

# CLASIFICACIÓN MORFOESTRUCTURAL DE LA PROVINCIA DE PINAR DEL RÍO APLICANDO TECNOLOGÍA SIG

*Morphostructural classification of Pinar del Río province  
applying GIS technology*

Julio Cabrera Bermúdez<sup>1</sup>  
Rafael Guardado Lacaba<sup>2</sup>

E-mail: jcabrera@geo.upr.edu.cu

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río

<sup>2</sup>Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

## RESUMEN

En la actualidad casi cualquier información, principalmente gráfica, es susceptible de ser transmitida a través de un SIG, que, además de proporcionar mayor funcionalidad, reduce el tiempo de transferencia de la información. El artículo describe la generación, mediante tecnología SIG, del mapa morfoestructural de la provincia de Pinar del Río. Se propone una metodología en cuatro etapas que logra como resultado más importante dividir el territorio, según la posición altimétrica y la génesis del relieve, en varias regiones morfoestructurales básicas: llanura marina abrasiva, llanura marina acumulativa, llanura marina erosiva, llanura fluvio marina, llanura fluvial, llanura palustre, alturas pequeñas, alturas medias, alturas grandes, submontañas y montañas pequeñas.

**PALABRAS CLAVE:** Cartografía digital, SIG, geomorfología.

## ABSTRACT

At present time almost any information, mainly graphic, is susceptible of being transmitted through a GIS, that reduces the time of transference of the information besides providing greater functionality. The article describes the generation, by means of technology GIS, of morphostructural map of Pinar del Río Province. Proposed is a methodology in four stages that make possible to divide the territory, according to the altitude position and relief genesis, in twelve basic morphostructural regions: abrasivemarine plain, accumulative marine plain, erosive marine plain, fluvial-marine plain, fluvial plain, marshy plain, small

heights, medium heights, high heights, sub mountains and small mountains.

**KEY WORDS:** Digital cartography, GIS, morfoestructural, geomorphology.

## INTRODUCCIÓN

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de programas de computación que tiene capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Los SIG manejan información territorial de diferentes tipos, en función de los modelos digitales del terreno y de las distintas bases de datos que sobre él se poseen. Son muchos los trabajos en los que se exponen diversas tendencias, criterios y métodos, para diseñar e implementar un SIG con aplicación en las investigaciones geocientíficas (Alaminos *et al.*, 1989; Ruiz *et al.*, 1990; Alaminos y Castellanos, 1992; Vargas, 1994; Carrasco y Ramos, 1998; Carrillo, 1998; Castellanos *et al.*, 1998; Fernández y Oliva, 1998; Guerra y Rocamora, 1998; Strazhevich *et al.*, 1998; Machado, 2000; Stevens y Edwards, 2000).

Este trabajo propone una metodología de cuatro etapas para resolver el problema de la clasificación morfoestructural de la provincia de Pinar del Río, aplicando la tecnología SIG.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó en consideración la magnitud y calidad de la información, tiempo disponible, nivel de preparación

del personal, requerimientos de los usuarios, las leyes de gestión, y las capacidades de evolución de los SIG para adaptarlos a nuestras situaciones y problemas, así como la confiabilidad del SIG.

Sirvieron de materiales de base para este trabajo los mapas topográficos y geológicos en formato digital de la provincia, elaborados por la Agencia de Cartografía Nacional de la Empresa GEOCUBA-Habana. Existen diversos procedimientos para conceptuar, diseñar e implementar un SIG (Machado, 2000), pero siempre se impone el estudio previo de los requerimientos de los usuarios, las leyes de gestión, las capacidades de evolución del SIG y la fidelidad de éste con relación a la realidad que se modela.

### **Etapas**

I. Preparación: Se procede a la formulación del modelo conceptual, tomando como base el proyecto elaborado de la aplicación de la metodología de las investigaciones, donde se expresan claramente el problema, las hipótesis, los objetivos, las tareas, materiales y medios, grado de estudio, los resultados esperados, la factibilidad técnico-económica, el criterio de expertos y el aporte económico y social.

II. Formulación del proyecto SIG: Se precisa la información que se va a utilizar (capas), sus particularidades y métodos de captación. Concluye con la elaboración del modelo lógico, que expresa el diagrama de flujo de los distintos procesos de cartografía digital para la obtención de los diferentes mapas temáticos primarios utilizados en la evaluación de las condiciones geomorfológicas del terreno (topografía, división político-administrativa, viales, vegetación, suelos, geología, hidrografía, mapas de puntos como pueblos, obras, estaciones meteorológicas, pluviómetros, perforaciones, etc.), así como los mapas temáticos finales derivados de la aplicación del SIG (mapas morfométricos, geomorfológicos, de factibilidad, de susceptibilidad y riesgos, etc.).

III. Implantación del SIG: Se definen los productos por obtener, el diseño de la estructura organizativa, la formación del personal, la selección del hardware y software, definición de las funciones concretas del software seleccionado que darán respuesta al esquema de procedimientos concebido en el modelo lógico.

IV. Explotación y mantenimiento del SIG: Es la etapa de funcionamiento del SIG en la solución de tareas concretas de gestión de la información, producción de nueva información a partir de las consultas al sistema, creación de mapas temáticos de variada finalidad; incluye la actualización de aquellas bases de datos que lo requieran, a fin de evitar que el sistema caduque.

En la figura 1 se muestra, en forma de diagrama de flujo, la propuesta metodológica para implementación del proyecto SIG. El trabajo persigue: a) recopilar información geográfica diversa, como apoyo a los diferentes proyectos internos de la provincia de Pinar del Río; b) dar a conocer lineamientos cartográficos requeridos en la elaboración de mapas de estas características; c) efectuar trabajos de análisis como las validaciones geográficas de datos, provenientes de las bases de datos existentes; ch) mantener y actualizar la base; d) desarrollo y automatización de procesos cartográficos para la evaluación de datos georreferenciados, y e) generar y difundir a diferentes proyectos información geográfica de la provincia de Pinar del Río.

El sistema de información geográfica creado a los efectos es un sistema de gestión de base de datos que permite la manipulación, análisis, modelado, representación y tratamiento simultáneo de datos espaciales y de la información descriptiva conexa. Además, tiene gran capacidad para representar de forma gráfica la información geográfica, puede manipular datos descriptivos no gráficos conjuntamente con los datos espacialmente referenciados, lo cual permite mantener la base de datos actualizada; es decir, si el usuario modifica cualquier atributo, el SIG de inmediato introduce los cambios necesarios en la base de datos estadísticos correspondientes

### ***Incorporación y almacenamiento de datos-clasificación morfoestructural del relieve***

Para la clasificación morfoestructural del relieve se consideró el territorio de Pinar del Río dentro del contexto del macrobloque del archipiélago cubano como un orógeno (Díaz y otros, 1986), y dentro del esquema de regionalización geomorfológica de Cuba occidental, en la megarregión Cuba, macrorregión Cuba occidental y mesorregión Pinar del Río (Acevedo, 1986).

Partiendo de los diferentes trabajos que tratan las características geológico-estructurales de la provincia (Hatten, 1957; Judoley y Furrázola, 1968; Furrázola, 1978; Varvarov y otros, 1980; Burov y otros, 1986; Martínez y Fernández de Lara, 1988; Pszczolkowski, 1989; Cobiella, 1996, 2000; Iturralde-Vinent, 1998), el territorio fue dividido en dos grandes pisos estructurales: basamento y neoaútóctono (cobertura sedimentaria).

El basamento está constituido por cuatro unidades morfotectónicas (secuencia mesozoica paleogénica del margen continental, secuencia volcánico sedimentaria, melanges, y rocas magmáticas), que son los restos intensamente transformados de los elementos estructurales de la corteza, los cuales tomaron parte en la colisión de las placas Caribe y Norteamericana. Es-

tos terrenos constituyen fragmentos de las placas de Norteamérica, del Caribe y, probablemente, del Pacífico; son tanto de naturaleza continental como oceánica (Iturralde-Vinent 1998), datan desde el Jurásico hasta el Paleoceno e incluyen rocas de muy variada composición.

El neoaútoceno o cobertura sedimentaria, como comúnmente se conoce, está representado por las rocas y estructuras originadas a partir del Eoceno Superior, que se desarrollaron básicamente en el mismo lugar que hoy ocupa el territorio de Cuba (Iturralde-Vinent, 1998). También está constituido por cuatro unidades morfoestructónicas (secuencias flyschoidales, secuencias carbonatado-terrágenas, secuencias carbonatadas y secuencias terrígenas), que representan etapas en las cuales las condiciones de sedimentación fueron diversas y cuya estructura actual depende de las transformaciones neotectónicas que sufrieron. Las rocas comprendidas en este piso estructural presentan, por lo general, muy pocas deformaciones, a excepción de las ubicadas en la faja asociada a la falla Pinar, donde predominaron los movimientos oscilatorios verticales, pues las fallas sinestrales presentaron una traslación horizontal menor de 30 km (Iturralde-Vinent, 1981).

El esquema metodológico seguido en el manejo de la información e implementación del SIG para el caso de estudio Pinar del Río, se muestra en la figura 2.

Según la posición altimétrica y la génesis del relieve, como base del carácter morfoestructural específico, el mapa morfoestructural de la provincia comprende doce regiones básicas: llanura marina abrasiva (IA1), llanura marina acumulativa (IA2), llanura marina erosiva acumulativa (IA3), llanura marina erosiva (IA4), llanura fluvio marina (IB), llanura fluvial (IC), llanura palustre (ID), alturas pequeñas (II 3), alturas medias (II 2), alturas grandes (II 1), sub montañas (III 2) y montañas pequeñas (III 1).

*Llanura marina abrasiva (IA1)*: Incluida sólo en el piso estructural de la cobertura y dentro de ésta en la unidad morfoestructónica carbonatada. Ocupa más del 90 % del territorio de la península de Guanahacabibes, con un área de 942,6 km<sup>2</sup>, y un pequeño sector en la porción noroccidental del territorio equivalente a 7,93 km<sup>2</sup>; desde el punto de vista geológico se asocia a los complejos geológico-genéticos sin orogénicos Jaimanita y Vedado, constituidos por calizas órgano detríticas y organógenas, calcarenitas de color gris pardo débilmente consolidadas, calizas órgano detríticas y organógenas blancas claras y grises claras, y calcarenitas de los mismos colores, densas, a veces aporcelanadas. Las pendientes del terreno siempre son menores de dos grados, lo cual supone una llanura muy monótona o plana. La

disección vertical es menor de 2,5 m/km<sup>2</sup>, esto corrobora lo anterior. La disección horizontal está entre 0 y 1 km/km<sup>2</sup>, o sea, muy débilmente diseccionada; el proceso geológico característico es el carso, aunque localmente pueden encontrarse pantanos y marismas, y son muy susceptibles a los fenómenos de inundación.

*Llanura marina acumulativa (IA2)*: Perteneciente al piso estructural de la cobertura sedimentaria, más específicamente a la unidad morfoestructónica terrígena. Se ubica en el sector sudeste de la provincia, formando una gran faja de más de 30 km de ancho, desde todo lo largo de la Carretera Central a la línea costera, y limita las llanuras palustres. Localmente aparece en el extremo noroccidental de la provincia, muy próximo a la localidad de Sandino. Desde el punto de vista geológico se asocia con depósitos marinos, deluviales y los pertenecientes a la formación Guevara, constituidos litológicamente por arenas y guijarros de playas y bancos de tormenta, arenas aleuríticas muy finas de color gris amarillento, arcillas y arenas arcillosas abigarradas con gravas, a veces guijarros. Las pendientes del terreno son siempre menores de 4 grados, con disección vertical predominantemente menor de 10 m/km<sup>2</sup>, y más al norte entre 10 y 20 m/km<sup>2</sup>, siendo su disección horizontal muy variada con valores menores de 1 m/km<sup>2</sup>, y se pueden considerar como débilmente diseccionadas; localmente coinciden con áreas de pantanos y marismas, y permanecer inundadas por deficiencias del drenaje en su sector sur. En estos tipos de llanura, con frecuencia se encuentran manifestaciones cársicas profundas, asociadas a la región cársica de la llanura sur de la provincia. Como amenaza geológica, en esta llanura se desarrollan fenómenos de erosión subterránea (sufusión), como es el caso de la localidad de Sandino

*Llanura marina erosiva acumulativa (IA3)*: Enmarcada dentro del piso estructural de la cobertura sedimentaria, en la unidad morfoestructónica terrígena. Su distribución en el territorio es bastante limitada, representa áreas aisladas y separadas entre sí, buscando una alineación sudoeste-nordeste con áreas de 4 a 8 km<sup>2</sup> al norte de las llanuras acumulativas del sur de Pinar del Río. Desde el punto de vista geológico se asocian a la Formación Guane + Guevara (Indiferenciada), litológicamente representada por arenas, aleuríticas muy finas de color gris amarillento, limo gris y gris pardusco, limos y arcillas arenosos. Las pendientes en su mayoría están entre 0 y 2 grados, aunque localmente pueden llegar hasta los 16°, la disección vertical es muy variada con predominio del rango entre 2,5 a 5 m/km<sup>2</sup>, mientras que la disección horizontal se encuentra siempre por debajo de 1 km/km<sup>2</sup>, con predominio del rango de 0,3 a 1 km/km<sup>2</sup>. Como se

puede apreciar, estas llanuras presentan mayores pendientes y disección que las anteriores; de ahí que constituyan zonas favorables para el aporte de sedimentos, propiciado esto a su vez por un movimiento más acentuado del drenaje superficial que facilita el escurrimiento y el acarreo de sedimentos. Localmente, atendiendo a los valores de su disección horizontal, pueden considerarse como débilmente diseccionada, y presentar problemas de drenaje. Al igual que las llanuras acumulativas, puede presentarse el carso cubierto, y por la constitución geológica, aparecer fenómenos de sufusión que pueden representar una ligera amenaza geológica. Desde el punto de vista constructivo, esta llanura es favorable para la construcción de obras de todo tipo.

*Llanura marino erosiva (IA4)*: Pertenece tanto al piso estructural del basamento como a la cobertura y forma parte de las unidades morfotectónicas: secuencia mesozoica - paleogénica del margen continental, secuencia volcánico sedimentaria, melanges, rocas magmáticas, secuencias flyschoidales, carbonatado terrígeno y carbonatado. Se encuentra muy bien desarrollada en el norte y centro de la provincia. Por el norte se extiende formando una ancha faja desde muy próximo a la línea costera hasta las proximidades de las alturas de Pizarra del Norte por el oeste y la cordillera de Guaniguanico por el este; y hacia el extremo más occidental de la provincial bordea a la cordillera de Guaniguanico y las alturas de Pizarras del Sur, formando un arco en herradura que se une con la faja situada al centro del territorio, que, a su vez, se enmarca entre la falla Pinar por el norte y la Carretera Central por el sur. Esta faja central, a medida que se extiende hacia el este, se va haciendo más estrecha. Debemos destacar que en la porción norte, esta llanura puede observarse muy fácilmente a ambos lados de la carretera que ocupa el circuito norte de la provincia, donde se aprecia la existencia de vastas zonas desprovistas de capa vegetal, resultado de una marcada erosión traducida en la presencia de cárcavas y barrancos. Desde el punto de vista geológico y altimétrico, esta llanura está representada por los complejos geólogo-genéticos precuaternarios ubicados por debajo de la cota 80 m; de ahí que esté representada por depósitos de variada composición y origen, entre los que se pueden mencionar los comprendidos en la secuencia mesozoica - paleogénica del margen continental: Formaciones San Cayetano —parte superior—, Arroyo Cangre, Cacarájicara, Guasasa, Basaltos, Lucas, Guajaibón, Polier, Sierra Azul, Artemisa (+ Francisco), Jagua, Buenavista, Esperanza, Santa Teresa, Mb. San Vicente (Fm. Guasasa), Mbs. Americano, Tumbadero, Tumbitas e Infierno; los comprendidos en la secuencia volcánico

sedimentaria: Orozco, Vía Blanca, San Juan y Martínez; los asociados al subpiso carbonatado de la cobertura sedimentaria: Güines + Cojimar, Loma Candela y Universidad, y secuencias flyschoidales: Gr. Víbora. Representado por una gran variabilidad litológica en la que resaltan; basaltos, tobas andesito-dacíticas, lavas basálticas andesíticas, silicitas, calizas, argilitas, aleurolitas, serpentinitas, areniscas, lutitas, argilitas, conglomerados, arcillas, margas, esquistos, brechas, calcarenitas, calizas masivas, calizas bituminosas, calizas estratificadas, silicitas, brechas, calizas organodetríticas y organógenas. Las pendientes son muy variables, están desde valores muy bajos hasta los 35°, de igual forma se comporta la disección vertical de entre 2,5 a mayor de 40 m/km<sup>2</sup>; la disección horizontal, a su vez, se mantiene por debajo de 1 km/km<sup>2</sup>. Coinciden altimétricamente con el intervalo de transición entre las llanuras y las alturas, con predominio de paisaje ondulado semicolinoso con cárcavas y barrancas por donde se produce el escurrimiento superficial. Precisamente, estas últimas se convierten en la amenaza geoambiental de esta región. Estas llanuras son propicias para el desarrollo del carso, que tiene una amplia distribución al noreste de Guane, en la cercanía de la localidad de Los Portales. El uso de suelo de este territorio puede recomendarse para el desarrollo forestal. La llanura abarca un área total de unos 2 286, 57 km<sup>2</sup>.

*Llanura fluvio marina (IB)*: Comprende una llanura baja de unos 588, 288 km<sup>2</sup> en el piso estructural de la cobertura sedimentaria, en la unidad morfotectónica terrígena, tiene su mayor distribución hacia el occidente de la provincia entre la península de Guanahacabibes hacia el oeste y la llanura marina erosiva por el este; está asociada a la desembocadura del río Cuyaguaje y a una serie de depósitos superficiales o lagunas presentes en dicha zona. Desde el punto de vista geológico se asocia a los depósitos de delta de la formación Guane y litológicamente está representada por conglomerados, arenas, arenas arcillosas abigarradas poco cementadas de espesores potentes. Esta litología es propicia a la aparición de las amenazas geológicas por sufusión. Las pendientes en estas llanuras siempre están entre 0 y 4 grados, la disección vertical varía desde valores muy bajos hasta los 20 m/km<sup>2</sup>, la disección horizontal de esta llanura es menor de 0, 3 km/km<sup>2</sup> y hacia el norte se encuentran valores de 1 a 1, 5 km/km<sup>2</sup>. Presentan un drenaje deficiente, con relieve ondulado y desniveles poco pronunciados, por su uso de suelo constituyen áreas aptas para la actividad agrícola, ganadería y la construcción.

*Llanura fluvial (IC)*: Ocupa un área de 911, 927 km<sup>2</sup> por ambas márgenes de las corrientes fluviales existentes en todo el territorio; sus límites laterales son

sinuosos, esto da indicio de los cambios en las etapas de desarrollo de estas corrientes, que generalmente presentan forma de abanicos alargados y estrechos. Desde el punto de vista geológico, se asocian con los depósitos aluviales del cuaternario al  $Q_4$  y al  $Q_{2,3}^s$ , representado litológicamente por limos, limos arcillosos y arcillas arenosas; las pendientes en estas llanuras son muy variadas desde menores de 0,5 grado hasta algo mayores de 8 grados, estos altos valores se aprecian muy próximo al cauce del río. La disección vertical es variada, desde valores muy pequeños hasta los 40 m/km<sup>2</sup>; la disección horizontal se encuentra siempre por debajo de 2 km/km<sup>2</sup>. Atendiendo a la composición litológica y las pendientes en los cauces, se crean condiciones favorables para las amenazas geológicas por deslizamiento. El uso de suelo es propio para cualquier actividad económica.

*Llanura palustre (ID)*: Comprende una franja costera que se extiende por casi toda la costa sur y norte de la provincia, con un ancho no superior al kilómetro y medio, y abarca un área de 485,905 km<sup>2</sup>. Desde el punto de vista geológico se asocia a los depósitos cuaternarios recientes de pantanos. Litológicamente está representada por materiales detritos típicos de lagunas y pantanos; presenta pendientes muy bajas, aunque localmente pueden encontrarse valores de hasta 4°; la disección vertical es menor de 20 m/km<sup>2</sup> y la disección horizontal con alternancia de los rangos de 0 a 0,3 km/km<sup>2</sup> y 0,3 a 1 km/km<sup>2</sup>. Es una llanura extremadamente baja, donde el relieve no favorece a la erosión; el movimiento de las aguas superficiales es lento lo cual favorece las amenazas geológicas de empantanamiento e inundaciones. En cuanto al uso del suelo, estas llanuras no son recomendables para la construcción, pero son muy utilizadas en la siembra de arroz en la provincia.

*Alturas pequeñas (II 3)*: Se enmarcan mayoritariamente dentro de los pisos estructurales del basamento y, en menor cuantía, en la cobertura sedimentaria, dentro de las unidades morfoestructurales: secuencia mesozoica - paleogénica del margen continental, melanges, rocas magmáticas, secuencias flyschoidales y terrígenas. Representa en la provincia un conjunto de alturas que ocupan la zona central, siempre al norte de la falla Pinar y bordeando las alturas y montañas que conforman la Cordillera de Guaniguanico, en un área de 608,005 km<sup>2</sup>. Enmarcada entre las curvas de nivel de 80 y 120 m. Constituye una zona de transición entre las llanuras y las alturas propiamente dichas, con amplitudes de los movimientos neotectónicos ligeros; desde el punto de vista geológico se asocia a una gran variedad de complejos geólogo-genéticos y geomorfológicamente, a las laderas de las zonas montañosas. En este tipo de relieve

ve la variabilidad de las pendientes es muy grande, así como la brusquedad del cambio de las mismas; por otro lado, la disección vertical es muy variable, frecuentemente por encima de los 100 m/km<sup>2</sup>, mientras que la disección horizontal varía pero en general está por encima de 1,5 km/km<sup>2</sup>. En este tipo de relieve, las amenazas geológicas por erosión están presentes en los arrastres de sedimentos y formación de cárcavas de dimensiones considerables, así como amenazas por deslizamientos y otros. El uso de suelo de esta zona está relacionado con la actividad agrícola, forestal y urbana de la provincia.

*Alturas medias (II 2)*: Esta zona se distribuye en la porción central de la provincia, ocupa un área de 112,01 km<sup>2</sup>, está enmarcada entre las curvas de nivel 120 a 200 m y delimitada por ambos pisos estructurales, en sus ocho unidades morfoestructurales. Desde el punto de vista geológico, está asociada a múltiples y variados complejos geólogo-genéticos. La amplitud de los movimientos neotectónicos es moderada (hasta 500 m), los valores de las pendientes son muy variados y se encuentran valores desde los rangos de 0 a 2 y hasta 35 grados, la disección vertical también es variable, y está entre los 5 y más de 40 m/km<sup>2</sup>; por su parte, la disección horizontal siempre es de muy débilmente diseccionada (de 0 a 0,3 km/km<sup>2</sup>) a débilmente diseccionada (de 0,3 a 1). En este tipo de relieve la susceptibilidad a los deslizamientos adquiere un peso significativo, sobre todo en los sectores ocupados por los complejos geólogo-genéticos terrígenos y carbonatados terrígenos, de igual forma sucede con la erosión en los sectores donde las pendientes son elevadas y la vegetación es escasa. Desde el punto de vista constructivo puede ser explotado, pero con algunas limitaciones; su uso principal sigue siendo agrícola y forestal.

*Alturas grandes (II 1)*: Comprende ambos pisos estructurales y dentro de ellos a las unidades morfoestructurales secuencia mesozoica paleogénica del margen continental, las melanges y las rocas magmáticas del basamento y las secuencias flyschoidales y terrígenas de la cobertura en menor medida; se extiende en un área de unos 608,005 km<sup>2</sup>, enmarcada siempre entre las curvas de nivel 200 y 300 m, dentro del grupo de regiones de la Cordillera de Guaniguanico, según la regionalización de Acevedo (1986). Al igual que las alturas medias, se asocia geológicamente a una gran variedad de complejos geólogo-genéticos. La amplitud de los movimientos neotectónicos es también moderada, las pendientes siguen siendo muy variadas, los valores de disección vertical oscilan entre 10 y más de 40 m/km<sup>2</sup> con un predominio de los intervalos de 20 a 40 y mayores de

40 m/km<sup>2</sup>; la disección horizontal se mantiene entre 0 y 0,3 km/km<sup>2</sup>. Al igual que las alturas medias, son propicias a la aparición de fenómenos de deslizamientos y erosivos; el uso del suelo más recomendable es el forestal, y el agrícola y urbano con limitación

*Submontañas (III 2):* Este tipo de relieve fue enmarcado entre los 300 y 500 m, se localiza tanto en la Sierra de los Órganos como en la Sierra del Rosario, aunque en esta última presenta una mayor distribución, en general ocupa un área de 400, 779 km<sup>2</sup>. Se localiza únicamente en el piso estructural del basamento y dentro de éste en las unidades morfoestructónicas de la secuencia mesozoica paleogénica del margen continental, las melanges y las rocas magmáticas. Los movimientos neotectónicos son moderados, las pendientes oscilan entre amplios límites, la disección vertical siempre por encima de 20 m/km<sup>2</sup>, y la horizontal entre 0 y 1 km/km<sup>2</sup>. Desde el punto de vista geológico se asocia a una gran variabilidad de complejos geólogo-genéticos, pero mayoritariamente a rocas duras. Este relieve es propicio para los fenómenos de deslizamientos y erosivos, siempre asociados a las rocas de carácter terrígeno presentes en él. El uso del suelo es en su mayoría forestal, agrícola con limitación para algunos cultivos y urbano sólo para pequeñas comunidades.

*Montañas pequeñas (III 1):* Este relieve enmarcado por encima de los 500 m se localiza en casi su totalidad en la porción noreste de la Cordillera de Guaniguanico, en el piso estructural del basamento, en la unidad morfoestructónica de la secuencia mesozoica paleogénica del margen continental y en la melange. Geológicamente se asocia, entre otros complejos geólogo-genéticos, a San Cayetano, Jagua, Guasasa, Sierra Azul, Artemisa, Manacas, etc. Los movimientos neotectónicos son moderados intensos; las pendientes, variables, pero con predominio de las abruptas; la disección vertical es en general por encima de 40 m/km<sup>2</sup>, y la horizontal entre 0 y 1 km/km<sup>2</sup>. Este relieve constituye el último nivel altitudinal en la provincia, es muy susceptible a la erosión y los deslizamientos en los sectores donde afloran rocas mayoritariamente terrígenas y las pendientes son abruptas; no son aptos para la construcción, su uso fundamental es forestal y agrícola limitado.

Para darle mayor peso al mapa morfoestructural, se confeccionaron desde el SIG los mapas morfométricos complementarios: pendiente, disección vertical y disección horizontal, con el fin de tener una idea más clara de la influencia del relieve sobre las condiciones naturales del territorio. Estos mapas aportan información muy valiosa sobre los procesos y fenómenos exógenos característicos, los posibles usos del suelo, el drenaje, la accesibilidad, y con la evaluación de estos caracteres se establecieron los

criterios geomorfológicos sobre la factibilidad constructiva de los territorios.

Con la finalidad de enriquecer el mapa morfoestructural, se confeccionó el mapa altimétrico y de aspecto de las pendientes en formato digital. El primero brinda la posibilidad de definir, de forma rápida y precisa, los diferentes pisos altitudinales presentes en cualquier región; además, con él se pueden elaborar modelos digitales del terreno, visualizados en tres dimensiones, que facilitan grandemente el análisis del escalonamiento de las superficies de nivelación de las morfoestructuras, como resultado de los levantamientos neotectónicos generales, y el segundo expresa la exposición de las pendientes con relación al norte geográfico.

La estructura de las bases de datos para cada uno de los mapas obtenidos se organizó desde el software utilizado; un ejemplo de su presentación se muestra en la figura 8.

## CONCLUSIONES

La creación de bases de datos necesarias y de un SIG funcional es un esfuerzo continuo por aumentar y mejorar los datos almacenados y en existencia dentro de la provincia de Pinar del Río; es una búsqueda constante de la forma más eficiente de hacer un trabajo de conversión de datos (por ejemplo, transformar mapas en papel a mapas digitales). Una de las más importantes aportaciones de la tecnología SIG es, sin duda, la estandarización del método de acceso a la información, a diferencia del resto de las metodologías de cartografiado geológico, con los obvios beneficios en reducción de costos. Otro de los beneficios de esta estandarización es el permitir la total movilidad de los usuarios, que pueden acceder a las mismas aplicaciones desde cualquier punto sin requerir instalación adicional alguna. No existe una manera única de incorporación y almacenamiento de datos. Las formas variarán según el tipo de dato, los resultados que se espera alcanzar y el software disponible. Con la aplicación de esta metodología se obtiene un SIG que brinda, entre otras, las posibilidades siguientes:

- Disminuir el tiempo, personal y esfuerzo requeridos para la obtención de información geomorfológica necesaria en la evaluación de las condiciones naturales de los terrenos.
- Cómodo acceso a la base de datos y exportar la misma a diferentes SIG. Actualizar fácilmente las bases de datos, en dependencia de los intereses de los usuarios. Crear nuevos mapas utilizando la georreferenciación de los ya existentes. Viable obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de los datos, para resolver problemas de planificación, gestión y toma de decisiones

- Representar los datos espaciales en formato vectorial y ráster. Hacer mediciones espaciales como la distancia entre dos puntos, el área de un polígono o la longitud de una línea o límite. La superposición (integración de datos) de dos o más capas de mapas para producir un nuevo mapa. Con la aplicación de la interpolación espacial, se pueden estimar diferentes características de la capa analizada.
- Hacer análisis digitales del terreno, construyendo modelos 3D, donde la topografía puede ser representada con un modelo de datos (x, y, z) conocido como Modelo o Elevación Digital del Terreno (MDT). Los datos que se derivan de un MDT pueden ser empleados para analizar fenómenos ambientales o proyectos ingenieriles que son influenciados por la elevación y las pendientes.

Los procedimientos para conceptualizar, diseñar e implementar un SIG se pueden dividir en cuatro etapas: preparación, formulación del proyecto, implantación y explotación, y mantenimiento. Se obtuvieron los mapas de pendiente, disección vertical, disección horizontal, altimétrico, de exposición de las pendientes y morfoestructural, con una amplia base de datos asociada, que brinda la posibilidad de evaluar las condiciones geomorfológicas naturales del terreno de forma rápida y precisa.

Se dividió el territorio según la posición altimétrica y la génesis del relieve, como base del carácter morfoestructural específico, en 11 regiones morfoestructurales básicas: llanura marina abrasiva (IA1), llanura marina acumulativa (IA2), llanura marina erosiva (IA4), llanura fluvio marina (IB), llanura fluvial (IC), llanura palustre (ID), alturas pequeñas (II 3), alturas medias (II 2), alturas grandes (III 1), submontañas (III 2) y montañas pequeñas (III 1).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, J. M.: "Influencia del cuaternario en el desarrollo del relieve de Cuba occidental: Su regionalización", Tesis Doctoral, Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, 1986.

ALAMINOS, C. y E. CASTELLANOS: "Ideas generales acerca del procesamiento de la información geológica: Una metodología" (inédito), Resúmenes de la Conferencia Científica Filial Pinar del Río, SCG, 1992.

ALAMINOS, C., J. RUIZ SHULCLOPER, A. MANCHADO y R. PICO: "Aplicación de métodos de reconocimientos de patrones lógicos combinatorios a la resolución de tareas geológicas", Primer Congreso Cubano de Geología. Resúmenes, La Habana, 1989.

BUROV, B. y D. MARTÍNEZ: "Informe sobre los trabajos de levantamiento geológico a escala 1: 50 000 realizados en la parte occidental de la provincia Pinar del Río", Oficina Territorial de Recursos Minerales de Pinar del Río, 1986.

CARRASCO, H. y V. RAMOS: "Tecnología SIG para la explotación orientativa de arenas carbonatadas al sur de Cayo Moa Granma", III Congreso Cubano de Geología y Minería, Resúmenes, pp. 330 - 331, 1998.

CARRILLO, D. J.: "Aplicaciones de algunos conceptos teóricos de los SIG para la delimitación de morfométrica a partir de un MDT: Un caso de estudio en Alora, región al sur de España", III Congreso Cubano de Geología y Minería, Resúmenes, pp. 329, 1998.

CASTELLANOS, E., Y. REYES y C. PÉREZ: "Cartografía geológica y caracterización espectral de las unidades geológicas con el empleo del landsat TM: Consideraciones metodológicas", III Congreso Cubano de Geología y Minería, Resúmenes, pp. 320-321, 1998.

COBIELLA, J. L.: "Estratigrafía y eventos jurásicos en la Cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental", *Minería y Geología*, XIII (3) :11-25, 1996.

-----: "Jurassic and cretaceous geologic history of Cuba", *International Geology Review*, 42(7) :594-616, July 2000.

DÍAZ, J.L., H. A. PORTELA, P. BLANCO y A. MAGAZ: *Los principios básicos de la clasificación morfoestructural del relieve cubano y su aplicación en la región Centro-Oriental de Cuba*, Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 1986.

FERNÁNDEZ, O. y R. OLIVA: "Sistema de información para la representación y evaluación del riesgo geológico. Su aplicación en Santiago de Cuba", III Congreso Cubano de Geología y Minería, Resúmenes, p. 311, 1998.

FURRAZOLA, B. G.: "Nuevo esquema de correlación estratigráfica de las principales formaciones geológicas de Cuba", *La Minería en Cuba*, 4(3): 36-52, 1978.

GUERRA, M. G. y E. ROCAMORA: "Geomorfología aplicada. Cartografía digital y sistemas de información", III Congreso Cubano de Geología y Minería, Resúmenes, pp. 355-356, 1998.

HATTEN, CH. W.: *Geologic Report on Sierra de los Organos*, CNFG, La Habana, 1957.

Iturralde-Vinent, M. A.: "Nuevo modelo interpretativo de la evolución geológica de Cuba", *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 3:51-90, 1981.

-----: "Sinopsis de la constitución geológica de Cuba", *Acta Geológica Hispánica*, 33(1-4) :9-56, 1998.

JUDOLEY, C. H. y C. FURRAZOLA: *Estratigrafía y fauna del Jurásico de Cuba*, ICRM y ACC, La Habana, 1968.

MACHADO, A.: "Modelación de yacimientos de aguas mineromedicinales y termales con auxilio de la tecnología SIG", Tesis de maestría, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, Ciudad de La Habana, 2000.

MARTÍNEZ, D. y R. Fernández de Lara: "Informe sobre los trabajos del levantamiento geológico y búsqueda acompañante a escala 1: 50 000 en la parte central de la provincia de Pinar del Río", Inv. 3642. 1988, Archivos del Fondo Geológico Pinar del Río.

PSZCZOLKOWSKI, A.: *La edad y posición de la secuencia vulcanógeno-sedimentaria (Fm. Sábalo) en la estructura geológica de la Sierra del Rosario*, Resumen del I Congreso Cubano de Geología, 1989.

RUIZ SCHULCLOPER, J. y C. ALAMINOS: Modelación matemática de fenómenos geocientíficos. Primer Simposio acerca del desarrollo de la Matemática, Resúmenes, Ciudad de La Habana, 1990.

SHOWSTACK, R.: "Scientists and planners look for ways to stem future flood disasters in Mozambique", *Trans.. Amer. Geophys. Union (EOS)*, 81:133-137, 2000

STEVENS, T. & J. EDWARDS: "Natural hazards caucous seeks Senete support", *Trans. Amer. Geophys. Union (EOS)*, 81:113-116, 2000.

STRAZHEVICH, V., J. TRIFF, R. O. PÉREZ y R. M. FLORES: "Metodología para la confección automatizada del mapa tectónico de Cuba oriental empleando las técnicas de cartografía digital y los SIG", III Congreso Cubano de Geología y Minería, Resúmenes, pp. 356-357, 1998.

VARGAS, G.: "Metodología para la cartografía de zonas de susceptibilidad a los deslizamientos a partir de sensores remotos y SIG", *Boletín Geológico*. 34(1) :59-116, 1994.

VARVAROV, A.: "Geología y metalogenia de la provincia de Pinar del Río", Tema 5707, CIG, La Habana, Fondo Geológico Pinar del Río, 1980.

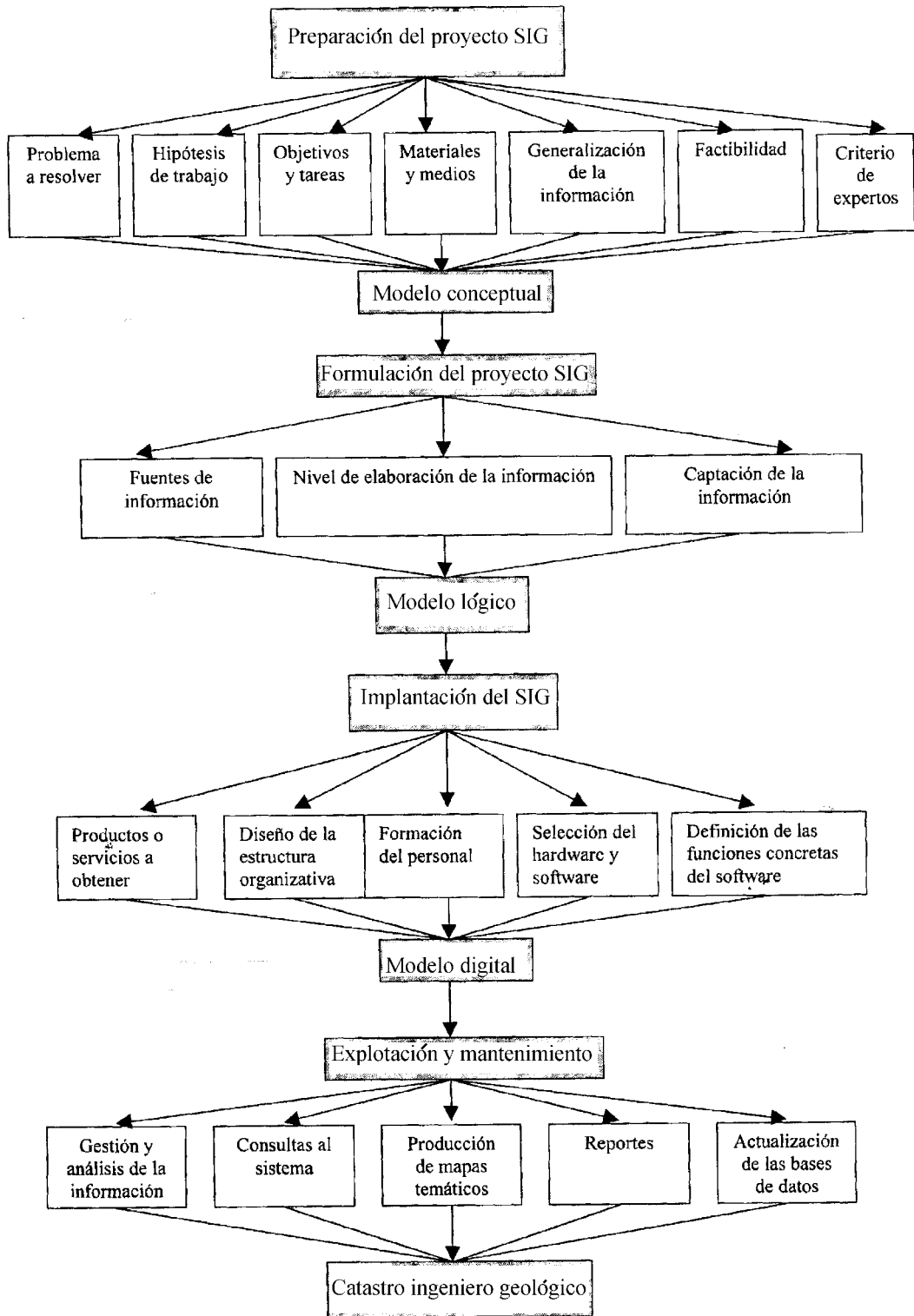


Figura 1. Esquema metodológico de implementación del proyecto SIG.



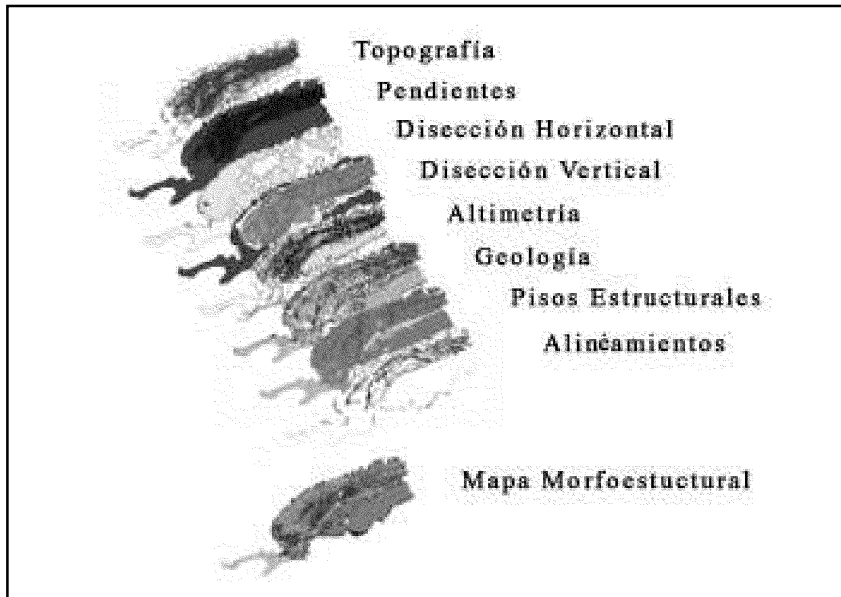


Figura 2. Esquema metodológico caso de estudio Pinar del Río.

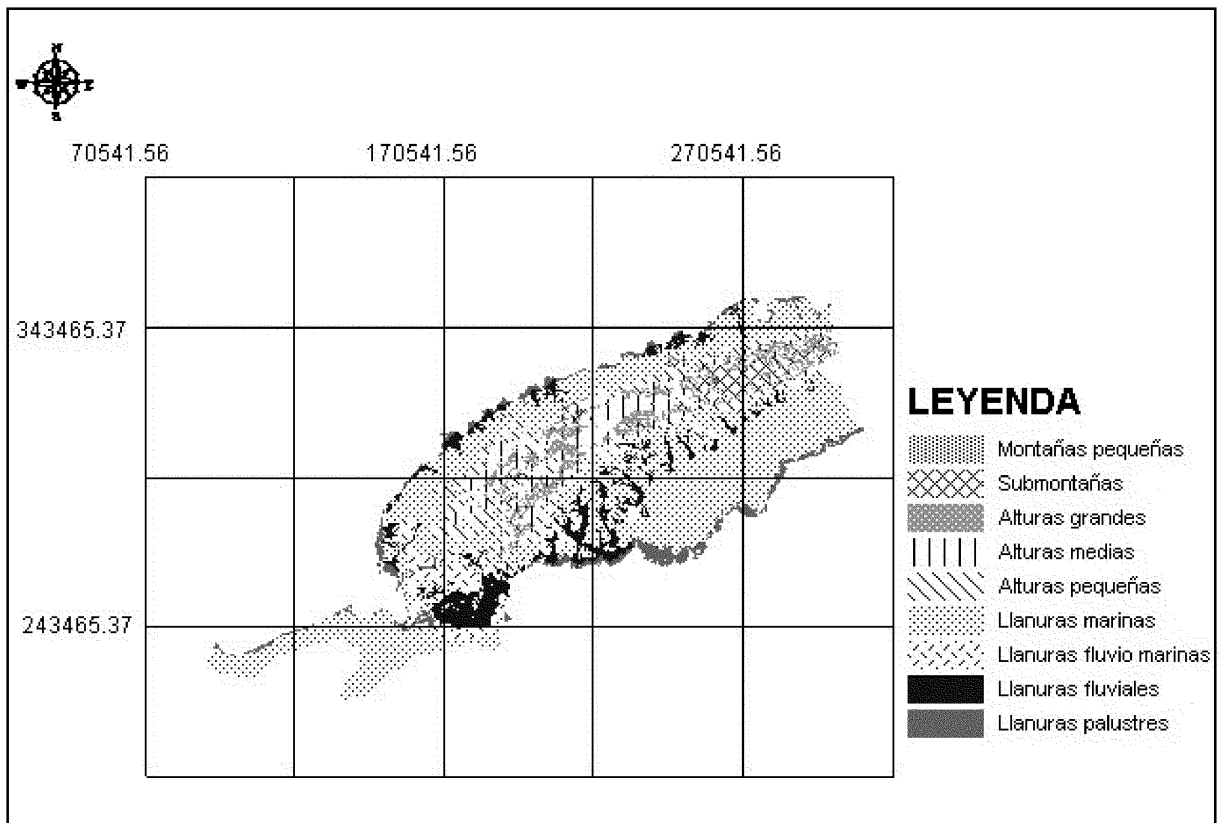


Figura 3. Mapa morfoestructural.

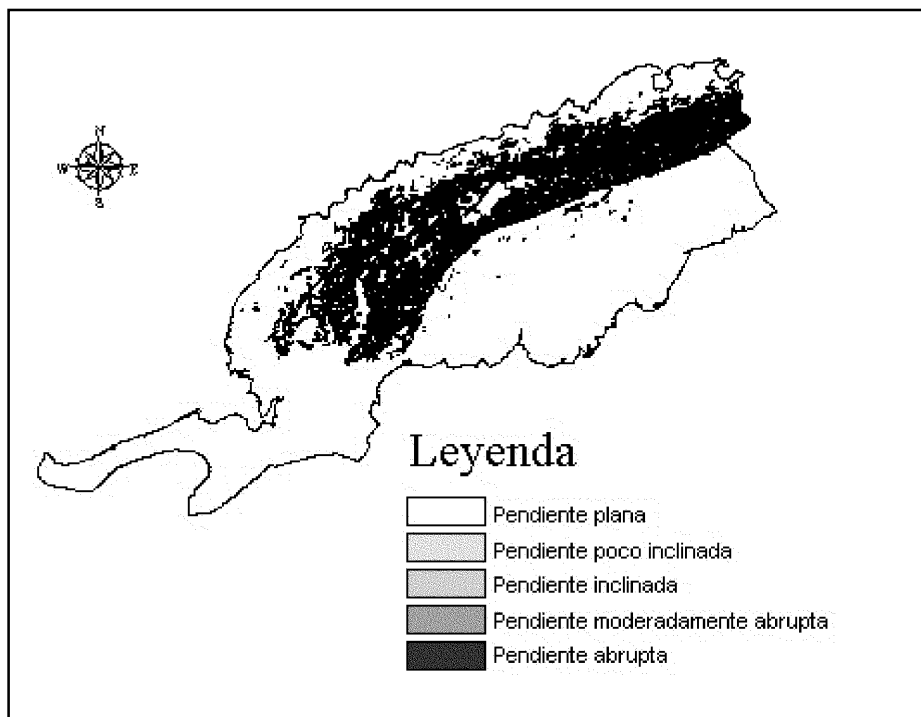


Figura 4. Mapa de pendiente.

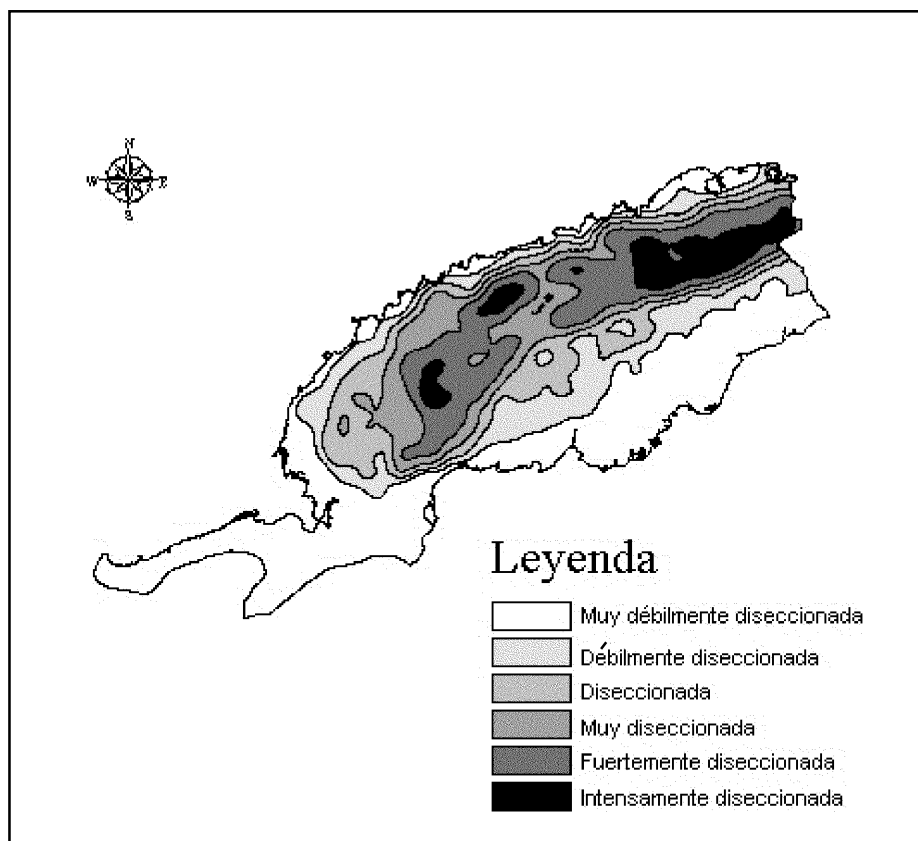


Figura 5. Mapa de disección vertical.

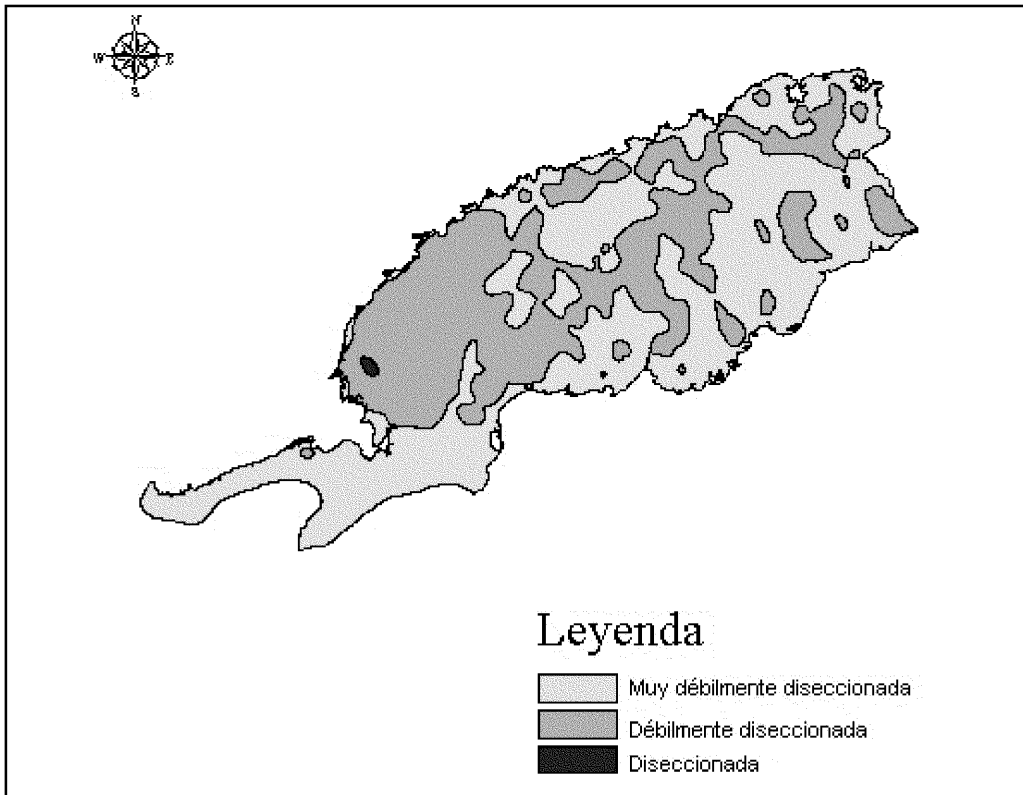


Figura 6. Mapa de disección horizontal.

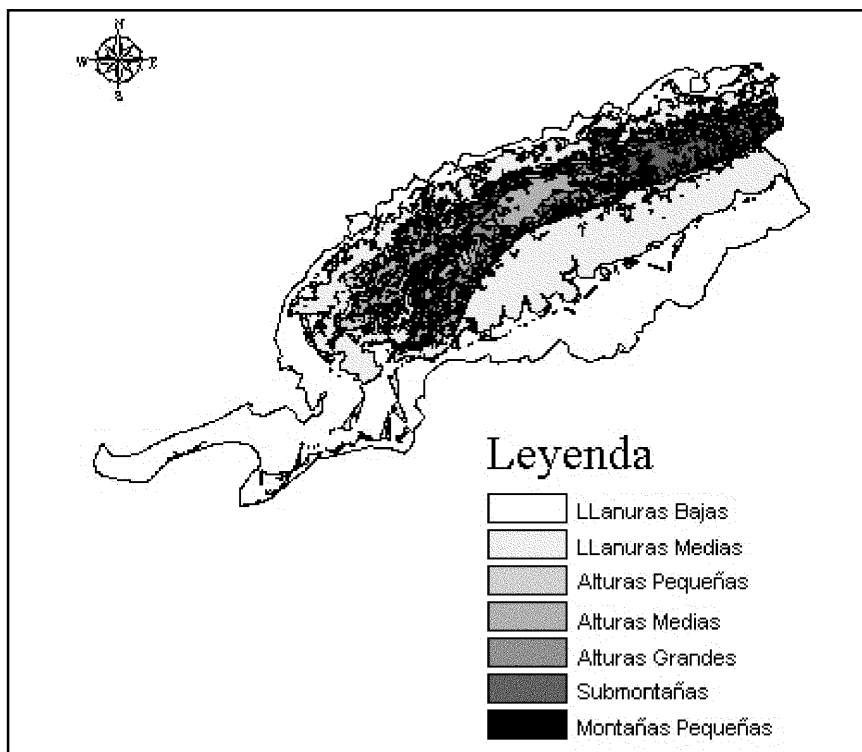


Figura 7. Mapa de altimetría.

Info Tool	
Código_Relieve:	I13
Geotectura:	Orogeno
Piso_estructural:	Basamento
Unidad_morfotectónica:	Secuencia Mesozoica - Paleogénica del M:
Categoría_del_relieve:	Alturas
Amplitud_Mov_Neotectónicos:	Ligeros (Hasta unos 100 mts)
Carácter_morfoestructural_espec:	Alturas Pequeñas
Disecc_Vert_Valor_Inf:	10
Disecc_Vert_Valor_Sup:	20
Rango_Dis_Vert_mKm2:	De 10 a 20
D_Vertical:	Muy diseccionada
Disecc_Horiz_Valor_Inf:	0.3
Disecc_Horiz_Valor_Sup:	1
Rango_Dis_Horiz_kmKm2:	De 0.3 a 1
D_Horizontal:	Débilmente diseccionada
Pendiente:	Pendiente plana
Pendientes_grados:	De 0 a 2
Cód_Cmpl_Geólogo_Genético:	SC1
Litología:	Areniscas, lutitas, argilitas, esquistos filtoi
Espesor_mts:	Hasta 6000
Edad:	Jurásico Inf - Superior Oxfordiano, Unidad

**MapaMofoestructural\_2Moa**

Figura 8. Estructura y presentación de la base de datos del mapa morfoestructural.