

AREAS HOMOGENEAS AGROPECUARIAS DE TERCER ORDEN

Daniel F. Jaramillo J.*

RESUMEN

En el presente trabajo se expone, en forma resumida, una metodología para delimitar unidades de tierra homogéneas desde el punto de vista de su potencialidad de uso agropecuario, utilizando imágenes de sensores remotos; estas unidades se llaman "áreas homogéneas" y se hace especial referencia a las más generales ó de "Tercer Orden", para cuya delimitación se utilizan imágenes de satélite; éstas unidades agrupan áreas con una homogeneidad alta en clima y fisiografía, proporcionando información básica útil para diseñar planes de desarrollo rural en grandes regiones de una forma económica y rápida.

ABSTRACT

This paper resume a methodology for delimitation of homogeneous areas with emphasis in their agropecuaria potencial use. The methodology is based on satellite images to delimit areas with homogeneous climate and physiographic aspects. This fast and economic technique is very useful in the formulation of rural development projects.

INTRODUCCION

En los años 1980-1981, el autor del presente trabajo participó en un grupo multidisciplinario encargado de producir una metodología para delimitar unidades de tierra homogéneas desde el punto de vista de su comportamiento y productividad agropecuarios, en forma rápida y económica. Para lograr los objetivos anteriores se definió aquella unidad de tierra como "área homogénea" y se utilizaron, para su delimitación, imágenes de sensores remotos.

En el presente trabajo el autor quiere exponer, en forma resumida, la metodología general diseñada, enfatizando la parte correspondiente a las áreas de tercer orden (las más generales), así como actualizar la bibliografía referente al tema, al citar los principales trabajos que al respecto se han realizado, posteriores al trabajo base de este escrito.

ANTECEDENTES

En Colombia se están realizando levantamientos de suelos, con diferentes fines específicos, desde hace más de tres décadas, lo mismo que otros tipos de levantamientos de recursos naturales básicos, por diferentes entidades, oficiales principalmente.

* I.A. Especialista en fotointerpretación aplicada a estudios de suelos. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. A.A. 3840. Medellín.

En un principio la interpretación de dichos estudios se hacía únicamente para los fines específicos propuestos, con lo cual se desperdiciaba gran cantidad de información

importante para muchas áreas del conocimiento. A finales de la década del 60 y principios de la del 70, estas entidades poseían un cúmulo de información muy grande pero dispersa, con lo cual se vió la necesidad de integrar estos conocimientos sectorizados y producir unos documentos básicos de trabajo que sirvieran, principalmente, para establecer planes de desarrollo regionales; fue así como surgieron los grupos de trabajo multidisciplinarios y la necesidad de implementar metodologías que permitieran la necesaria integración. Por estas épocas entonces, empezaron a producirse estudios de zonificación y uso del suelo para algunas zonas cafeteras del país, en diferentes departamentos como Antioquia y Valle del Cauca en 1972, Tolima en 1973, Cundinamarca en 1974; estos estudios regionales sirvieron de base para diseñar lo que se denominó posteriormente "Sistema IUM para Determinación del Uso y Manejo de los Suelos de Ladera" (GOMEZ, 1975; GOMEZ y SUAREZ, 1981), sistema generalizado a toda la zona cafetera colombiana y que ha ido sufriendo ajustes a medida que se va ampliando su aplicación a otro tipo de explotaciones agropecuarias, diferentes del café (ALVAREZ, 1981).

Por otro lado, corporaciones autónomas regionales, como la del Cauca (CVC), en 1979, sintieron la necesidad de integrar todos los estudios básicos que poseían de su área jurisdiccional, con el fin de establecer un plan de manejo adecuado para en correcto uso y aprovechamiento de su recursos; surgió así la propuesta de "zonificación del uso del suelo de las cuencas hidrográficas" (CVC, 1980; GARCIA y otros, 1981).

A finales de la década del 70, la Oficina de Planeación del Sector Agropecuario (OPSA) del Ministerio de Agricultura de Colombia, ante la necesidad de establecer planes de desarrollo rural, a nivel nacional, diseñó un proyecto mediante el cual las unidades administrativas mayores del país (departamentos, intendencias, comisarías) debían obtener toda la información básica de su territorio, requerida para diseñar planes; ésto dió origen a las Unidades Regionales de Planeación Agropecuaria (URPA), las cuales, a su vez, requerían la metodología apropiada para obtener aquella información; para suplir esta necesidad, en 1980 se firmó un contrato entre OPSA y el Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF), con el propósito específico de que este último diseñara la metodología buscada, estableciéndose así lo que se denominó "Áreas Homogéneas" (FORERO y colaboradores, 1981); esta metodología permite, a partir de datos de Sensores Remotos,

delimitar unidades naturales cuyo uso, manejo y productividad agropecuarios, son similares.

Posteriormente, la metodología de las Areas Homogéneas ha sido revisada y depurada, aunque sin cambios substanciales (FORERO y LEON, 1981; LEON y FORERO, 1982; CORTES y colaboradores, 1985; PALACIOS y BRAVO, 1987; CORTES y colaboradores, 1987; CASTRO, 1987).

GENERALIDADES METODOLOGICAS

PRINCIPIOS BASICOS

Un Area Homogénea se define como una unidad de tierra con una productividad y uso agropecuario característicos, condicionados por una serie de factores físicos y socioeconómicos particulares. La anterior definición implica que dos unidades que presenten igual identificación, a nivel de área homogénea, presentan las mismas posibilidades de uso agropecuario y la misma capacidad de producción, si son sometidas a las mismas prácticas de manejo.

En la definición de área homogénea se menciona que hay factores físicos que condicionan su comportamiento; estos factores son los que el especialista en fotointerpretación puede establecer analizando imágenes de sensores remotos (fotografías aéreas, imágenes de radar, imágenes de satélite, etc.); hay que aclarar, en este punto, que los factores físicos a utilizar en estos trabajos deben ser factores físicos estables, de manera que la información obtenida tenga vigencia a través del tiempo.

Entre los factores físicos estables que más directamente condicionan el uso de la tierra están:

El Clima:

Bajo condiciones tropicales este factor es el que primero limita el uso de la tierra. El efecto climático que se manifiesta básicamente en la altura sobre el nivel del mar y en la relación precipitación-evapotranspiración; el efecto de la altitud sobre la temperatura fue estudiado y cuantificado en el país por GUHL (1950), quien, como resultado de sus investigaciones, propuso la división del país por pisos térmicos, criterio que aún en la actualidad tiene validez y se ha extendido a otros países como lo demuestran los trabajos de VILLOTA (1984), JAIMES y ELIZALDE (1987), ELIZALDE y JAIMES (1987), AGUILAR y ORTIZ (1987), MEJIA (1987), entre otros; la relación precipitación evapotranspiración se ha definido por el índice de humedad de Thornthwaite, el cual se calcula a partir de los balances hídricos establecidos para diferentes estaciones climatológicas (VILLOTA, 1980; JARAMILLO, 1987).

El paisaje fisiográfico:

Este elemento es definido como una unidad que presenta el mismo clima, relieve, material parental y edad (ELBERSEN y colaboradores, 1974); su delimitación agrupa áreas con una alta homogeneidad física y con unas condiciones de productividad similares puesto que define áreas en las cuales los factores de formación del suelo han actuado en forma e intensidad similares.

Otros factores:

Además de los anteriores, hay otros factores que pueden afectar la productividad y el manejo de la tierra, que deben ser tenidos en cuenta para definir el área homogénea como pendiente, pedregosidad, rocosidad, condición de drenaje y erosión. Todos los factores pueden ser estudiados con diferentes niveles de detalle y este nivel determina lo general o específica que sea un área homogénea, es decir, determina lo que se llamó "orden de las áreas homogéneas" por FORERO y colaboradores (1981).

APLICACION DE LA FOTOINTERPRETACION

Como se mencionó anteriormente, la identificación de los factores físicos que definen el área homogénea se hace en forma rápida, eficiente y económica utilizando técnicas de fotointerpretación; a continuación se describe la forma de emplear estas técnicas, para los diferentes factores a analizar:

Clima:

Para delimitar las diferentes condiciones climáticas se sigue la metodología propuesta por VILLOTA (1980) y JARAMILLO (1987), para definir los pisos térmicos; consiste ésta en pasar a las imágenes de sensores remotos, a partir de planchas topográficas, las diferentes curvas de nivel que limitan los pisos térmicos, cuales son la de 1000, 2000, 3000 y 5000 m para los pisos cálido, medio, frío, subpáramo y páramo respectivamente; este traslado de cotas puede hacerse con ayuda de instrumentos de restitución aproximados (sketchmaster, pantógrafo óptico, etc.), en el caso de utilizar fotografías aéreas o sin instrumentos si se usan imágenes de satélite.

Con respecto a la humedad, observando en la fotografía aérea el uso de la tierra, la densidad y tipo de cobertura vegetal, la erosión y la condición de drenaje, pueden establecerse y mapearse cambios en el índice de humedad; estos cambios en la imagen de satélite se establecen analizando los cambios de color y de tono que se presentan en ella (JARAMILLO, 1987).

Paisajes fisiográficos:

Para definir los paisajes fisiográficos se siguen las normas establecidas para mapear suelos (ELBERSEN y colaboradores, 1974; BOTERO, 1977, 1978). El análisis fisiográfico, en su parte cartográfica, trata, básicamente, de separar unidades geomorfológicas, es decir, unidades de la superficie del terreno que presentan diferentes formas y originadas por diferentes procesos; este tipo de análisis, de todas formas, no es extraño a ningún edafólogo fotointérprete ya que es la base para la cartografía de suelos.

Pendientes:

Esta propiedad del terreno es directamente visible en la fotografía aérea, cuando se observa estereoscópicamente; se establecen rangos de pendiente, de mayor o menor amplitud, de acuerdo con el detalle que se quiera dar a las áreas homogéneas.

Erosión:

Este factor se analiza desde dos puntos de vista: la erosión como remoción en masa y la erosión hídrica, ya que estos dos tipos son los más comunes en el país; si en alguna zona específica otros tipos de erosión son importantes, deben tenerse en cuenta y ser evaluados.

Los fenómenos de remoción en masa se expresan bien en fotografías aéreas de escala grande; en fotografías de escala pequeña pueden detectarse algunos analizando cambios de tonos de gris, de pendiente y de cobertura superficial. La erosión presenta dificultades similares para su evaluación que los movimientos en masa, aunque puede establecerse, analizando tonos de gris, vegetación, patrones de drenaje, uso de la tierra y posición en el paisaje de las unidades (JARAMILLO, 1985b).

En cualesquiera de los dos tipos de erosión mencionados es necesario, hasta donde lo permita la escala de la imagen, identificar el tipo específico de erosión que está actuando y la intensidad con que lo está haciendo.

Condición de drenaje:

Este elemento es relativamente fácil de deducir en la fotografía aérea analizando los tonos de gris, la posición en el paisaje, la vegetación y el uso de la tierra.

Rocosidad y pedregosidad superficial:

Estos dos factores pueden establecerse en fotografías aéreas analizando los tonos de gris, pendiente, cobertura vegetal y

uso de la tierra; en fotografías aéreas de escala grande los afloramientos rocosos y la pedregosidad importantes pueden ser observados directamente en la imagen.

De la información presentada en los apartes anteriores se pone de manifiesto algo que ya se ha mencionado y es el hecho de que pueden establecerse áreas homogéneas con diferente detalle en su caracterización, dependiendo, entre otros factores, del tipo de imagen a utilizar; es claro, por ejemplo, que si se utiliza una imagen de satélite no se podrá interpretar en ella la pedregosidad superficial ni se podrá separar unidades por pendientes simples, etc., pues el detalle que suministra esta imagen, debido a su pequeña escala, no lo permite.

DETALLE Y ESPECIFICACIONES DE LAS ROCAS HOMOGENEAS

Teniendo en cuenta que no todas las zonas tienen las mismas necesidades, posibilidades de explotación agropecuaria e información básica, es conveniente establecer varios niveles de detalle para estudiar las áreas homogéneas de cada región; esta jerarquización optimizará la utilización de recursos y producirá resultados acordes con el grado de desarrollo y expectativas de la zona a trabajar.

Se han propuesto tres niveles de detalle u órdenes (FORERO y colaboradores, 1981), cuyas principales características se analizan a continuación, de las menos a las más detalladas:

Areas homogéneas de tercer orden:

Definen unidades de tierra preliminares en las cuales el uso es similar; el análisis, a este nivel, identifica el área homogénea por su clima (piso altitudinal e índice de humedad), paisaje fisiográfico y suelos asociados, lo cual permite seleccionar aquellas áreas que merecen mayor atención para su planeación agropecuaria y aquellas que deben ser usadas en otro tipo de explotaciones no agropecuarias. Debido a que la información necesaria en este orden de área es muy general, la delimitación puede hacerse utilizando ampliaciones de imágenes de satélite (escala 1:250.000); por la misma razón, el trabajo de campo es bastante reducido, siendo suficiente recorrer un 10% del área trabajada.

Areas homogéneas de segundo orden:

Definen unidades de tierra a nivel general, teniendo en cuenta para su delimitación el clima (piso altitudinal e índice de humedad), el paisaje fisiográfico, suelos asociados y los limitantes de uso pendiente, presencia de erosión severa y condición de drenaje impedido a muy pobre.

Aunque la información de estas áreas no es todavía muy específica, se requieren para su trabajo fotografías aéreas a escala menor de 1:50.000; el trabajo de reconocimiento de campo necesario es del 20% del área trabajada.

Áreas homogéneas de primer orden:

Son las más detalladas y por tanto las que más información suministran; es recomendable su uso en zonas reconocidas por su alto potencial agropecuario. Para definir las se tienen en cuenta los parámetros indicados en las de segundo orden, pero clarificando más detalladamente los limitantes de uso establecidos para ellas y adicionando, además, pedregosidad, rocosidad o cualesquiera otros que sean importantes en la zona. Para delimitarlas se usan fotografías aéreas de escalas promedios 1:50.000 y el trabajo de reconocimiento de campo debe ampliarse al 30% del área estudiada.

PROCEDIMIENTOS

Para la definición completa de áreas homogéneas, a cualquier nivel, pueden seguirse los siguientes lineamientos de trabajo:

Revisión bibliográfica:

Se debe consultar el mayor número posible de estudios básicos que posee la región a trabajar, esto es, climatología, geología, geomorfología, suelos, hidrología, vegetación, uso de la tierra, características socioeconómicas, etc.; esto permite tener una idea de los recursos de la zona, de su importancia y posibilidades de desarrollo y ayuda a establecer, en forma preliminar, los posibles limitantes de uso de la tierra más importantes que pueden encontrarse; también este análisis ayuda al investigador a formarse una idea mental de la región que trabajará, lo cual facilitará y mejorará su trabajo de fotointerpretación.

Preparación de imágenes:

Hacer una revisión y evaluación de las imágenes que se van a utilizar en el trabajo; tener en cuenta que las imágenes disponibles cubran toda la zona de estudio, que presenten buena calidad (alto contraste, bajo porcentaje de nubes y sombras, etc.) y que sean lo más recientes posible. La calidad de la imagen es fundamental sobre todo en áreas homogéneas de tercer orden, en las cuales se utilizan imágenes de satélite (JARAMILLO, 1987).

Revisado y seleccionado el material anterior, se procede a su preparación para la fotointerpretación, delimitando las áreas útiles en el caso de utilizar fotografías aéreas; parte de esta preparación comprende la limitación de la zona

a estudiar y la ubicación e identificación de los rasgos culturales y topográficos que sean reconocibles en ella (carreteras, poblaciones, ríos, quebradas, etc.), así como el traslado de las cotas que definen los pisos térmicos.

Fotointerpretación preliminar:

El material seleccionado y preparado como se indicó en el numeral anterior, se somete al respectivo análisis para establecer las delimitaciones posibles, en las imágenes, de los factores físicos descritos anteriormente, siguiendo para ello los parámetros dados en el numeral paisajes fisiográficos de este documento. Paralelamente a este trabajo se va haciendo el análisis de los registros climáticos existentes, con el fin de realizar los balances hídricos de las estaciones que lo permitan y calcular luego el índice de humedad que va a caracterizar una determinada condición climática; el índice mencionado se calcula mediante la siguiente relación, establecida por THORNTHWAITTE y reportada por VILLOTA (1980):

$$I_m = \frac{(100 \times \text{Exceso de agua}) - (60 \times \text{déficit de agua})}{\text{EVTP promedio anual}}$$

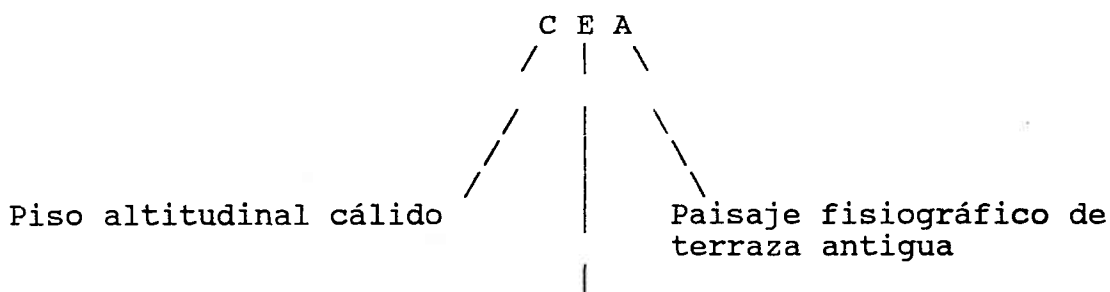
donde:

I_m = Índice de humedad

EVTP = Evapotranspiración potencial

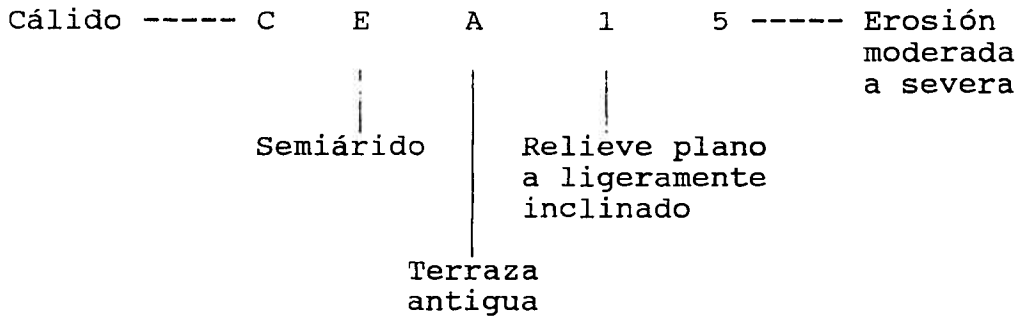
Para esta etapa del trabajo se debe elaborar una leyenda preliminar para las áreas homogéneas, la cual va a depender del orden de aquellas, en esta leyenda se definen los factores que se van a tener en cuenta para establecer las áreas homogéneas, el detalle con que se van a definir estos factores y el símbolo con el cual se van a identificar. A manera de ejemplo y sin que se implique que es la única forma de hacerlo, se dan a continuación algunos símbolos utilizados para identificar áreas homogéneas por FORERO y colaboradores (1981):

- Para áreas homogéneas de tercer orden:

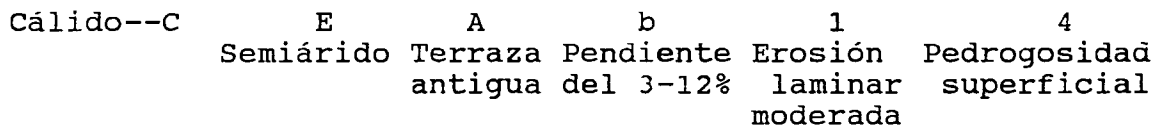


Indice de humedad
semiárido

- Para áreas homogéneas de segundo orden: (CEA 15)



- Para áreas homogéneas de primer orden: (CEA b 1₂ 4)



Los símbolos mostrados presentan las siguientes características:

1- El símbolo que identifica un área homogénea está compuesto por la sumatoria de los símbolos que identifican los factores físicos individuales que la definen.

2- Algunos se conservan en todas las áreas homogéneas, sin importar su orden, ya que son factores tan importantes que hay que tenerlos en cuenta a todos los niveles.

3- Los elementos de los símbolos está siguiendo un orden determinado que obedece a la jerarquización de los factores físicos analizados, de acuerdo con su importancia en el uso de la tierra, en la región.

Reconocimiento de campo :

Después de realizada la fotointerpretación preliminar, se hace necesario llevar a cabo una comprobación de ella en un área representativa de la zona bajo estudio, cuyo tamaño debe representar, por lo menos, los porcentajes establecidos anteriormente en las especificaciones.

Con este trabajo de campo se corrigen límites e información de áreas homogéneas y se establecen las relaciones imagen-área homogénea, necesarias para extrapolar información a la zona que se trabajará, con mayor énfasis, por

fotointerpretación; así mismo las observaciones realizadas en el campo sirven para caracterizar los principales suelos presentes en las diferentes áreas homogéneas (FAO, 1974; USDA, 1975) y para hacer los ajustes necesarios a la leyenda preliminar establecida en la etapa anterior; como consecuencia de estas labores, al terminar el trabajo de campo quedan definidas las áreas homogéneas y la leyenda definitivas.

Otra labor importante que se lleva a cabo en esta etapa es la de observar los parámetros socio-económicos que caracterizan la zona, lo cual permitirá, en la parte interpretativa del estudio, hacer recomendaciones acordes con la situación real del medio.

Interpretación del estudio:

La delimitación de las áreas homogéneas tiene por objeto fundamental el servir de base para establecer planes de desarrollo regionales; debido a esto, el solo inventario físico de recursos no es suficiente, sino que hay que establecer posibilidades de uso y mejoramiento y recomendaciones de manejo para las diferentes áreas homogéneas establecidas.

Para lograr este objetivo, se debe evaluar la aptitud de la tierra o capacidad de uso en cada área homogénea; el sistema a utilizar para tal propósito depende de la información que exija su aplicación, de las posibilidades o alternativas de uso que ofrezca y de su funcionalidad en la zona de trabajo; FORERO y colaboradores (1981) utilizaron, con buenos resultados, el sistema de evaluación de tierras aplicado en Brasil (BEEK, 1978; BEEK y BENNEMA, 1972).

Compilación de informes:

Toda la información obtenida hasta aquí debe recopilarse y presentarse en un informe y unos mapas. El informe debe ser descriptivo como sea posible y hacer énfasis en la parte interpretativa, la cual es el núcleo del trabajo y prácticamente lo que se va a utilizar en futuros trabajos, a nivel de planeación. Los mapas deben presentarse a una escala adecuada al detalle de las áreas homogéneas; las escalas más apropiadas, encontradas en el trabajo de FORERO y colaboradores (1981), fueron:

- Áreas homogéneas de primer orden: 1:50.000
- Áreas homogéneas de segundo orden: 1:100.000
- Áreas homogéneas de tercer orden: 1:250.000

Hay que tener en cuenta que, en ciertas regiones, estas escalas óptimas no pueden cumplirse porque no se encuentran planchas topográficas a dichas escalas, lo cual es indispensable para poder elaborar los mapas base; en estos casos habrá que recurrir al material cartográfico

disponible. También en esta parte del trabajo es de suma importancia presentar en los mapas una leyenda lo más completa posible, clara y organizada, de modo que se convierta casi en un resumen del trabajo; muchas veces, ésto es lo único que se consulta de los informes de evaluación de recursos naturales (JARAMILLO, 1985a).

DISCUSION

USO DE LAS IMAGENES DE SATELITE

Para delimitar áreas homogéneas de tercer orden, la imagen de satélite, tanto en escala como en calidad, es adecuada, pudiéndose inclusive trabajar a escalas menores a la utilizada, con buena precisión. Para futuros trabajos podrían ensayarse imágenes con diferentes escalas, diferentes composiciones de color, e inclusive, imágenes de bandas individuales, para establecer cual de ellas es la óptima en cuanto a información proporcionada y a facilidad de interpretación; aunque ésto no implicaría economías importantes en el costo de las imágenes, si puede representarlas en tiempo de consecución de ellas y en tiempo de trabajo en el proyecto.

METODOLOGIA EMPLEADA

Indudablemente la principal ventaja de esta metodología es el uso de imágenes de sensores remotos, hecho que reduce considerablemente el tiempo necesario para obtener la información básica requerida para diseñar proyectos de desarrollo de grandes regiones; ésto tiene implicaciones importantes en los aspectos del trabajo. La utilización de imágenes de sensores remotos reduce considerablemente el trabajo de campo, sin rebajar la calidad y precisión de la información obtenida, haciendo ésta más económica y confiable.

La delimitación de pisos altitudinales en la imagen de satélite no presenta ningún problema especial y, si la imagen es de buena calidad, esta labor puede hacerse rápidamente; el análisis de los cambios de color y de tono en la imagen, para definir condiciones de humedad, es bastante acertado, como se comprobó al elaborar los balances hídricos y calcular los correspondientes índices de humedad de las zonas climáticas establecidas, así como al observar, en el campo, los suelos, la cobertura vegetal y el uso de la tierra.

Para la delimitación de los paisajes fisiográficos, el análisis del relieve expresado en la imagen es un criterio confiable, ya que hay una alta correlación entre este elemento y el material litológico existente; hay que aclarar, sin embargo, que la escala de la imagen obliga a

incluir pequeñas áreas, geomorfológica y litológicamente diferentes, dentro de unidades mayores, pero esta generalización es válida teniendo en cuenta que el detalle de la información obtenida y las aplicaciones de este orden de áreas homogéneas es preliminar; es esta parte de la interpretación de la imagen es de gran ayuda poseer buenos estudios geológicos de la zona de trabajo, que ayuden a identificar la litología dominante en la zona.

TRABAJO DE CAMPO

Para realizar esta etapa del estudio es indispensable el uso de fotografías aéreas o de planos topográficos, debido a que la imagen, por su escala, no permite diferenciar muchos detalles culturales ni topográficos necesarios para la orientación y ubicación de las observaciones realizadas sobre el terreno.

Finalmente, y a manera de conclusión, puede decirse que la delimitación de áreas homogéneas, con fines de planeación regional, es una gran alternativa para conseguir la información básica requerida para diseñarlos, de una manera rápida, precisa y de bajo costo. Tiene como exigencia principal la existencia de estudios básicos de recursos naturales en la zona a trabajar y la existencia de investigación básica en los tipos de uso más importantes que se presenten en ella; su implementación requiere de técnicos capacitados en el uso de imágenes de sensores remotos y, ojalá, con un buen conocimiento de la región a estudiar.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, A.J.L. y ORTIZ S., C.A. 1987. Uso del levantamiento fisiográfico para generar tecnología de producción en el cultivo asociado maíz-fríjol de guía. Suelos Ecuatoriales XVII (2): 269-274.
2. ALVAREZ, J.O.J. 1981. Metodología para el levantamiento de suelos y zonificación de cultivos en la zona cafetera de Colombia. Suelos Ecuatoriales XI (1): 36p.
3. BEEK, K.L. 1978. Land evaluation for agricultural development. ILRI Publication 23. Wageningen. 333p.
4. _____ y BENNEMA, J. 1972. Evaluación de tierras para la planificación del uso rural. Un método ecológico. FAO. Santiago de Chile. 74p.
5. BOTERO, P.J. 1977. Guías para el análisis fisiográfico. CIAF. Bogotá. 67p.
6. _____. 1978. Interpretación de imágenes para estudios de suelos: Notas de clase. CIAF. Bogotá. 292p.

7. CASTRO, F.H.E. 1987. Caracterización de áreas homogéneas y evaluación de la aptitud de uso de las tierras en zona de ladera. Suelos Ecuatoriales XVII (2): 296-303.
8. CORTES, L.A. y colaboradores. 1985. Zonificación agroecológica de Colombia. IGAC-ICA. Bogotá. 57p.
9. _____. 1987. Zonificación agroecológica de Colombia. Suelos Ecuatoriales XVII (2): 304-316.
10. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (CVC). 1980. Zonificación de áreas para el uso y manejo de suelos. Informe CVC No.80-3. CVC. Cali. 86p.
11. ELBERSEN, G. y colaboradores. 1974. Metodología para levantamientos edafológicos. CIAF. Bogotá. 80p.
12. ELIZALDE, G. y JAIMES, E. 1987. Propuesta de un modelo pedogeomorfológico. Suelos Ecuatoriales XVII (2): 154-169.
13. FAO. 1974. Guía para la descripción de perfiles de suelos. 132p.
14. FORERO, M.C. y LEON, J. 1981. La tecnología de la percepción remota en la planificación agropecuaria del país. Revista CIAF 8(1-2): 263-280.
15. _____, y colaboradores. 1981. Metodología para la delimitación de áreas homogéneas. Proyecto OPSA-CIAF. CIAF. Bogotá. 267p.
16. GARCIA, S.A., SUAREZ, F.M. y BURGOS, A. 1981. Zonificación de áreas para uso y manejo de suelos. Suelos Ecuatoriales XI (1): 28p.
17. GOMEZ, A. 1975. Sistema IUM para determinación del uso y manejo de los suelos de ladera. In: Manual de conservación de suelos de ladera. Cenicafé. Chinchiná. pp. 234-244.
18. _____ y SUAREZ, S. 1981. Clasificación del uso potencial de tierras de ladera. Sistema IUM. Suelos Ecuatoriales XI (1): 16p.
19. GUHL, E. 1950. Pisos térmicos de Colombia. Naturaleza y Técnica 1 (2): 21-24.
20. JAIMES, E. y ELIZALDE, G. 1987. El factor altitud como criterio de delineación pedogeomorfológica en áreas de relieve montañoso. Suelos Ecuatoriales XVII (2): 170-173.
21. JARAMILLO J., D.F. 1985a. Los informes de levantamientos de suelos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 25p. s.p.

22. _____. 1985b. Principios de fotointerpretación edáfica. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 88p. s.p.
23. _____. 1987. Delimitación de zonas climáticas utilizando imágenes de satélite. Publicación especial ICNE No.9. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 15p.
24. LEON, J. y FORERO, M.C. 1982. Evaluación de la aptitud de las tierras para uso agropecuario de las áreas homogéneas de segundo orden de la cuenca del Río Bogotá. Suelos Ecuatoriales XII (1): 245-264.
25. MEJIA, V.L.E. 1987. Uso del levantamiento fisiográfico y el esquema FAO-1976 como alternativas para la evaluación de tierras en países en vías de desarrollo. Suelos Ecuatoriales XVII (2): 286-295.
26. PALACIOS, F.A. y BRAVO, E. 1987. Metodología preliminar para la mapeación de la fertilidad de los suelos en la zona cafetera, Suelos Ecuatoriales XVII (1): 7-15.
27. USDA. 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture handbook No. 436. Washington, D.C. 754p.
28. VILLOTA, H. 1980. Una metodología para el análisis fisiográfico en las zonas montañosas del trópico, aplicado al levantamiento general de suelos del sector Pasca-Girardot. Tesis M.Sc. Enschede. ITC. Holanda. 145p.29.
- _____. 1984. Técnicas modernas de mapeo de suelos de ladera. Suelos Ecuatoriales XIV (1): 317-330.