

LECTURA AMBIENTAL DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

An Environmental approach to geological cartography

David Brusi, Rogelio Linares, Lluís Pallí y Carles Roqué (*)

RESUMEN:

Los mapas geológicos y geomorfológicos son, además de una fuente de información científica, una herramienta necesaria para la toma de decisiones ante los múltiples problemas geoambientales que se relacionan con la planificación del territorio. En este trabajo se describe su utilidad social y económica y se proponen algunos ejercicios destinados a estudiantes de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

ABSTRACT:

Geological and geomorphological maps are, apart from a source of scientific information, a necessary tool in order to take proper decisions to solve the geo-environmental problems that arise when dealing with territorial planning. In this paper, the social and economical utility of such maps is described, and some exercises meant for Science of Earth and Environmental Sciences students are proposed.

Palabras clave: Mapas geológicos y geomorfológicos, problemas medioambientales, ordenación territorial.

Keywords: Geological and Geomorphological maps, geo-environmental problems, territorial planning.

INTRODUCCIÓN

Es indudable que la cartografía constituye un instrumento imprescindible para la toma de decisiones en la planificación territorial. Los rasgos geológicos o geomorfológicos representados en un mapa aportan una información de evidente interés científico, aunque, a veces, resulta difícil, para personas no especialistas, percibir la utilidad de este conocimiento en la vida cotidiana. A menudo, son otras lecturas interpretativas, planteadas desde distintas perspectivas sociales y económicas, las que otorgan un valor añadido a los datos geológicos y geomorfológicos contenidos en los mapas.

La mayor parte de las cartografías temáticas se obtienen a partir de una información topográfica y geológica básica. Cuando un especialista elabora un mapa temático -en nuestro caso, un mapa geotécnico (Martínez-Torres, 1994) - suele plantearse distintos tipos de problemas: ¿cuáles son las zonas inundables de un territorio? ¿de dónde sería posible extraer gravas para usos constructivos? ¿cual es la localización más adecuada para un vertedero de residuos urbanos? ¿es razonable realizar una captación de agua subterránea en un determinado lugar? ¿qué tipo de cementación es la más apropiada para construir en un solar concreto?

Para resolver estas y otras muchas cuestiones, el experto suele seleccionar un conjunto de características representadas previamente en un mapa. A partir de ellas debe buscar nuevos datos hasta conseguir un conjunto acotado de variables que resulten

significativas y que, una vez integradas, permitan una nueva representación cartográfica capaz de responder a la pregunta formulada. De este modo se elaboran los mapas de riesgos naturales, los mapas de rocas industriales, los mapas de vulnerabilidad, los mapas hidrogeológicos, los mapas geotécnicos, entre otros.

La asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente es un foro muy apropiado para demostrar que el conocimiento del medio físico y biológico es capaz de aportar elementos que ayudan a resolver problemas reales de índole social y económica y, en definitiva, garantizar la toma de decisiones responsables en muchas parcelas de actividad. Plantear la lectura interpretativa de mapas geológicos en un aula de Ciencias contribuye a formar a los futuros ciudadanos, demostrando a la vez que las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente no son una nueva disciplina sino un enfoque integrador de los problemas al que la Geología puede aportar una información privilegiada.

LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LOS MAPAS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Los mapas geológicos y geomorfológicos son, en esencia, la representación gráfica de la información geológica de una zona de la superficie terrestre. Resultan de proyectar sobre una base concreta, en general un mapa topográfico, un conjunto de características de índole geológica.

(*) Unitat de Geologia. Dpt. de Ciències Ambientals. Facultat de Ciències. Universitat de Girona. Campus de Montilivi. 17071 Girona. E-mail: david.brusi@udg.es

Los elementos representados en los mapas geológicos pueden ser puntuales, lineales o superficiales. Los primeros son la plasmación gráfica de datos aislados, como por ejemplo los lugares de caídas de meteoritos, o la localización de cavidades cársticas o manantiales. Los elementos lineales representan rasgos de escasa amplitud como, por ejemplo, la red fluvial o el eje de un pliegue. También se obtienen representaciones lineales de la intersección de planos con la superficie del terreno; tal es el caso de una falla o de un límite entre capas. Los elementos representados como superficies reflejan características que se manifiestan sobre el terreno con cierta amplitud areal como por ejemplo las diversas litologías, la edad de las formaciones geológicas o las unidades del relieve. Aunque los datos geológicos suelen representar únicamente la parte más somera del terreno, de ellos se puede extrapolar la disposición en profundidad de distintos materiales y estructuras.

Algunos mapas se denominan de “isolíneas” cuando sus trazos representan la distribución de franjas de igual valor o magnitud de un determinado conjunto de datos. El mapa topográfico es un mapa de isolíneas por excelencia puesto que representa los valores de igual cota. También es un mapa de isolíneas el mapa piezométrico o el de isóbatas del substrato de una determinada cuenca sedimentaria.

La escala de representación óptima de un mapa depende de la magnitud del objeto de estudio y del grado de precisión requerido para resolver el problema planteado. Es importante hacer notar que una escala de representación muy grande conlleva una resolución menor y viceversa. La elección de la escala más adecuada para resolver los problemas planteados es un requisito fundamental para una correcta lectura ambiental de la cartografía geológica. En general, en los mapas geomorfológicos la escala de representación suele estar muy ampliada puesto que, la mayor parte de las veces, las proporciones reales del elemento representado supondrían un grosor del trazo imperceptible. Esta exageración también se da en los elementos puntuales o lineales de cualquier mapa geológico.

Los mapas geológicos facilitan información precisa sobre:

La **diversidad litológica** de las formaciones geológicas aflorantes o subaflorantes (cubiertas por un suelo de escaso grosor). Su pertenencia a los distintos grupos rocosos permite contextualizar su origen en un determinado ambiente petrogenético. Su composición mineralógica o la textura de sus constituyentes pueden resultar influyente en la caracterización del medio físico o en los factores desencadenantes de determinados procesos.

La **geometría tridimensional de las formaciones y estructuras geológicas**. La disposición geométrica y los límites de las rocas aflorantes,

así como la orientación de las estructuras que las afectan, son los datos que permiten cuantificar la profundidad y el volumen de las formaciones geológicas y las deformaciones sufridas por los materiales a lo largo de su historia. Los mapas contienen información sobre superficies de estratificación, cambios laterales, discontinuidades, pliegues, fallas, alineaciones de esquistosidad, etc.

La **edad de las rocas y de las estructuras**. La Geología, como ciencia histórica que es, persigue como fin en sí mismo la secuenciación temporal de los elementos sujetos a su estudio. La cartografía geológica permite establecer una ordenación de los materiales y estructuras geológicas basada en el empleo de distintos métodos de datación relativa y absoluta.

Algunas **informaciones específicas**, referidas en su mayor parte a la localización de datos puntuales: sondeos, actividades extractivas, surgencias, yacimientos paleontológicos, valores de buzamiento o esquistosidad, etc.

Para facilitar su comprensión, los mapas geológicos suelen incluir esquemas de columnas estratigráficas de la zona, algunos cortes geológicos representativos o datos de sondeos.

Los mapas geomorfológicos representan las formas producidas por los procesos geodinámicos sobre las zonas más superficiales de un determinado territorio. Para su realización es preciso recurrir a la cartografía directa de las formas identificadas en el campo, si bien esta labor se ve enormemente apoyada en el análisis del mapa topográfico y en las técnicas de fotointerpretación de imágenes aéreas y de satélites. A diferencia de los mapas geológicos, la cartografía geomorfológica no permite extrapolar datos a una profundidad muy grande. Facilita información sobre la edad de las formas representadas y sobre la relación entre éstas con los procesos que las han generado y los factores que han influido en su origen.

Algunas características geomorfológicas cuantificables como la pendiente, el grado de alteración, las tasas de erosión o la orientación de las laderas, entre otras, pueden ser cartografiadas cuando se definen intervalos de valores y éstos son representados en un mapa. En algunos estudios de síntesis se realizan mapas de unidades geomorfológicas que distinguen sectores de un territorio atendiendo a un conjunto de características físicas comunes.

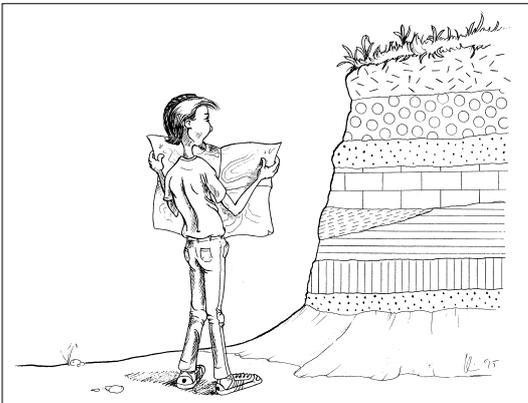
Es habitual que las publicaciones cartográficas se publiquen acompañadas de una documentación complementaria a modo de guía. En ella se suele incluir un enmarcamiento de la zona; una descripción de los materiales y de las estructuras representados; una síntesis de los resultados de los análisis y determinaciones efectuadas; y una lista de los documentos consultados y de la bibliografía relacionada.

UTILIDAD SOCIOECONÓMICA DE LOS MAPAS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La cartografía geológica y geomorfológica a escalas inferiores a 1:25.000 presenta el grado de detalle suficiente y contiene la información precisa para permitir extraer de ella lecturas interpretativas aplicadas a la resolución de muchos problemas de índole socioeconómica (Roqué et al., 1995). Entre los campos de aplicación más evidentes cabe reseñar:

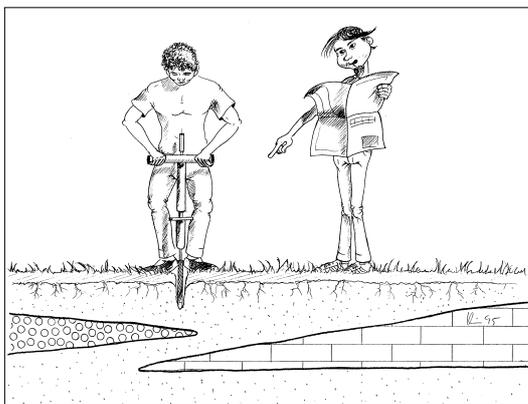
La evaluación de los recursos naturales

La cartografía geológica y geomorfológica aporta un conocimiento preciso en la identificación y localización de una gran parte de los recursos naturales de un territorio. Los datos contenidos en los mapas permiten conocer la disponibilidad de éstos y facilitan cualquier proyecto de conservación, protección o aprovechamiento de los materiales geológicos de uso industrial o constructivo, de las fuentes geotérmicas o de los recursos hídricos de la zona.



La obtención de datos geotécnicos

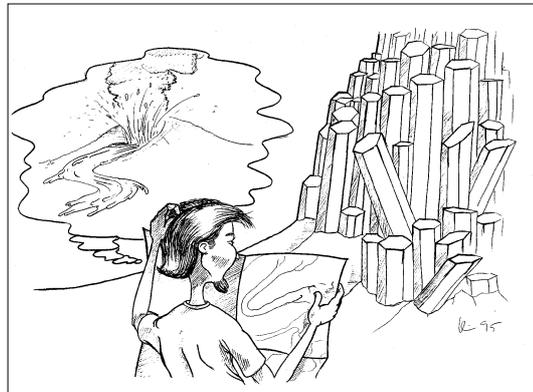
Las características físicas y geométricas de las formaciones geológicas de la zona se determinan a partir de un análisis específico. Se obtienen así datos geotécnicos referidos a la composición de los materiales, el grado de consolidación o comportamiento mecánico, continuidad o discontinuidad de materiales y estructuras, y estabilidad del terreno, entre otros. Todas estas variables resultan de inestimable utilidad en la planificación urbanística, en la arquitectura o en la ingeniería.



La identificación de procesos geológicos activos y el reconocimiento de los riesgos a ellos asociados

La identificación y delimitación cartográfica de los procesos geológicos activos de un territorio permite evaluar su probabilidad de ocurrencia y sus áreas de afectación potencial. Entre los diversos riesgos geológicos destacan por su carácter catastrófico y extensión de los daños la sismicidad, el volcanismo y las inundaciones.

En menor grado de afectación se incluyen los riesgos de desprendimiento y movimiento del terreno, de hundimiento por colapso, y de terrenos expansivos, entre otros. Todos ellos son de una enorme trascendencia económica y social. Los datos geológicos y geomorfológicos deben aportar una información valiosísima en la toma de decisiones respecto a calificaciones urbanísticas, planificación territorial, planes de evacuación, o valor del suelo, entre otras cuestiones.



La determinación del grado de vulnerabilidad potencial

Los rasgos geológicos y geomorfológicos representados en los mapas definen la disposición superficial y en profundidad de materiales y estructuras y delimitan las distintas unidades morfo-dinámicas. A partir de la integración de distintas variables -propiedades geotécnicas, porosidad, permeabilidad, transmisividad, índice de peligrosidad frente a un riesgo, entre otras- es posible una interpretación correcta para evaluar la vulnerabilidad del terreno frente a la contaminación o afectación de los recursos naturales. La ubicación de actividades potencialmente contaminantes como los vertederos de residuos, las gasolineras, las industrias y los cementerios requiere, a menudo, de criterios científicos objetivos que permitan determinar la idoneidad de su implantación.



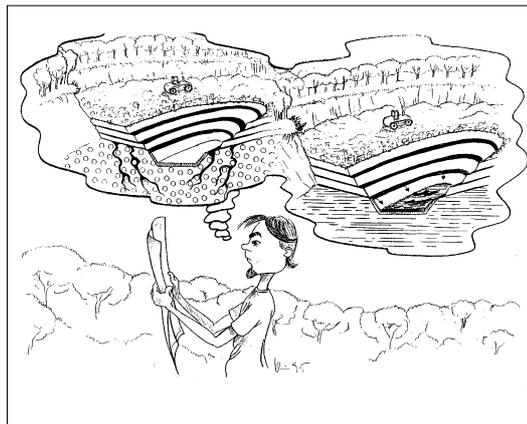
La identificación y catalogación de puntos de interés geológico o geomorfológico

La cartografía geológica y geomorfológica constituye una oportunidad única para recoger documentalmente aquellos elementos naturales que ostenten una especial relevancia y requieran, por ello, una identificación y protección específicas. Los puntos de interés geológico o geomorfológico representan parcelas territoriales o elementos aislados que por su contenido, singularidad o nivel de significación deben ser considerados como patrimonio de interés común. Generalmente su relevancia radica en su interés científico, docente o paisajístico. Desde cualquier unidad territorial es preciso conocer, acotar y, en su caso, proteger y gestionar estos puntos.



La atribución de usos para la localización de actividades

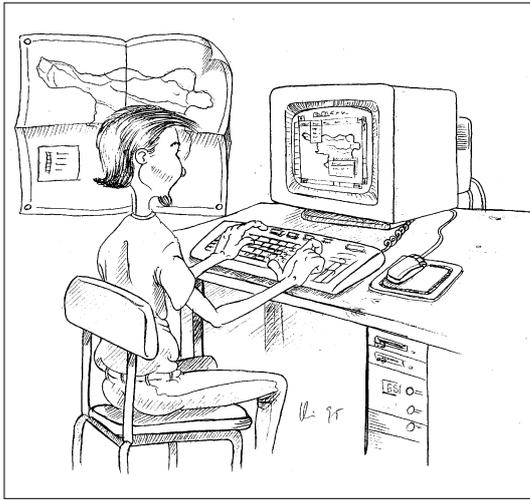
De la confluencia de todas las aplicaciones de la cartografía geológica y geomorfológica de detalle, comentadas en los apartados anteriores, surge una nueva funcionalidad: la integración de las variables geológicas junto al resto de condicionantes de la planificación, lo que enriquece enormemente la correcta atribución de usos territoriales. La contribución de los mapas geológicos y geomorfológicos a la toma de decisiones en la planificación territorial resulta especialmente importante.



El conocimiento científico territorial

Desde un punto de vista más amplio, si cabe, la cartografía geológica y geomorfológica por sí misma, representa, en sentido estricto, una mejora del conocimiento científico. Los mapas geológicos y geomorfológicos facilitan datos de enorme utilidad para futuros estudios en numerosas disciplinas, constituyen una información de probada aplicación docente y, en definitiva, contribuyen al enriquecimiento de las bases de datos de los sistemas de información geográfica.





Resulta obvio indicar que las cartografías geológica y geomorfológica aportan distintos tipos de información y que el máximo nivel de funcionalidad se adquiere con la existencia de ambas y con una correcta interpretación de las mismas. También es preciso indicar que la utilidad de los mapas aumenta en relación directa al número de características cartografiadas, a la escala utilizada en la obtención de datos y al rigor y objetividad con la que los distintos parámetros hayan sido determinados.

Los usuarios directos o indirectos de este tipo de cartografías abarcan un amplio abanico de profesiones, tales como gestor y planificador urbanístico y ambiental, geógrafo, arquitecto, consultor ambiental, técnico de distintas administraciones, constructor, sondista, docente, biólogo, historiador y arqueólogo, así como responsables políticos y empresarios de toda índole que requieran un conocimiento del medio físico para la planificación de sus actividades.

Del mapa geológico o geomorfológico se derivan unos beneficios económicos muy importantes, relacionados, fundamentalmente, con la ordenación y gestión del territorio y con la prevención de riesgos naturales, aspectos que ya han sido tratados anteriormente. Desde un punto de vista de la prevención y la responsabilidad del gestor territorial, es importante considerar que la reparación de los efectos que algunos procesos geológicos causan sobre las infraestructuras y personas supone un coste enormemente superior a la inversión derivada de la confección de una cartografía preventiva.

La información contenida en los mapas geológicos y geomorfológicos facilita la resolución de estudios posteriores de aplicación más concreta, por lo que el coste de éstos se reduce en gran medida. En este mismo sentido, la carencia de estos mapas implica que, ante cada nuevo problema relacionado con el medio geológico, se ha de realizar un estudio específico, lo que conlleva costear múltiples proyectos cuya información no es reutilizable.

Por todo ello, la cartografía geológica y geomorfológica constituye una base imprescindible para la gestión racional del medio, de la que se derivan unos beneficios no sólo económicos, sino también culturales, sociales y ambientales que hacen de ella una inversión rentable.

LA "ISLA-PARAISO". UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES BASADA EN LA LECTURA AMBIENTAL DE MAPAS GEOLOGICOS.

Son muchas las publicaciones que aportan información y sugieren ejercicios sobre mapas geológicos. Sólo para destacar algunas de las editadas en España cabría indicar las de Martínez-Álvarez (1985), Ramón Lluch y Martínez-Torres (1993), o Guerra-Merchán (1994). Estas excelentes contribuciones, se circunscriben sin embargo a la resolución de problemas estrictamente geológicos. Son escasos, sin embargo, los trabajos en los que se plantean lecturas interpretativas de la información geológica desde un enfoque medioambiental (Bach y Linares, 1996; Bach et al., 1998; Luzon et al., 1998; etc.).

La propuesta que aquí presentamos es una reformulación de algunas de las actividades publicadas en un trabajo anterior (Linares et al., 1999), en el marco de una unidad didáctica para la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

"Isla-Paraiso" sugiere un conjunto encadenado de ejercicios de interpretación de mapas para ser realizado con alumnos de secundaria o universidad que hayan adquirido anteriormente los conocimientos necesarios sobre determinados procesos geológicos. Su enfoque pretende ir más allá de la simple comprensión de estos rasgos para inducir una lectura interpretativa de los mismos a partir del planteamiento y resolución de un problema en línea plenamente coincidente con las reflexiones que valoran la utilidad de este tipo de estrategias de aprendizaje (Caballer, 1993; García de la Torre, 1994; Jaen, 2000)

Como objetivo general se pretende que el alumno asuma que los usos del territorio están determinados, en gran parte, por las posibilidades y limitaciones que nos imponen los rasgos y procesos naturales ya que la consideración de éstos por sí solos no es suficiente y, por tanto, precisa de una integración de la información procedente de otros campos.

El conjunto de actividades que se proponen en "Isla-Paraiso" ha debido restringirse, necesariamente, a unos pocos rasgos geológicos. Los ejercicios se basan en la geología imaginaria de una isla de origen volcánico a la que se han añadido informaciones que conforman un escenario sometido a distintos riesgos naturales derivados, principalmente, de la dinámica interna.

Isla-paraiso



La multinacional “Lugares de Ensueño, S.A.” está buscando una isla en alguna zona tropical para construir un complejo turístico de lujo capaz de albergar a un gran número de clientes. El proyecto ha sido bautizado por sus promotores con el nombre de Isla-Paraiso y requiere la localización urgente de un lugar en el que se den las mejores condiciones climáticas, de emplazamiento, de atractivos naturales, de disponibilidad de agua dulce y de ausencia de riesgos, entre otros factores.

Los consejeros de la multinacional deciden encargar un estudio prospectivo a nuestra empresa de consultoría mediambiental. Para ello, sus representantes nos proporcionan un mapa topográfico de la isla por ellos elegida. Un informe adjunto que hemos comprobado la sitúa en una zona tropical de clima cálido y lejos de la influencia de todo tipo de riesgos meteorológicos.

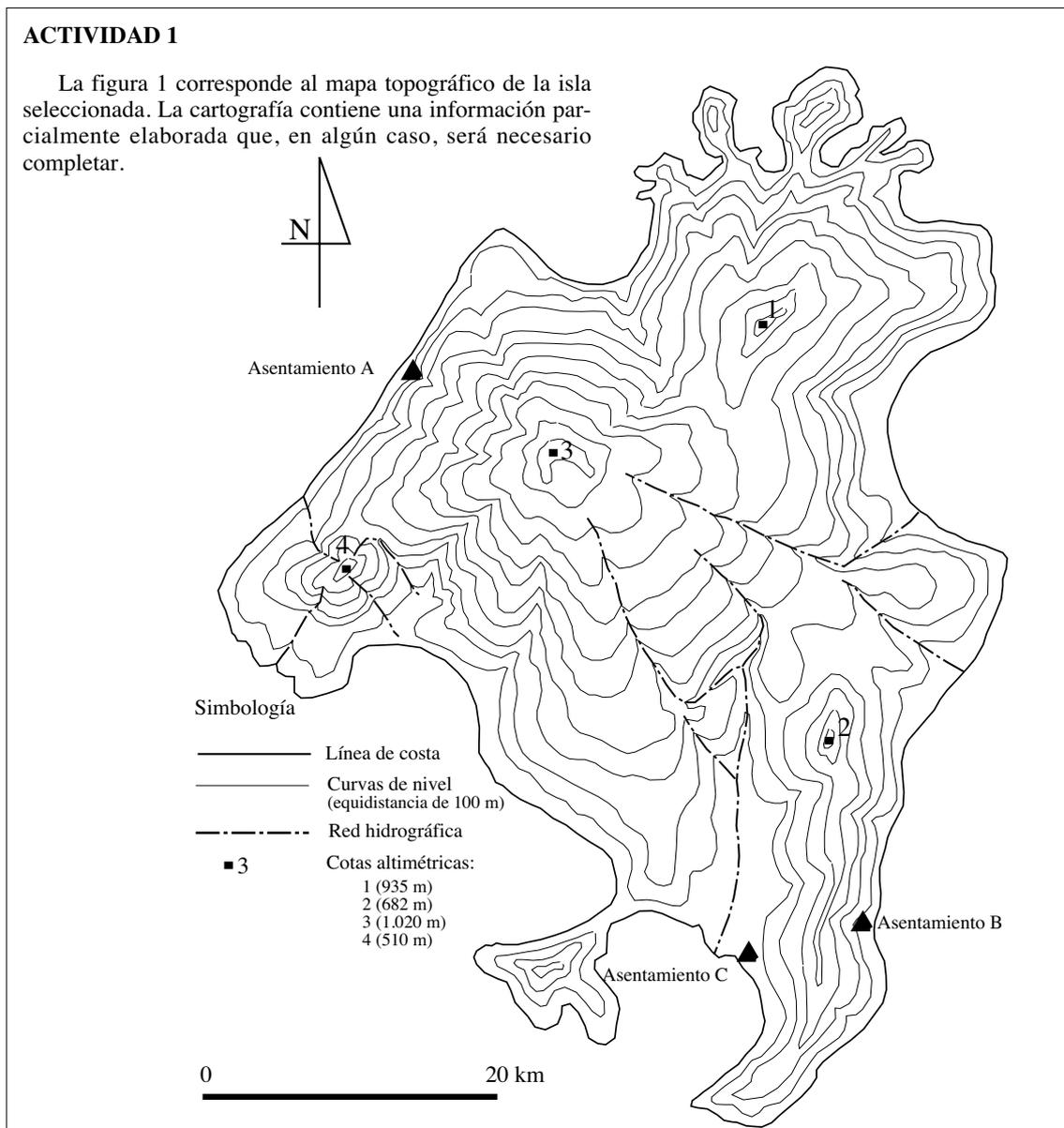


Figura 1

A la vista del mapa se plantean algunas preguntas o problemas que debemos resolver:

1.1. ¿Tiene la isla unas dimensiones adecuadas para albergar el complejo turístico?

1.2. ¿Qué factores deberían considerarse en la elección del emplazamiento de las instalaciones turísticas?

1.3. ¿Qué lugares de la isla presentan unas características geográficas que les den un atractivo especial?

1.4. ¿Es muy abrupto el relieve de la isla? Para comprobarlo anotamos los valores que faltan de las curvas y pintamos sobre el mapa una zonación altimétrica.

de 0 a 200 m color verde pálido
de 200 a 400 m amarillo
de 400 a 600 m anaranjado

de 600 a 800 m marrón claro
de 800 a 1000 m marrón oscuro
de 1000 a 1200 m blanco

1.5. Si la isla está en el hemisferio norte ¿qué zonas de la isla serán las mejores para garantizar una adecuada insolación?

1.6. ¿Por dónde discurren los principales cursos fluviales? Analizando la geometría de las curvas de nivel conseguimos identificarlos y los pintamos con un trazo azul sobre el mapa.

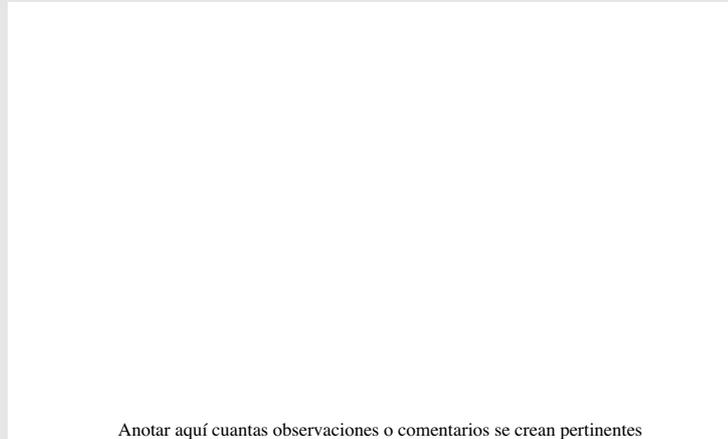
1.7. Alguien sugiere que algunos relieves podrían corresponder a edificios volcánicos. ¿Que características del relieve reflejadas en el mapa apoyarían esta idea? ¿Dónde se encontrarían los posibles volcanes?

1.8. Una vez analizados los rasgos topográficos nuestra consultoría emite el siguiente informe (es preciso completar las conclusiones provisionales):

Lugares de Ensueño, S.A.
Presidencia

Estimados Sres.:

Tras un estudio detallado del mapa topográfico que nos proporcionaron y en relación a su proyecto de "Isla Paraiso" estamos en condiciones de informarles que la isla analizada:



Anotar aquí cuantas observaciones o comentarios se crean pertinentes

Por todo ello, nuestra conclusión provisional es que el entorno de la Isla es adecuado para la construcción del complejo turístico, si bien, algunas circunstancias nos llevan a recomendar que se realicen los estudios necesarios para **elaborar una cartografía geológica de detalle**. Esta información resulta imprescindible para descartar o confirmar algunos riesgos que sospechamos que pueden darse en la isla así como para valorar la disponibilidad de agua subterránea.

AMBIASA
Estudios ambientales

ACTIVIDAD 2

Para satisfacer nuestra petición “Lugares de Ensueño, S.A.” ha encargado un estudio geológico y nos ha proporcionado una cartografía litológica (Figura 2).

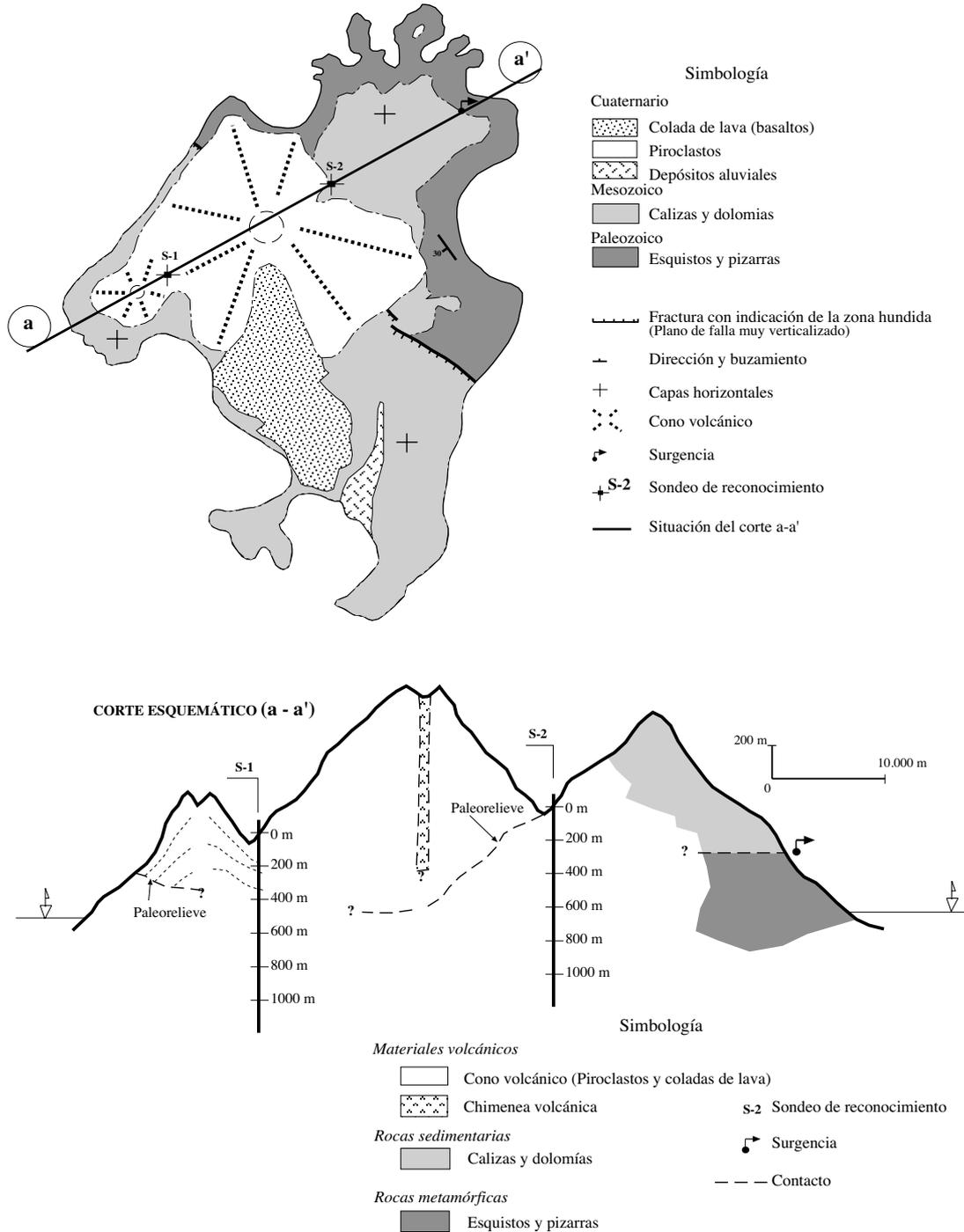


Figura 2

La información relativa a tipos de materiales es muy simple y su disposición en profundidad no ha sido completada. Por ello, nos han proporcionado los datos de dos sondeos de reconocimiento (S-1 y S-2).

Sondeo S-1:

Hasta 350 m de profundidad se identifican rocas volcánicas (piroclastos con alguna intercalación de lavas basálticas).

Desde los 350 m hasta los 500 m calizas y dolomías.

Desde los 500 m hasta los 600 m se cortan basaltos.

Por debajo, de nuevo, aparecen las calizas y las dolomías hasta una profundidad de 900 m.

Desde los 900 m hasta los 950 m, final de la perforación, rocas metamórficas (esquistos y pizarras).

A partir de los 200 m de profundidad los materiales se encuentran saturados en agua.

Sondeo S-2:

Hasta 200 m de profundidad se ha atravesado una formación de calizas y dolomías.

Desde 200 m hasta los 650 m de profundidad se han identificado rocas metamórficas (esquistos y pizarras).

Se ha identificado la existencia de un acuífero libre, con un nivel freático situado a 100 m de profundidad.

A partir de la información proporcionada por la cartografía geológica y por los sondeos de reconocimiento debemos plantearnos nuevas cuestiones y resolver nuevos problemas:

2.1. ¿Tiene la isla un origen totalmente volcánico? ¿Todos los relieves prominentes son conos volcánicos? ¿La actividad volcánica se ha producido al principio o al final de la historia geológica de la isla?

2.2. Estas preguntas nos obligan a realizar un corte geológico esquemático a-a' (figura 2). En él también dibujamos el trazado del nivel freático.

2.3. ¿Qué tipo de materiales se comportan como permeables y cuales como impermeables? Si el agua de los ríos no fuese suficiente para cubrir nuestras necesidades ¿dónde recomendaríamos situar pozos para captar aguas subterráneas?

2.4. Atendiendo a los datos topográficos y geológicos, y suponiendo que se desencadenase una erupción desde alguno de los edificios volcánicos existentes, podemos analizar el riesgo de distintos fenómenos que pudieran producirse.

2.4.1. Riesgo de caída de piroclastos

El vulcanismo de la zona puede producir grandes cantidades de cenizas volcánicas. Los vientos dominantes en la isla son los vientos del sur. A partir de estos datos realizamos un mapa de riesgo de las posibles zonas afectadas por una lluvia de piroclastos.

2.4.2. Riesgo de coladas de lava

Los flujos de material magmático son capaces de recorrer decenas de kilómetros. En su camino las

coladas de lava avanzan a favor de la pendiente siguiendo, principalmente, los valles fluviales. A partir de estos datos y de la topografía de la figura 1 realizamos un mapa de riesgo de las posibles zonas afectadas por las coladas de lava. En el caso de que se den estos procesos ¿en que zonas alcanzarían las coladas las velocidades más altas?

2.4.3. Riesgo de actividad hidromagmática

La interacción entre el magma caliente y el agua superficial o subterránea es capaz de desencadenar una actividad volcánica extraordinariamente explosiva. ¿Podría producirse este fenómeno en la isla? ¿Qué consecuencias podría tener?

2.5. Algunos rasgos de la cartografía geológica (figura 2) y de la red de drenaje de la isla (figura 1) nos hacen sospechar de la existencia de alguna falla que ha podido tener actividad en tiempos recientes. ¿Cuales son estas evidencias? ¿Por dónde discurre esta falla que no se ha dibujado en el mapa geológico? Dibujamos la falla en el mapa de la figura 2. ¿Que movimiento relativo ha tenido cada uno de los bloques separados por la fractura? Simbolizamos sobre el mapa el sentido de desplazamiento.

2.6. Tiene alguna relación esta falla con la actividad sísmica reciente, registrada en la zona y expresada en la figura 3.

¿Podría producirse un terremoto que afectase la isla? Si así fuese ¿qué valor de magnitud sísmica deberían soportar, como mínimo las construcciones? Y si el fenómeno sísmico desencadenase un tsunami con olas de decenas de metros de altura ¿qué zonas se verían más afectadas?.

2.7. En base a toda la información cartográfica y a los mapas de riesgo elaborados ¿qué tipo de riesgos geológicos pueden afectar a las poblaciones que hay en la isla? ¿Cuál es el núcleo habitado más seguro?

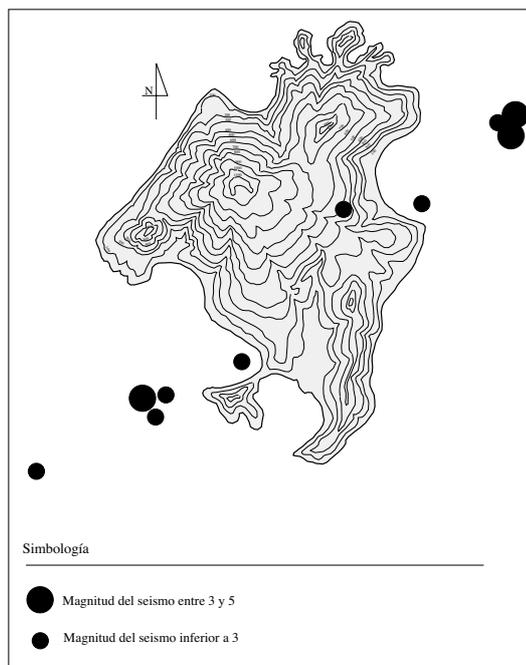


Figura 3

ACTIVIDAD 3

Conclusiones

Por todos los datos proporcionados por la lectura interpretativa de los mapas, nuestra empresa de consultoría ambiental emite un informe en los siguientes términos (completar las conclusiones provisionales):

Lugares de Ensueño, S.A.
Presidencia

Estimados Sres:

Habiendo completado el estudio de la cartografía topográfica y geológica que nos han proporcionado en relación con su proyecto de construcción de un complejo turístico en “Isla Paraiso” estamos en condiciones de informarles que:

El mejor lugar para el emplazamiento sería:

(describir la zona)

puesto que en él se dan las siguientes características favorables:

(Indicar cuales son éstas)

Con todo, nuestra conclusión final es que el entorno de la Isla
(indicar Si o NO) es recomendable para la construcción del complejo turístico puesto que en ella se reúnen un conjunto de circunstancias tales como:

(Indicar cuales son éstas)

Para demostrar estas apreciaciones, les adjuntamos un conjunto de información que hemos elaborado (se adjuntan los mapas).

Quedamos a su disposición para futuras colaboraciones.

AMBIASA
Estudios ambientales

UN FINAL ABIERTO: LA SOSTENIBILIDAD

Una vez formuladas las conclusiones podemos plantear a nuestros alumnos (si es que ellos no lo han hecho anteriormente) otras variables, independientes del medio físico, consideradas hasta el momento. Puede que esto suponga cierta decepción, al igual que la creada por un final abierto en una película. Pero, puede servirnos para resituar la complejidad de factores sociales, económicos y ambientales que deben considerarse en la toma de decisiones.

- ¿Quién debe autorizar el proyecto?
- ¿Quién podrá trabajar en el complejo turístico?
- ¿Cual será el lugar más cercano en el que encontrar profesionales especializados en cada uno de los servicios?
- ¿Cómo se prestarán los servicios medico-sanitarios?
- ¿De que lugar deberán llevarse los materiales de construcción para realizar las obras?
- ¿De dónde procederan los productos perecederos destinados al consumo?
- ¿Será necesario construir una red de carreteras?
- ¿Cómo se gestionarán los residuos y las aguas residuales?
- ¿Cómo se podrá abandonar la isla en caso de necesidad?
- ¿Existe algún tipo de riesgo biológico en la zona que deba considerarse? (enfermedades tropicales, insectos, tiburones, etc.)

INFORMACIÓN PARA LOS DOCENTES

Se recomienda fotocopiar las cartografías topográfica y geológica tantas veces como sea preciso y trabajar sobre ellas los distintos problemas planteados.

A continuación se comentan aquellas soluciones, gráficas en su mayoría, que se consideran más relevantes para la resolución de las actividades.

ACTIVIDAD 1

Apartados del 1.1 al 1.4. Dado el carácter abierto de las respuestas o la simplicidad de su realización dejamos al buen criterio de los docentes la resolución de las mismas.

1.5. Se recomienda valorar positivamente la orientación S-SE de los posibles emplazamientos.

1.6. Se adjunta el mapa resultante (figura 4).

1.7. Atendiendo exclusivamente a los datos que nos proporciona el mapa topográfico, se identifican dos unidades de relieve que pueden corresponder a aparatos volcánicos. Se trata de las elevaciones que tienen las cimas situadas en las proximidades de los puntos 3 y 4, a una altitud de 1020 m y 510 m respectivamente. El más pequeño se sitúa en el extremo sudoccidental de la isla (punto 4). El otro, unas 8 o 9 veces más grande, se localiza al sur de la población A. En los dos casos, la cima corresponde a una de-

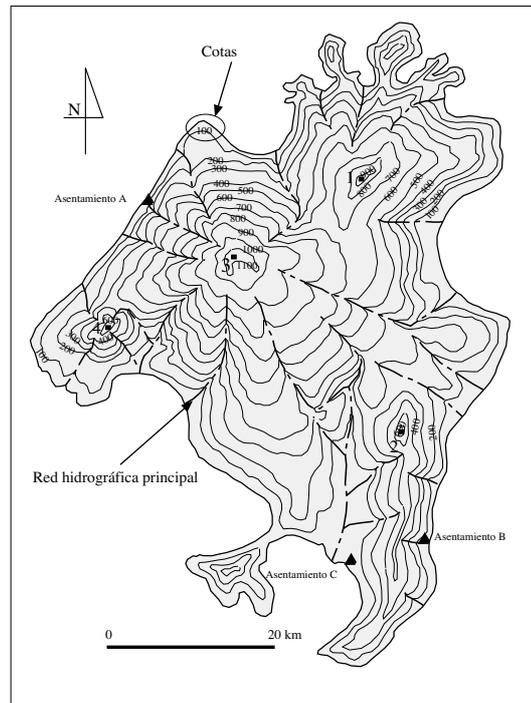


Figura 4

presión (posible embudo) ya que la zona central de ambos relieves queda a una cota inferior a la de la curva de nivel que las rodea. Otro criterio de identificación de los conos se basa en la existencia de una red de drenaje radial a partir de los puntos 3 y 4.

La localización de los posibles edificios volcánicos se muestra en la figura 5.

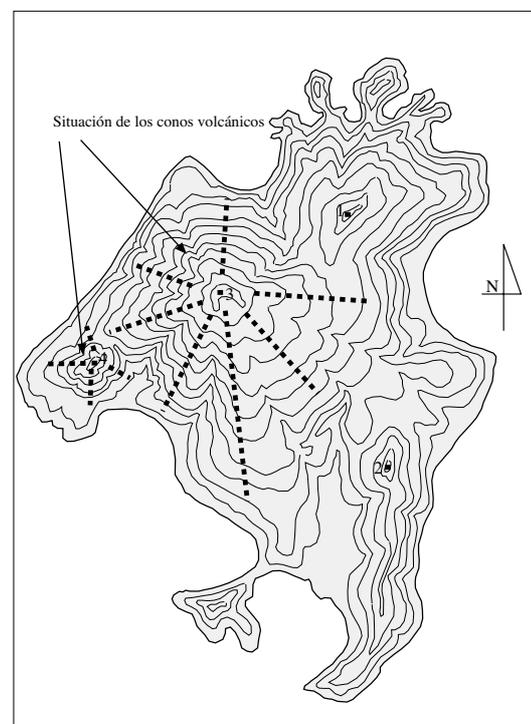


Figura 5

ACTIVIDAD 2

2.1. La cartografía geológica demuestra la existencia de tres tipos de rocas distintas: volcánicas, sedimentarias y metamórficas.

La disposición de los edificios volcánicos se apoya sobre un substrato metamórfico y sedimentario preexistente, por lo que se hace evidente que la actividad volcánica se ha producido, como mínimo, con posterioridad a este conjunto. Además, en la leyenda del mapa, se atribuye una edad cuaternaria a los edificios volcánicos.

2.2. La solución se muestra en la figura 6.

2.3. El trazado del nivel freático evidencia que tanto los materiales sedimentarios como los volcánicos se comportan como materiales permeables. Habitualmente, las rocas sedimentarias del tipo calizas y dolomías presentan una permeabilidad secundaria por fisuración y/o carstificación. En el caso del tipo de rocas volcánicas que nos ocupan, piroclastos y coladas de lava, la permeabilidad es debida a la porosidad y a la fisuración, respectivamente.

La surgencia existente sería un recurso directamente aprovechable. La localización de los pozos debería tener en cuenta los siguientes factores:

- a) evitar que la captación provoque una intrusión salina
- b) procurar que el pozo corte el nivel freático en un lugar próximo a la superficie topográfica.

2.4.

2.4.1. Véase figura 7.

2.4.2. La cartografía resultante se ofrece en la figura 8. A grandes rasgos, las vertientes orientadas al NO presentan una mayor pendiente, y por tanto allí las coladas alcanzarán una velocidad más alta.

2.4.3. Si tenemos en cuenta la posibilidad de que el magma interactúe con los acuíferos de la zona, el riesgo de la actividad hidromagmática no

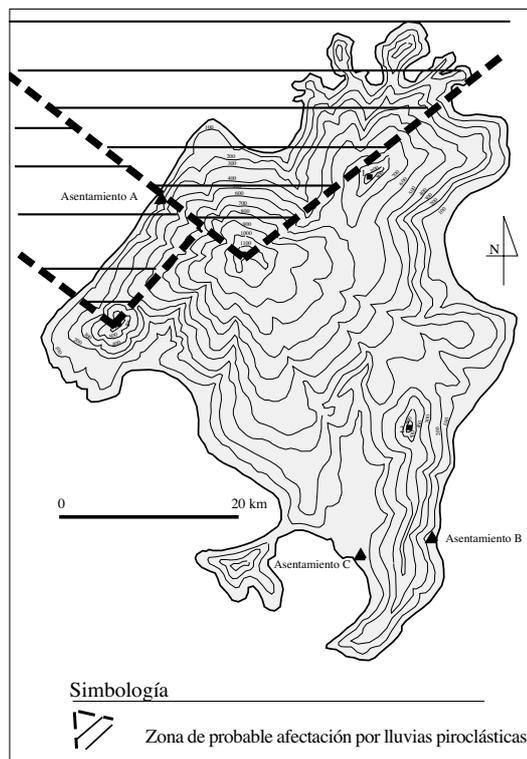


Figura 7

es descartable. En este caso la manifestación volcánica puede tener una alta explosividad ya que al evaporarse el líquido aumenta el contenido en gases y consecuentemente se incrementa la presión dentro del conducto de salida. Este tipo de erupciones, denominadas freatomagmáticas, se desencadenan a partir de aguas subterráneas y, con ciertas especificidades, dependiendo de cómo se produzca esta interacción, suelen ser muy destructivas.

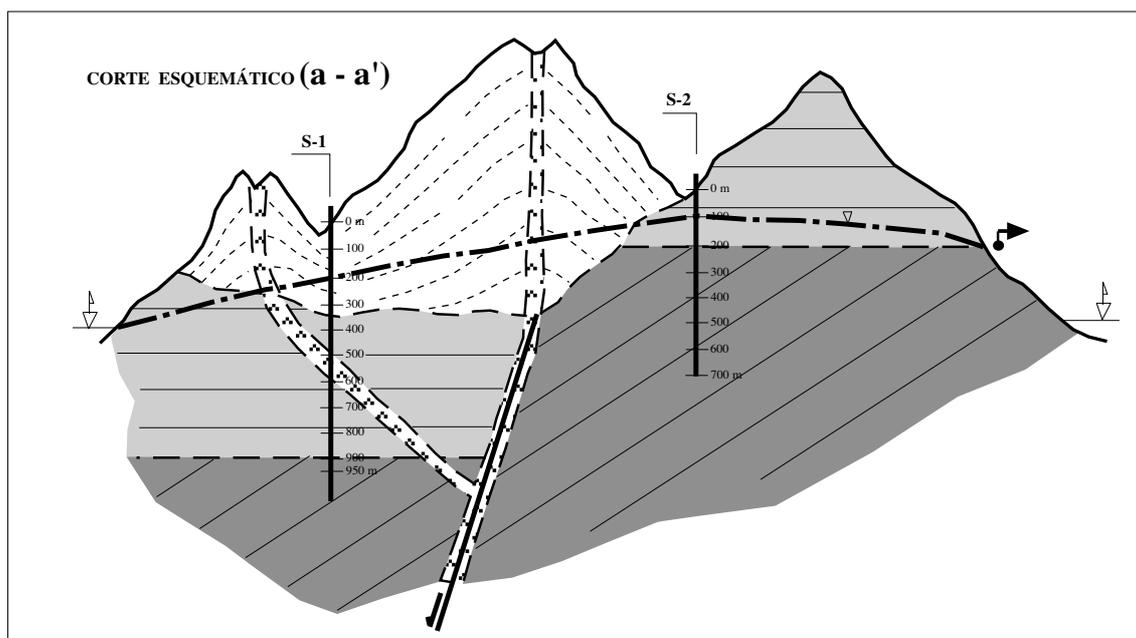


Figura 6 (La simbología es la misma que en la figura 2)

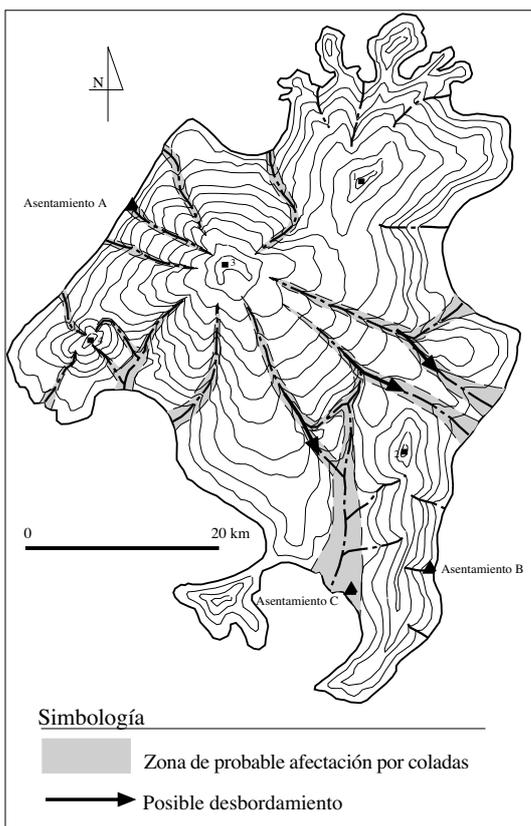


Figura 8

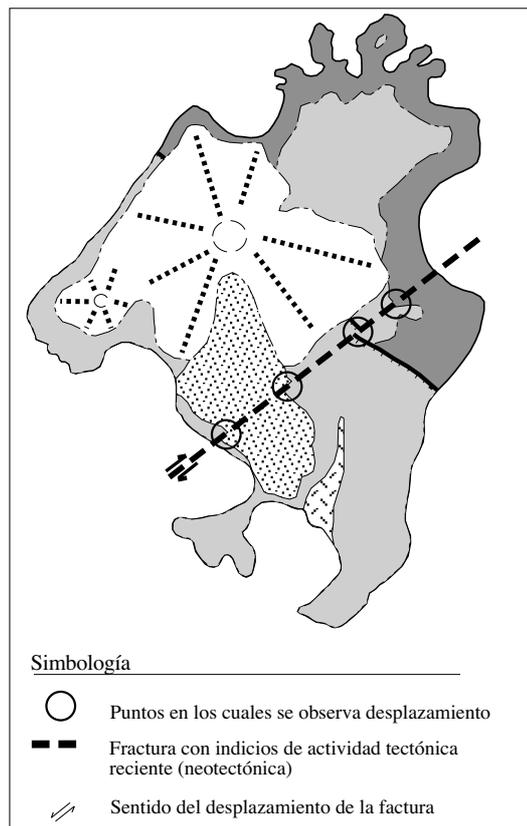


Figura 9

2.5. En las figuras 9 y 10 se han destacado aquellos elementos que permiten la identificación de la falla reciente.

En la figura 9 se observa como los materiales y la falla preexistente se encuentran desplazados por efecto de esta actividad tectónica.

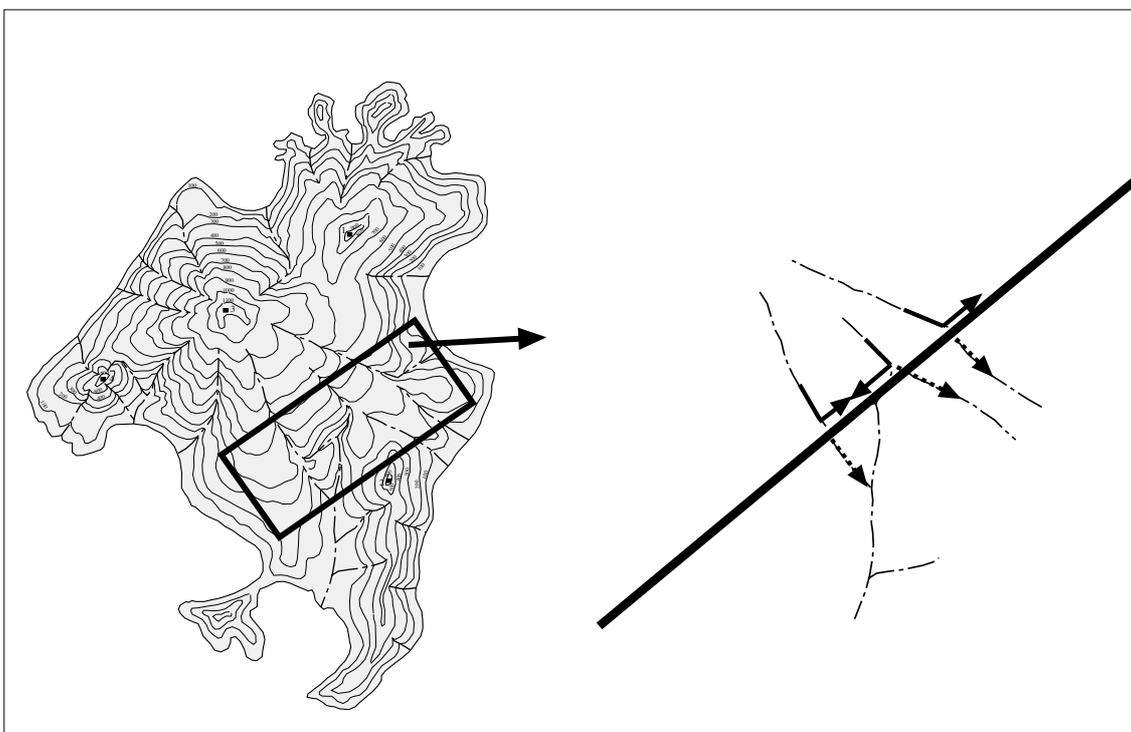


Figura 10

Coincidiendo con esta alineación E-O, la red fluvial presenta diversos codos de captura (figura 9).

2.6. La respuesta gráfica se ofrece en la figura 11. Se observa una cierta alineación de epicentros según el trazado de esta fractura.

Las zonas por debajo de los 100 m serían las más afectadas por olas de tsunamis.

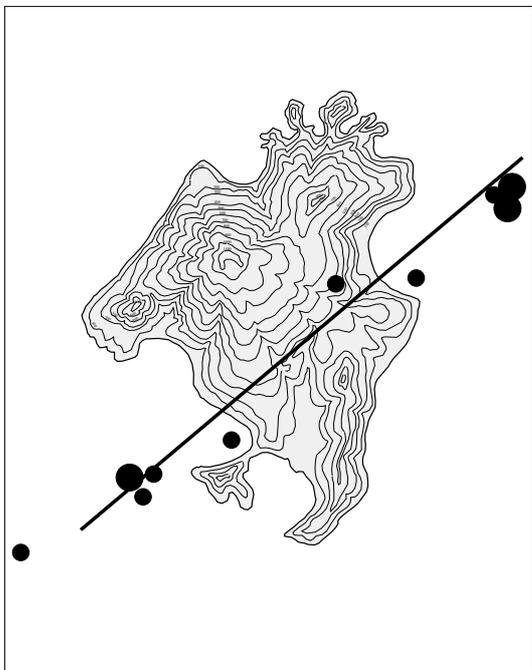


Figura 11

BIBLIOGRAFÍA

- Bach, J. y Linares, R. (1996). *Ciències de la Terra i del Medi Ambient. Exemple de segon nivell de concreció i unitat didàctica*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament. Direcció General d'Ordenació Educativa.
- Bach, J.; Correig, T.; Grau, R.; De Manuel, J. y Tejero, F. (1998). Propuesta de actividades en Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente: trabajando gradientes ambientales con isolíneas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.1. 79-88.
- Caballer, M. J. (1993). Planteamiento de problemas como estrategia de aprendizaje en la Enseñanza de la Geología. Aspectos didácticos de Ciencias Naturales (Geología). ICE. Universidad de Zaragoza.5. 77-110.
- García de la Torre, E. (1994). Metodología y secuenciación de las actividades de Geología de campo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.2. y 2.3. 340-353.
- Guerra-Merchán, A. (1994). Mapas y cortes geológicos. Interpretación y resolución de problemas geológicos. CEP - Málaga. Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia.
- Jaén, M. (2000). ¿Cómo podemos utilizar en Geología el planteamiento y resolución de problemas?. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.1. 69-74.
- Linares, R., Bach, J. y Brusi, D. (1999). Dinàmica interna: Processos derivats i la seva gestió. Unidad didáctica de la materia Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. En: *El Batxillerat. Currículums i materials de suport*. CD-Rom, ISBN: 84-393-4814-2 1999. Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament. Direcció General d'Ordenació Educativa.
- Luzon, A.; Sirvent, J. y Soria, M. (1998). Propuesta didáctica para la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente: la explotación de recursos minerales y la evaluación de su impacto ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 6.3. 258-263.
- Martínez-Álvarez, J.A. (1985). Mapas geológicos. Explicación e interpretación. Editorial Paraninfo, 3ª Edición.
- Martínez-Torres, L.M. (1994). Principales tipos de mapas geológicos. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Ramón Lluch, R. y Martínez-Torres, L.M. (1993). Introducción a la cartografía geológica. 3ª Edición. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Roqué, C.; Pallí, L.; Brusi, D. y Capellà, I. (1995). Geological and Geomorphological cartography at scale 1:10.000: A tool of management for towns. Proceedings of the 17th International Cartographic Conference and 10th General Assembly of ICA, 2433-2467, Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona. ■