

## **LA GEOLOGÍA EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO: GUÍA PARA LA ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA**

Víctor Carlotto, Lionel Fidel y Humberto Chirif

INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima-Perú,  
vcarlotto@ingemmet.gob.pe

### **INTRODUCCIÓN**

En estos últimos años ha tomado relevancia la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), sin embargo, las directivas y reglamentos no se acogen a lo que corresponde los estudios. Estos instrumentos de gestión que tiene que ser construidos con una fuerte componente técnico-científico, son mas bien elaborados con un componente político, confundiendo los roles técnicos y políticos. Si bien, la ZEE y los POT son instrumentos técnico-políticos, su elaboración es esencialmente técnica y las decisiones son esencialmente políticas, y no al contrario. Actualmente el Ministerio del Ambiente MINAM, las Regiones y las Municipalidades vienen construyendo la ZEE y los POT con un sesgo en la parte económica, ya que se quiere restringir, desde el inicio de los estudios, ciertas actividades económicas como es la minería y que en un futuro puede ser el turismo, la pesca, la agricultura o el comercio.

Bajo esta problemática el INGEMMET ha elaborado una directiva técnica para la elaboración de estos instrumentos basado en el soporte geológico, que es fundamental para la ZEE y los POT (Carlotto et al., 2010) por que nacen de la evaluación de los recursos naturales y de los peligros geodinámicos. En consecuencia presentamos un resumen de estas directivas que ya fueron entregados al MINAM para su consideración y que además INGEMMET viene implementando como estudio piloto en la región La Libertad.

### **LA GEOLOGÍA EN LA PLANIFICACIÓN**

La geología dentro de sus múltiples aplicaciones estudia los mecanismos, fenómenos y características geológicas que influyen en la relación entre el hombre y el medio que lo rodea. Estudios que contribuyen sustancial y adecuadamente en la planificación del uso del territorio en este caso para la ZEE y los POT. Las comunidades humanas interactúan con el territorio en el que habitan y lo aprovechan para garantizar su subsistencia por medio de la explotación y uso de sus recursos: suelo, subsuelo, agua, flora y fauna. Una de las necesidades prioritarias que ha tenido que resolver el ser humano durante su desarrollo, ha sido la de encontrar espacios adecuados para establecerse. Espacios que además de tener características físicas apropiadas para garantizar su seguridad ante los fenómenos de la naturaleza, también ofrecieran un acceso a los elementos indispensables que ha requerido para su subsistencia. La mayor demanda de espacios y territorios, ha sido inducida por procesos acelerados de crecimiento de la población y por las altas tasas de concentración poblacional en los centros urbanos, lo que a su vez genera la explotación desmesurada de recursos naturales. Para el desarrollo regional es esencial que los minerales, el agua subterránea, el agua geotérmica y los hidrocarburos estén incluidos en el planeamiento de la utilización del territorio. De igual forma los peligros geológicos es decir, deslizamientos, aluviones, inundaciones, erupciones volcánicas, tsunamis y también los sísmicos deben ser considerados como limitantes o restricciones en la planificación.

### **El Subsuelo en el Ordenamiento Territorial**

Los recursos del subsuelo son los que se olvidan con frecuencia en los planes de desarrollo regional de países en vías de desarrollo. A esta problemática mundial no escapa Perú donde la crisis ambiental ha tomado una connotación significativa, reflejada especialmente en la sobreexplotación de los recursos y en el inadecuado uso del territorio, lo que afecta los niveles económicos, sociales y políticos de todo el país. El subsuelo no es considerado integralmente, a pesar que allí se encuentran los recursos minerales y energéticos; pero allí también se generan los peligros geológicos. Por otro lado, la geología y la geomorfología de un territorio no

solamente tiene incidencia en los recursos minerales y energéticos, o en los peligros, sino también en la edafología, la geografía, la flora, fauna y en la parte antrópica, es decir en las poblacionales y en la ocupación de las ciudades. Por lo tanto, los estudios geológicos y geomorfológicos son la base para toda planificación del uso del territorio.

## EL MEDIO FÍSICO

Se entiende como el subsistema del medio ambiente conformado por los materiales, procesos y formas terrestres del suelo y subsuelo de composición predominantemente abiótica: suelo, roca, agua, aire y paisaje, en cuanto a percepción del medio (paisaje). En este medio tienen lugar una serie de procesos endógenos y exógenos que involucran tipos naturales de energía: gravitacional, solar, energía interna de la Tierra y otras, incluyendo las modificaciones resultantes de la acción biológica y humana. Para efectos del ordenamiento ambiental, el medio físico debe entenderse como fuente de recursos, soporte de actividades, receptor de residuos y generador de peligros naturales (Molina, 2007).

Como recurso, el medio físico es la fuente de las materias primas que el hombre utiliza o transforma en beneficio propio. Para esto, se deben conocer cuáles son esos recursos, su ubicación, la manera de aprovecharlos, etc. Finalmente, como generador de peligros es necesario conocer la distribución espacial y temporal de fenómenos como: movimientos en masa (deslizamientos), aluviones o avenidas torrenciales, inundaciones, volcanes, sismos, etc., (Molina, 2007).

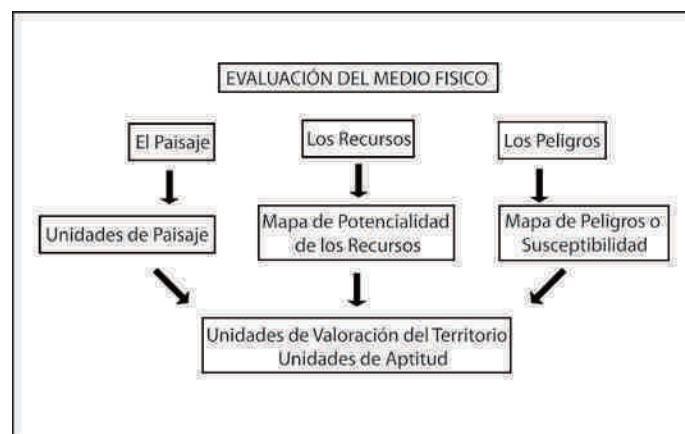


Fig. 1. Cuadro mostrando la metodología de evaluación del territorio

## EVALUACIÓN DEL MEDIO FÍSICO-TERRITORIO

Para la evaluación de medio físico se plantea 3 parámetros: el paisaje, los recursos y los peligros (Fig. 1). Esta evaluación está basada en la construcción de mapas en base SIG que permite una fácil calificación y ponderación de los espacios. Estos espacios básicos de evaluación pueden corresponder a las unidades geomorfológicas ya que en la práctica existe una estrecha relación entre la geomorfología, el uso de suelos, la ubicación de centros poblados, los peligros geológicos, etc. Además, la geomorfología es el componente que permite o sirve de base para la integración de las variables como: suelo, agua, mineral, peligros, etc. consideradas como unidades estructurantes o integradoras que determinan sectores territoriales básicos en la evaluación del potencial del medio físico y en la toma de decisiones para su ordenamiento

Las escalas de los mapas de trabajo para la evaluación y en el caso de la Zonificación Ecológica Económica es de 1:250,000 pero puede variar de acuerdo a la extensión del territorio, desde escalas con mayor detalle como son 1:200,000 ó 1:100,000. Como herramientas de trabajo se deben usar mapas topográficos a las escalas mencionadas e imágenes satelitales acorde con las escalas de trabajo.

Para la evaluación se requiere:

**Paisaje:** Mapa topográfico, mapa de pendientes (generado a partir del mapa topográfico o de imágenes satelitales-DEM) y mapa geomorfológico donde las unidades geomorfológicas se usan como base para la evaluación del territorio. Mapa geológico o de unidades litológicas con descripción aplicada de sus características geotécnicas regionales sobre el comportamiento mecánico de los mismos y sus potencialidades como recurso y mapa de patrimonio geológico y Geoturístico, paleontológico y minero.

**Recursos:** Mapa hidrológico, mapa hidrogeológico o de litopermeabilidades, inventario de fuentes, mapas hidroquímicos con delimitación y caracterización de acuíferos, potencial hidrogeológico y calidad del agua. Vulnerabilidad de acuíferos con potenciales fuentes de contaminación. Mapa de áreas de interés para la explotación de recursos geotermales. Mapa de inventario de recursos minerales metálicos y no metálicos, incluye materiales de construcción. Mapa metalogénico y mapas de cuencas hidrocarburíferas y/o potenciales zonas de exploración y explotación petrolífera.

**Los Peligros:** Mapas de peligros geológicos de movimiento en masa: deslizamientos, huaycos, derrumbes, caída de rocas, aluviones, entre otros. Mapas de peligros geológicos relacionados a inundaciones, erosión fluvial, arenamiento, hundimientos. Mapas de susceptibilidad a movimientos en masa e inundaciones. Mapas de peligrosidad o amenaza (relacionados con lluvias excepcionales y sismos). Mapas de peligros relacionados a tsunamis. Mapa de peligros relacionados a volcanes activos. Mapa de peligro sísmico.

## **RESULTADO DE LA EVALUACIÓN: DETERMINACIÓN DE MAPA DE UNIDADES TERRITORIALES Y MAPAS DE POTENCIALIDAD DE RECURSOS**

### **1. Mapa de Unidad de Paisaje**

Como resultado de la evaluación de los parámetros del Medio Físico, incluyendo los suelos y el clima, mediante matrices o algoritmos en base SIG, se obtiene el mapa de unidades de paisaje. Este mapa resulta de la superposición y análisis valorativo de los mapas geomorfológico, geológico, patrimonio geológico, paleontológico, suelos (usos de suelo) y vegetación. Se obtienen unidades y sub-unidades con características territoriales similares u homogéneas.

### **2. Mapa de Potencialidad de los Recursos “Geológicos”**

Estos mapas se obtienen a partir de la valoración de los recursos mineros, petroleros y de aguas subterráneas, y se propone para cada caso obtener mapas combinados.

Mapa de Potencial Minero

Mapa de Potencial Petrolero y potencial de rocas madre y reservorio

Mapa de potencial de aguas subterráneas

### **3. Mapas de Peligro**

Estos mapas se pueden obtener a partir del análisis cualitativo de los mapas de factores como la geología, la pendiente, geomorfología, inventario de peligros geológicos, uso de suelos, etc., con asignación de pesos y utilizando una matriz. A partir de parámetros establecidos se obtiene el mapa de peligros o susceptibilidad Alta, Medio y Baja. También estos mapas pueden ser obtenidos a partir de programas especializados como el FLO 2D que simula inundaciones y aluviones.

## **VALORACIÓN DEL TERRITORIO**

La integración de los mapas de Paisaje más los mapas de Potencial de Recursos Geológicos y los Mapas de Peligros, permite obtener mapas de **Unidades de Valoración de Territorio**, donde se puede identificar y clasificar unidades homogéneas que se pueden llamar Unidades de Aptitud (u otro nombre), en las que se puede hacer una clasificación de zonas con características similares en cuanto: a la calidad y cantidad de sus

recursos naturales, como los mineros, suelos, disponibilidad de agua, ventaja climática, agrícola, forestal, pastizales, etc; o a las limitaciones o fragilidad de los recursos naturales, incluyendo los peligros geológicos, depredación de bosques, pastos, suelos, contaminación de acuíferos, etc.

Se puede obtener Unidades de Aptitud Alta, Media, Baja, Muy Baja, etc., dependiendo de las variables a utilizar.

En consecuencia cada unidad debe tener su valoración para protección, usos y aprovechamientos, para lo cual se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

### **Aptitud**

- Aptitud actual o potencial: agrícola, forestal, pastizales, minera.
- Protección: áreas paisajísticas, humedales, patrimonio geológico, paleontológico.
- Recuperación: grandes áreas depredadas.

### **Potencialidad Natural**

Característica de los recursos naturales que permiten el desarrollo de la aptitud: ejm. la pendiente, el suelo, las ventajas climáticas, la disponibilidad del agua, el paisaje, etc.

### **Limitaciones**

Limitaciones o fragilidad de los recursos naturales para el desarrollo de la aptitud: principalmente los peligros geológicos, depredación bosques, pastos, suelos, y depredación de la biodiversidad, contaminación de acuíferos, etc.

## **INTEGRACIÓN DE MAPAS PARA LA ZEE Y PARA LOS POT**

Los mapas de Unidades de Valoración de Territorio son integrados con los mapas de Unidades de Valoración del Medio Biológico y se obtiene los mapas de Zonificación Ecológica, los cuales a su vez al integrarse a lo mapas de Valoración Económica desembocan en mapas de Zonificación Ecológica y Económica.

En cuanto a los Planes de Ordenamiento Territorial, los mapas de Unidades de Valoración de del Territorio son integrados con mapas de Unidades de Paisaje Construido, Unidades de Paisaje Productivo y Unidades de Paisaje Socio cultural. Finalmente se hace un mapa síntesis para áreas y tipos de intervención prioritarias y para los lineamientos generales de ordenamiento y gestión, como es el caso del Valle sur del Huatanay (CENTRO GUAMAN POMA DE AYALA, 2006).

### **REFERENCIAS**

- Carlotto, V., Fidel, L. & Chirif, H. (2010). La geología en la planificación del territorio: guía para la zonificación ecológica económica. Archivo técnico INGEMMET, 6 p.
- CENTRO GUAMAN POMA DE AYALA (2006). Aportes al Plan de Acondicionamiento Territorial del Valle Sur del Huatanay- Cusco. Centro Guaman Poma de Ayala, 29 p.
- Molina, J. M. (2007). Consideraciones del subsuelo en el ordenamiento territorial. Tesis Doctoral en Recursos Naturales y medio Ambiente. Universidad Politécnica de Cataluña Manvesa.