental consiste en que la información geológica se desvirtúa al momento en que se intenta hacer ordenamiento territorial, como ha ocurrido con las mayoría de los planes reguladores cantonales y de la zona marítimo terrestre.

La forma en que se desvirtúa la información geológica puede ocurrir de dos maneras distintas, que denominamos: a) el Calcado Anónimo (CA) y b) el Calcado Desactualizado e Incompleto (CDA). La primera consiste en que la información geológica es tomada como una serie de datos estáticos, sin ningún control de calidad,

de forma tal que los mapas son copiados y los textos sobre las descripciones de formaciones y estructuras también, en algunos casos incluso son distorsionados por el autor en busca de hacerles alguna variación al original. El CDA consiste en tomar los datos geológicos existentes, incluso si estos se encuentran a una escala grande y presentarlos a una escala pequeña sin que medie un trabajo de campo para resolver el grado de detalle necesario para el estudio que se realiza. En este caso el control de calidad es mínimo, y no se cuenta con un procesado integral.

En CA, no participan geólogos, y ha ocurrido un sinnúmero de ocasiones, particularmente en el tema de los planes reguladores, planes maestros, y antes de 1993 en numerosos estudios de impacto ambiental. En el CDA, participan geólogos y otros profesionales de ciencias afines, que por determinadas circunstancias, entre las que se destacan la ausencia de un método de organización de datos, la actitud laboral del mismo profesional o bien el bajo presupuesto del proyecto; lo lleva a aportar información geológica de baja calidad.

La consecuencia de ambos procesos de calcado es que el aporte de la Geología queda desvirtuado, y sobretudo intrascendente, lo que refuerza el concepto que tienen las otras disciplinas de que las ciencias geológicas aportan información estática. No pocas veces se afirma que: "*no se necesita un geólogo en el equipo de trabajo, sino el mapa geológico de la zona*", sin importar la escala o el año en que fue editado. Bajo esta perspectiva, no resulta entonces sorprendente, que después 30 años de hacerse y enseñarse geología para Centroamérica, en Costa Rica y el

resto de la región, se siga conociendo tampoco sobre el aporte de esta ciencia y su importancia dentro de las actividades humanas y productivas.

En el contexto de la búsqueda de soluciones, el concepto de Geoaptitud de Terrenos representa un aporte, que se dispone como herramienta de trabajo, a fin de cumplir una tarea ordenadora, con el auxilio de un sistema metodológico interactivo e iterativo que le permite mejorar con su uso.

Los primeros esbozos del método datan de hace algún tiempo (Astorga, 1997b, 1999). Sin embargo, las condiciones actuales de apertura e interés tanto de las autoridades gubernamentales, como de las comunidades sobre el manejo de los recursos naturales, en especial suelo, aguas y amenazas naturales, han hecho que este tema adquiera una relevancia significativa, porque:

- a. se cumplió ya más de 30 años de tener una Ley de Planificación Urbana, que establezca los lineamientos para que se de Ordenamiento Territorial en nuestro país, sin que se haya avanzado mucho.
- b. las condiciones de uso de la tierra, por el incremento de la población, se han intensificado y acelerado, provocando grandes problemas de desequilibrio y deterioro ambiental de los terrenos.
- c. la Ley Orgánica del Ambiente, vuelve a retomar el tema del Ordenamiento Territorial y en el contexto del artículo 50 de la constitución, responsabiliza al Estado y sus instituciones, en la medida que éstas deben incorporar este concepto dentro de sus políticas de administración y planificación.
- d. porque existen proyectos de ley en la Asamblea Legislativa sobre el tema del ordenamiento territorial, cuya marco metodológico sigue los viejos lineamientos de ordenamiento espacial del territorio.
- e. porque la nueva Ley de Emergencias, plantea la necesidad de contar con información detallada sobre la vulnerabilidad geológica de los terrenos. Y finalmente, porque nuestro país es un territorio geológicamente muy activo, y porque el mal

uso o abuso de las tierras, sin el adecuado conocimiento y manejo técnico de los recursos naturales, nos ha llevado a una situación ambiental desequilibrada, que empieza a adquirir en algunos temas, matices críticos.

El concepto de la Geoaptitud de Terrenos surge como un método complementario del concepto del Índice de Fragilidad Ambiental (Astorga, 1997b), institucionalizado y oficializado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) del Ministerio del Ambiente y Energía, por medio de la Resolución 588-97 publicada en La Gaceta 217 del 7 de noviembre de 1997. En el contexto de la Universidad de Costa Rica, forma el eje central del Proyecto de Cartografía de Geoaptitud de Terrenos -GEOAPT-(No. 113-99-326 de la Vicerrectoría de Investigación), dentro del Programa del Diagnóstico Geoambiental de Costa Rica -PROGEO- (No. 113-99-903).

La Geoaptitud de Terrenos representa un método de procesado e integración de la información geológica, con el objetivo de impulsar por medio de un proceso interactivo e iterativo, la producción de mapas temáticos dentro del ámbito de la Geología. Esto, no solo en el campo estrictamente científico, sino también aplicado, con énfasis en el uso de los terrenos; para más tarde, inducir la interacción metodológica de la información temática con el propósito de producir mapas de geoaptitud integrales, también con un fin muy aplicado al uso antrópico de los terrenos.

## **EL ORDENAMIENTO AMBIENTAL TERRITORIAL**

El **Ordenamiento Ambiental Territorial (OAT)** consiste en el inventario, diagnóstico y definición de las condiciones naturales del medio ambiente de un espacio geográfico, con el fin de establecer las limitantes naturales de uso y sus condiciones de aptitud para el desarrollo facultativo de determinadas actividades humanas. Consiste en la integración de la variable ambiental en el concepto del Ordenamiento Territorial, procurando desarrollar una

eficiente Administración Ambiental del Territorio, que tome en cuenta conceptos tales como: Carga Ambiental, Fragilidad Ambiental y Calidad Ambiental del espacio geográfico.

En términos prácticos, un OAT significa analizar las variables principales que conforman un ambiente dado y definir en función de su análisis integral, una distribución o división de ese terreno en función de las aptitudes naturales del mismo y de sus limitantes al desarrollo de actividades. El resultado final, normalmente consiste en una serie de mapas que definen esas condiciones y establecen las limitantes necesarias para el desarrollo de las actividades humanas. Todo esto con el propósito de planificar y ordenar su uso, no con criterios prohibitivos (o de semáforo), con restricciones absolutas; sino más bien con condicionantes y limitantes para su utilización. El OAT debe implementarse no solo en áreas de uso futuro, sino también en áreas de uso actual, con el fin de planificar readecuaciones de ese uso, y correcciones si fuese necesario.

La escala de trabajo de los OAT es muy importante, y en nuestro país parece ser parte del problema. Como se indicó más arriba, la elaboración de un OAT requiere de un conocimiento adecuado del Medio Ambiente en un sentido multidimensional. En otras palabras, pueden desarrollarse programas de OAT en diversas escalas, desde un programa nacional (por ejemplo a escalas 1:200 000 o mayores), o programas a nivel cantonal-regional (escala promedio de 1:50 000), o programas de implementación de actividades de carácter local (escalas de 1:10 000 o menos). Cabe destacar que las dos primeras escalas son útiles para la planificación a nivel nacional y regional (cuencas hidrológicas), empero, en su forma ideal, debería contarse también con el ordenamiento a la escala local (planes reguladores). La no solución de éste último hecho ha producido que se implanten actividades de desarrollo en áreas no aptas para soportar ambientalmente las mismas, lo cual subsecuentemente se traduce en degradación del ambiente, y normalmente en mayores costos de operación a largo plazo.

Otro aspecto relevante en los programas de OAT, es que su elaboración requiere de una tarea multidisciplinaria, en la que participan una

serie de profesionales y técnicos de diversos campos del saber, cuya labor conjunta y de interacción determinan la eficiencia de una OAT.

## GEOAPTITUD DE LOS TERRENOS

La geoaptitud representa la condición natural de un espacio geográfico dado, respecto a un uso antrópico específico, en el marco de mantener un grado de equilibrio geológico o de estabilidad natural de ese terreno, tanto desde el punto de vista de las condiciones físicas del subsuelo y del suelo, como de los procesos geodinámicos internos y externos, activos, que pueden alterar esa estabilidad. Todo ello, en el contexto de determinar las limitantes técnico-geológicas que ofrece el terreno para el uso antrópico, de forma tal que este pueda adaptarse al medio. Este aspecto es particularmente relevante de tomar en cuenta en territorios geológicos jóvenes y dinámicos, como es el caso de Costa Rica y Centroamérica.

Los datos geológicos resultan demasiado especializados y difíciles de utilizar por otras disciplinas que requieren del uso de esa información. Por esta razón, estos mapas deben llevar una propuesta interpretativa sobre las condiciones de geoaptitud por encima de las formaciones geológicas. Formaciones de roca muy fracturadas, con buzamientos fuertes dispuestos en el mismo sentido de la ladera, determinan por ejemplo, un área homogénea que presenta una categoría de geoaptitud particular, con limitantes técnicas significativas para su uso.

La determinación de geoaptitud de un terreno, es un proceso integrador, sistemático, interactivo e interativo que utiliza como base la información geológica fundamental (litología, petrofísica, estratigrafía, estructura), complementada con otra información de indicadores geológicos de otras disciplinas más especializadas, como lo son: aspectos geotécnicos, estabilidad de laderas, geomorfología, recursos minerales, procesos geodinámicos externos e internos, elementos hidrogeológicos, susceptibilidad a las amenazas naturales, entre otras. De esta forma, las condiciones de geoaptitud se elaboran como parte de una matriz básica de interacción

de datos, ordenados en función matemática, sobre la que se realiza en una etapa posterior, la confección de mapas, permitiendo así establecer una separación y clasificación de espacios geográficos o terrenos de igual comportamiento o categorización de geoaptitud.

La metodología básica del concepto de geoaptitud forma parte de un programa de mayor dimensión circunscrito dentro del ámbito del Ordenamiento Ambiental Territorial. En este sentido, la geoaptitud forma uno de los elementos fundamentales del programa de OAT, que está conformada por cinco componentes principales, cada uno generando información independientemente e interactuando entre sí. El montaje metodológico de los datos geoaptitud, embudo dentro de los diversos programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) existentes, conllevan a desarrollar metodologías de definición de variables, pesos e interacción armónica de las mismas (Mora & Vahrson, 1992 y Mora et al., 1995).

Los componentes básicos que conforman el concepto de geoaptitud, son los siguientes:

- a- Factor Litológico o Petrofísico
- b- Factor Geomorfológico y de Condición Geodinámica
- c- Factor de Condición Hidrogeológica
- d- Factor de Estabilidad de Ladera
- f- Factor de Susceptibilidad a las Amenazas Naturales

Estos componentes han sido definidos y ordenados arbitrariamente, sobre la premisa de la generación de mapas de geoaptitud aplicados, es decir, para ser utilizados como base para la toma de decisiones de administración ambiental y territorial de los espacios geográficos. A pesar de esto la metodología de definición del concepto, ha seguido un extenso proceso inductivo, basado no solo en las experiencias de los autores y sus colaboradores respecto a la realidad nacional y de otros países latinoamericanos, sino también de otras experiencias a nivel internacional como: García et al., 1991; Montalescot & Hermelin, 1991; Matschullat & Müller, 1994; Akihiko, 1995; Tadashi, 1995; Milani, 1995; Anónimo, 1996.

### **Factor litológico o petrofísico**

El dato fundamental consiste en el mapa geológico básico, pero con algunos ajustes indispensables. La información aportada debe incluir los siguientes pasos:

- a. Distribución de unidades geológicas y su interpretación, desde un punto litoestratigráfico tradicional.
- b. Las modificaciones en función de la interpretación sedimentológica y de estratigrafía secuencial para rocas sedimentarias, (y dado el caso, siempre que sea posible en rocas metamórficas) con el fin de ordenar la estratigrafía en función de criterios más técnicos de cronoestratigrafía secuencial. En el caso de las rocas ígneas debe incorporar la interpretación petrológica de la sucesión.
- c.- Incorporar la interpretación y corrección por datos estructurales.
- d. Incorporar datos básicos de la petrofísica de las formaciones conforme con el proceso metodológico diseñado por el GEOAPT, a fin de traducir los datos geológicos a datos aplicados. (Por ejemplo: fracturación, meteorización, dureza y capacidad soportante).
- e. Cartografía e interpretación de las formaciones superficiales.
- f. Procesado e integración de datos sobre la base del proceso metodológico definido por el GEOAPT, con la colación de pesos y categorización de las variables en función de la estandarización previamente definida. (Valor de unidades de fragilidad ambiental -ufa-).
- g. Generación de los mapas de Factor Litológico y Petrofísicos.

### **Factor geomorfológico y de condición geodinámica**

El dato básico consiste en el mapa geomorfológico tradicional elaborado sobre la base de la interpretación fotogeológica de los terrenos, de los datos de observación directa en el campo y de la comparación con el mapa geológico general, a la cual se le suma una serie de datos de

interpretación sobre procesos geodinámicos (externos) activos. Los elementos que incorpora son los siguientes:

- a. Cartografiado y categorización de unidades de erosión cuaternarias y principalmente holocénicas.
- b. Cartografiado y categorización de formaciones superficiales. (Suelos, aluviones, etc.)
- c. Cartografiado y categorización de tipos de pendientes, conforme a los estándares definidos por las autoridades nacionales.

A estos datos, se suman los datos cartográficos y de aptitud obtenidos por el Factor Litológico o Petrofísico, con el fin de obtener depuración en los resultados, y de generar mapas verdaderamente vinculados entre formas del terreno y formaciones geológicas del subsuelo y superficiales. GEOAPT ha diseñado la metodología de estandarización, categorización y definición de pesos para cada variable, así como los instructivos de operación del proceso ya sea por la vía manual, o bien por medio de un Sistema de Información Geográfica.

### **Factor de condición hidrogeológica**

Al igual que en el caso anterior el mapa de condición litológica y petrofísica resulta la base sobre la cual se desarrolla el mapa del factor de condición hidrogeológica. Los factores que se incluyen, también dentro de un proceso interactivo e iterativo, son los siguientes:

- a. Cartografiado de corrientes de agua superficial, permanentes.
- b. Datos de Densidad de Drenaje, con categorización y clasificación por formulación estándar.
- c. Datos cartográficos sobre flujo sub-superficial, cuando sea posible.
- d. Datos cartográficos sobre permeabilidad potencial de las unidades de roca.
- e. Datos cartográficos sobre potencial de la tasa de infiltración al subsuelo.
- f. Datos cartográficos sobre áreas de recarga y descarga de aguas subterráneas.

- g. Datos cartográficos sobre áreas de tomas de agua para uso antrópico, y zonas de protección.
- h. Datos cartográficos sobre tipos de acuíferos y extensión de los mismos.
- i. Datos cartográficos sobre gradientes hidráulicos y profundidades del nivel freático, si los hay.
- j. Datos cartográficos sobre calidad de las aguas y vulnerabilidad de los acuíferos.

La combinación de estos datos, con los obtenidos para los mapas de las condiciones de litología y geomorfología, es posible derivar mapas de condición hidrogeológica de gran utilidad práctica, en la medida que establecen para zonas con poca información hidrogeológica disponible, una primera aproximación sobre los datos técnico-hidrogeológicos aplicados de los terrenos. En este caso el método desarrollado, refuerza y complementa el método seguido por el Servicio Geológico Británico y el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) en el desarrollo y edición del Mapa Hidrogeológico del Valle Central, publicado en 1985, que representa un excelente ejemplo de trabajo mancomunado para la obtención de resultados de uso práctico.

### **Factor de estabilidad de ladera**

El método aplicado aquí toma como base el proceso metodológico propuesto por Mora & Vahrson (1992), reforzándolo e integrándolo dentro del proceso de interacción e iteración con los otros datos obtenidos para los otros factores de geopotitud. En este caso, los elementos informativos básicos corresponden con datos cartográficos:

- a. de factor litológico.
- b. de relieve relativo.
- c. de parámetros de humedad del suelo y formaciones superficiales.
- d. de factor de sismicidad.
- e. de intensidad de lluvias.

Aparte de éstos se integran otros datos relevantes aportados por otros factores adicionales provenientes de los mapas de geopotitud de los

factores litológicos, petrográficos, geomorfológico, hidrogeológico y de amenazas naturales en general. En este sentido, GEOAPT ha diseñado una metodología complementaria a la propuesta por Mora & Vahrson (1992).

### **Factor de Susceptibilidad a las Amenazas Naturales**

Adicionalmente al análisis independiente de la estabilidad de ladera (deslizamientos y otros procesos erosivos), se hace necesario desarrollar una metodología de síntesis de datos de amenazas naturales específicas que no tienen que ver directamente con el proceso de estabilidad de ladera, sino que más bien pueden ser mecanismos detonadores de éstos. Se incluyen así, dentro de este concepto los siguientes factores:

- a. Datos cartográficos del factor de sismicidad
- b. Datos cartográficos del factor de amenaza volcánica.
- c. Datos cartográficos del factor de potencial de ruptura en superficie (falla activa).
- d. Datos cartográficos del factor de potencial de licuefacción de las formaciones superficiales.
- e. Datos cartográficos del factor de amplificación dinámica o sísmica de las formaciones superficiales.
- f. Datos cartográficos del factor de potencial susceptibilidad a las inundaciones.
- g. Datos cartográficos del factor de potencial susceptibilidad a los Tsunamis en zonas costeras.

A estos datos, complementados con otros factores de geoaptitud, se le pueden sumar datos más específicos y locales, en función de las particularidades geológicas de los terrenos en cuestión. Al igual que para todos los otros factores, GEOAPT ha diseñado un proceso metodológico específico.

## **METODOLOGÍA DE DESARROLLO**

El Proyecto de Cartografía de Geoaptitud de Terrenos (GEOAPT) ha diseñado una metodología

procedimental, que como se ha señalado ya, parte de una premisa del desarrollo de procesos interactivos e iterativos, contextualizados todos dentro del concepto general del Índice de Fragilidad Ambiental (Astorga, 1997b).

Para cada componente o factor de geoaptitud se ha desarrollado un instructivo de uso, con clasificación, categorizaciones, definición de pesos y las ecuaciones de relación temática, modulados todos dentro del contexto del diseño de pasos de implementación en un Sistema de Información Geográfica.

Uno de los elementos innovadores del GEOAPT, es que el mismo aplica el proceso de interacción e interacción de sus productos finales preliminares, en el marco de la coordinación e intercambio de información con las instituciones del Estado responsables de la administración parcial o total de factor ambiental relacionado con cualquiera de los componentes indicados de geoaptitud. En este sentido, con la operación del GEOAPT, aparte de generar información básica, como facilitador y colaborador con esas instituciones del Estado, se facilita la producción de información cartográfica oficial, que tanta falta hace en el país.

La escala de trabajo del GEOAPT, es de 1:50 000, aunque por la información disponible puede elaborarse incluso cartografiado a escala 1:25 000. Para la zonas de cartografiado, y como parte del proceso de control de calidad, se ha establecido una escala estándar de colocación de peso en función del grado de detalle (calidad) de la información utilizada, permitiendo así determinar la significancia de los datos, y consecuentemente de los lagunas de información que requieren ser complementadas.

El proyecto GEOAPT se ha diseñado para ser ejecutado en todo el territorio nacional, utilizando como prioridad los más de 30 000 km<sup>2</sup> cartografiados con que se cuenta para Costa Rica (Astorga, 1997; Campos, 2001) y que corresponden con las áreas de mayor uso del suelo por parte de las actividades productivas en el país.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El Concepto de Geoaptitud de Terrenos, y su brazo operativo GEOAPT se introducen como

un proceso metodológico, científico, interactivo e interactivo de gran aplicación práctica inmediata y como apoyo fundamental en la toma de decisiones de administración territorial y ambiental en el país y la región centroamericana. Empero, además, sirve como elemento aglutinador y ordenador de esfuerzos en el campo de las ciencias geológicas, aportando un norte orientador en el proceso de generación de conocimiento, tanto en el marco científico-académico, como en el campo aplicado y práctico. Se propone el desarrollo de esta actividad, como un elemento clave para ubicar a la geología dentro del papel estratégico que le corresponde dentro del proceso de desarrollo de la nación.

Desde el punto de vista interno de la Universidad de Costa Rica, uno de los pilares del otrora Proyecto, y ahora Programa del Diagnóstico Geoambiental (PROGEO) de Costa Rica, en ejecución ininterrumpida desde 1993, ha sido el de tomar el pulso a la realidad geoambiental del país, con el fin de proponer orientaciones o reorientaciones en la carrera de geología, con el objeto de graduar profesionales en el campo de las ciencias geológicas capacitados para dar respuesta rápida a las necesidades de desarrollo de Costa Rica y de Centroamérica. En este contexto, el concepto de geoaptitud y el GEOAPT mismo, han acumulado elementos importantes, los cuales consideramos, pueden tener estimada significancia en el diseño y actualización de la carrera de geología y del postgrado mismo.

Como lo ha demostrado, el desarrollo de los estudios específicos del Diagnóstico Geoambiental de Costa Rica, la generación de mapas de geoaptitud tiene aplicaciones secundarias, no menos valiosas que las primeras. Campos tales como la localización de sitios aptos para la instalación de rellenos sanitarios (ordinarios y especiales), en la planificación adecuada de áreas protegidas, en el apoyo de la actividad de EIA, en minería (metálica o no metálica) y del manejo integrado de cuenca, entre otros; son sectores en donde el aporte de la geoaptitud resulta estratégicamente útil.

Por último, cabe destacar que el concepto de Geoaptitud, y la metodología de GEOAPT constituyen las herramientas fundamentales y de

orientación práctica para el funcionamiento y desarrollo de un Servicio Geológico en el país.

## REFERENCIAS

- ANÓNIMO, 1996: Guía de protección ambiental: Material auxiliar para la identificación y evaluación de impactos ambientales. Tomo 1: Introducción, planificación suprasectorial, infraestructura. - 613 págs. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Vieweg (Wiesbaden)..
- AKIHIKO, V., 1995: Cartografía geotécnica. - En: RESTREPO, F. & SANTIAGO, C. (eds): Aspectos geológicos de protección ambiental.. - UNESCO, Montevideo, 1: 65 - 69.
- ASTORGA, A., 1997a: El puente-istmo de América Central y la evolución de la Placa Caribe (con énfasis en el Mesozoico). - Profil, 12: 1 - 201.
- ASTORGA, A., 1997b: Manual de procedimientos ambientales de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental: Ajuste a la legislación vigente. - 84 págs. Inf. Téc. del Ministerio del Ambiente y Energía [informe interno].
- ASTORGA, A., 1995: El papel de las Ciencias Geológicas en los Programas de Desarrollo Sostenible y Ordenamiento Territorial en Costa Rica. - En: RESTREPO, F. & SANTIAGO, C. (eds.): Aspectos geológicos de protección ambiental - UNESCO, Montevideo. 2: 7- 11.
- ASTORGA, A., 1999: Perfil de proyecto: Ordenamiento ambiental territorial para Costa Rica a corto, mediano y largo plazo (generación de cartografía para el desarrollo de los índices de fragilidad ambiental como base para la toma de decisiones en administración territorial y ambiental en Costa Rica). - 16 págs. Univ. de Costa Rica, San José [informe interno].

- ASTORGA, A., 2000: Condición Geoambiental de los Ríos Virilla y Barranca Proyecto de Investigación No. 113-94-262.- 30 págs. Univ. de Costa Rica: San José[informe interno].
- CAMPOS, L., 2001: Geology and Basins History of Middle Costa Rica: an intraoceanic island arc in the convergence between the Caribbean and the Central Pacific Plates. En: W. Frisch & J. Kuhlemann (Eds): *Tübinger Geowissen. Arbeiten (TGA), A (62)*: 1-138.
- GARCIA, A., AYALA, F., GÓMEZ, D., VILLARINO, T. & De MOLINA, F., 1991: Medio físico y ordenación del territorio. - 17 págs. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- MATSCHULLAT, J. & MÜLLER, G., 1994: *Geowissenschaften und Umwelt*. - 364 págs. Springer-Verlag, Berlin.
- MILANI, L.A., 1995: Uso y ocupación del suelo: la planificación municipal y la minería -En: RESTREPO, F. & SANTIAGO, C. (eds.): *Aspectos geológicos de protección ambiental - UNESCO, Montevideo*1: 65 - 69.
- MONTALESCOT, J. & HERMELIN, M., 1991: Utilización de los estudios de Geología Ambiental en la elaboración de los planes de desarrollo urbano. - En: LOPEZ J.E. *Geología Ambiental y Geomorfología Aplicada en Colombia* (ed).- AGID No16:. Universidad EAFIT(Medellín),1: 49 - 60.
- MORA, S. & VAHRSON, W.G., 1992: Determinación Aa priori@ de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. - En: ALZATE, J.B. (ed.): *Memoria del Primer Simposio Internacional sobre Sensores Remotos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de Riesgos Naturales(Bogotá)*.: 259 - 273.
- MORA, R., MORA, S. & VAHRSON, W.G., 1995: Mapa de amenaza de deslizamientos, Valle Central, Costa Rica.- Escala 1:200,000. CEPREDENAC, San José.
- TADASHI, A., 1995: Riesgos geológicos urbanos. - En: RESTREPO, F. & SANTIAGO, C. (eds.): *Aspectos geológicos de protección ambiental. - UNESCO, Montevideo*,. 1: 89 – 101.