

ESTUDIO DE TELEDETECCION EN APOYO A LA CARTOGRAFIA
GEOLOGICA DE LAS HOJAS N° 423 (FERMOSELLE), 424
(ALMEIDA DE SATAGO) Y, 425 (VILLAMOR DE LOS
ESCUDEROS)

ASUNCION RIAZA GARCIA
INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23
28003 MADRID

ESTUDIO DE TELEDETECCION EN APOYO A LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DE LAS HOJAS N° 423 (FERMOSELLE), 424 (ALMEIDA DE SAYAGO), Y 425 (VILLAMOR DE LOS ESCUDEROS)

Asunción Riaza García
Instituto Tecnológico Geominero de España
Ríos Rosas 23
28003 Madrid

INTRODUCCION

La aparición de imágenes tomadas desde satélite, ya por métodos ópticos como electrónicos, supuso un cambio en la interpretación de fotografías aéreas en geología.

La escala es la primera diferencia, que permite la generalización de observaciones fragmentarias realizadas sobre mapas geológicos o fotografía aérea, y el seguimiento directo de rasgos mayores que pueden prolongarse en grandes distancias.

La segunda es la disponibilidad de datos cuantitativos de reflectancia en distintos intervalos de longitudes de onda correspondiente a la superficie terrestre en forma digital, que permite su tratamiento en ordenador, y la cartografía litológica de distintos materiales basados en sus propiedades espectrales.

Por ello se ha planteado el uso de imágenes de satélite, como complemento a otras técnicas bien conocidas, en apoyo de la cartografía geológica en el marco del Plan Nacional de Cartografía Geológica a escala 1:50.000, que desarrolla actualmente el Instituto Tecnológico Geominero de España.

METODO DE ESTUDIO

Las dos líneas de trabajo en geología tradicionales en teledetcción se dirigen a la geología estructural a gran escala, por medio de la cartografía de linamientos, y a la cartografía de unidades litológicas en función de sus propiedades espectrales.

En este trabajo se ha realizado una cartografía de lineamientos sobre copias en papel obtenidas a distintas escalas por procedimientos fotográficos convencionales a partir de negativos proporcionados por distribuidores comerciales de imágenes.

Para extraer posibles diferencias litológicas, se han tratado digitalmente dos imágenes Thematic Mapper del 6 de Agosto de 1986 (203-031-4) y del 28 de Agosto de 1985 (202-031-1), para que la vegetación esté en su estado de menor pujanza.

El programa de tratamiento de imágenes de uso público desarrollado por la NASA empleado, escrito en FORTRAN, está instalado en un microordenador que funciona autónomamente con dos puestos de trabajo. La unidad de proceso central posee una velocidad de proceso de 16.7 MHz, acelerador vectorial y acelerador de coma flotante, 478 Megabytes de capacidad de almacenamiento en disco duro, y cuenta con un sistema operativo UNIX. La resolución espacial del monitor de presentación es de 910 por 1152, y 10 bits de resolución de color, que proporciona 1024 colores distintos escogidos en una paleta de 16.7 millones de colores, con 256 niveles de gris por cañón en 12 planos, de los cuales dos están disponibles para la superposición de gráficos.

Tanto las cartografías de lineamientos como las composiciones de color han sido utilizadas por los restantes miembros del equipo como documento de trabajo accesorio. Por ello no se insistirá tanto en las interpretaciones, que están en su caso incorporadas a los mapas confeccionados, cuanto en el método utilizado para la producción de las mencionadas imágenes.

GEOGRAFIA Y CLIMA

El área de estudio está enmarcada en la meseta septentrional, sometida a un clima mediterráneo con veranos secos y calurosos y inviernos frios. Pertenece fitográficamente al dominio del encinar (*Quercus ilex*) al que acompaña el desarrollo de un sotobosque acusadamente xerófilo de matorrales como el tomillo (*Thymus sp.*) y el espliego (*Lavándula sp.*). Localmente hay manchas de robles relativamente esparcidos. Amplias áreas muestran modificaciones antrópicas generalizadas en forma de cultivos.

El relieve es suave, en forma de una llanura con una altitud media de 650 m. sobre el nivel del mar. La gran abundancia de rocas ígneas y materiales sedimentarios sometidos a procesos de migmatización proporciona una textura granular en las imágenes producto de los afloramientos en berrocal de estos afloramientos. Las diferencias de tono en esta distribución corresponden a diferencias en la meteorización de estos materiales por su distinto estilo de fracturación e intensidad de degradación de sus asociaciones minerales en función de su composición y textura.

Los cambios más notables en la uniforme apariencia granular de los materiales graníticos y neísicos corresponden a encajamientos de drenajes con una disposición angular a lo largo de fracturas, y crestas en los "sierros" de cuarzo que rellenan asimismo algunas fracturas, además de cuarcitas de edad ordovicica.

Las depresiones terciarias orientales desarrollan una superficie comparativamente más plana, con menor encajamiento de cursos de drenaje, que dibujan una red dendrítica, controlada de una manera más laxa por la red de fracturación. Su expresión en imágenes está fundamentalmente determinada por el desarrollo de campos cultivados, dándoles una textura en manchas poligonales con fuertes contrastes en función de la secuencia de cultivos en la época del año.

LINEAMIENTOS

Las imágenes tomadas por satélites permitieron por primera vez observar bajo un punto de vista único vastas extensiones de la superficie terrestre. Así se descubrieron un número de rasgos lineares no cartografiados con anterioridad en áreas geológicamente conocidas.

Estos rasgos, denominados lineamientos, consisten en alineaciones de estructuras morfológicas regionales, tales como cursos de drenaje, escarpes y cadenas montañosas, además de diferencias tonales, que en muchos casos expresan fallas o zonas de fractura, bordes entre dominios geológicamente diferentes, o contactos litológicos.

Tomaremos el término "lineamiento" como un rasgo de la superficie simple o compuesto, cuyas partes se alinean de modo rectilíneo o ligeramente curvo, y que se distingue claramente de las formas en las zonas adyacentes, representando presuntamente un fenómeno subterráneo.

Para la cartografía de lineamientos se han utilizado dos imágenes Thematic Mapper en papel en blanco y negro, banda 7, del 23 de Noviembre de 1985 (203-031-4) y del 16 de Noviembre de 1985 (202-031-3). Las imágenes de invierno presentan características favorables para este propósito, ya que al ser el ángulo de iluminación solar bajo, los rasgos topográficos se realzan.

Los lineamientos mayores en la región en la que está incluida la zona cartografiada siguen una dirección predominante NNE-SSO al oeste, evolucionando progresivamente a direcciones NE-SO y E-O hacia el este.

Uno los rasgos observados con mayor continuidad en imágenes en dirección NNE-SSO se sitúa al este de Fermoselle y oeste de Trabanca.

Sirve de continuación de un rasgo muy pronunciado en zonas meridionales a la de estudio, que pasa por Vitigudino y Bañobarez, sigue en varios trazos que pasan por El Manzano y Sardón de los Frailes, y continúan al oeste de Villar del Buey. El último de los conjuntos de trazos en esta dirección en el área de estudio se sitúa en la hoja de Almeida de Sayago, y discurre desde Carballino, al oeste de Almeida, y este de Villamor de Cadozos.

En la hoja de Almeida de Sayago son predominantes los rasgos NO-SE, entre los que podemos enumerar como más evidentes en imágenes Almeida de Sayago-Fresno de Sayago, Escuadró de Sayago-Figuera de Sayago, la rivera de Palomares, y uno más desde la parte alta de la Rivera de la Moraleja hasta Peñausende. Estos trazos mayores están acompañados por un cortejo de trazos más cortos con la misma dirección.

En la región SE de la hoja de Almeida se aprecia un conjunto de trazos cortos en dirección ENE-OSO que forman la continuación de un rasgo mayor que se prolonga desde Hinojosa de Duero- Encinasola de la Ribera- Brincones y Villaseco de los Reyes. En el área que se estudia discurren entre Pelilla y el NO de Santiz.

La mayor presencia de sedimentos terciarios en la hoja de Villamor de los Escuderos dispersa las direcciones antes reseñadas, y les resta continuidad. Los lineamientos mayores se concentran en el borde oriental. Sólo aparece un fragmento de un trazo en dirección NE-SO que se inicia en Cabeza Barajas en el área de estudio, y se dirige hacia Guarrate en la hoja de Fuentesaúco. La gran mayoría de los trazos menores siguen la dirección ENE-OSO. Puede destacarse el curso del Arroyo de Izcalá desde Izcalina hasta Izcalá, donde gira norteándose ligeramente hacia Villamor de los Escuderos. También, un rasgo mayor no asociado a la topografía que comienza en el nacimiento del Regato de la Vega de Valdeladrone al SE de Arguijillo, y se prolonga hacia Guarrate en la hoja de Fuentesaúco.

CARACTERISTICAS DE LAS IMAGENES

El sensor Thematic Mapper produce imágenes con datos de reflectancia en seis canales en el visible y infrarrojo cercano, y uno en el infrarrojo térmico. En lo sucesivo nos referiremos a cada canal como bandas. Cada unidad elemental en las imágenes referidas cubre una superficie aproximadamente cuadrada de 30 m. de lado.

Las bandas 1, 2 y 3 (0.43-0.55, 0.50-65, 0.59-0.73 μm respectivamente), se sitúan en las regiones del azul, verde y rojo del visible. La banda 4 (0.73-0.94 μm) aparece en las longitudes de onda

del infrarrojo próximo, y las bandas 5 (1.52-1.96 μm) y 7 (1.96-2.41 μm) se sitúan más alejadas. La banda 6 (9.81-12.61 μm) no ha sido considerada en este trabajo, por pertenecer al infrarrojo térmico y tener una resolución espacial más grosera que las demás, lo que la hace menos manejable para la cartografía a escala 1:50.000.

TRATAMIENTO DE IMÁGENES

Las imágenes tomadas por sensores electrónicos como el Thematic Mapper consisten en distribuciones bidimensionales de valores numéricos (números digitales ND) comprendidos entre 0 y 255, que se traducen visualmente en niveles de intensidades de gris, correspondiendo el 0 al negro, y el 255 al blanco.

Puesto que el área de estudio es muy extensa, y algunos de los módulos del programa de tratamiento de imágenes utilizado están limitados por el número de datos con el que operan, se ha fragmentado la imagen original en distintos sectores que comprendían geográficamente cada una de las hojas 1:50.000, y una orla circundante para facilitar el seguimiento de rasgos identificados en las imágenes en hojas adyacentes. La estadística de los datos que cubren estas áreas es distinta en cada una de ellas, y se omitirá su descripción pormenorizada. El tratamiento ha sido, por lo tanto, diverso para cada una de ellas, y los resultados son diferentes para cada de las hojas con tratamientos similares.

A continuación se describirán brevemente las combinaciones que parecen sugerir mayor capacidad de distinción de distintas litologías utilizables con los criterios seguidos por el equipo que ha cartografiado estas hojas.

Correcciones atmosféricas

La atmósfera interfiere en la captación de energía electromagnética reflejada por la superficie de la tierra, produciendo fenómenos de absorción y dispersión. Los efectos de dispersión son especialmente notables en los intervalos de longitud de onda del visible, que se traducen en un aumento generalizado de reflectancia difusa y el desplazamiento de los histogramas de números digitales hacia valores más altos.

Para minimizar este efecto en los tratamientos cuantitativos, se han aplicado a todas las imágenes correcciones atmosféricas por el procedimiento de sustraer el valor del número digital más bajo en cada banda en las cuatro bandas del visible y del infrarrojo cercano de longitud de onda más corta.

Evaluación de recubrimiento vegetal. Máscaras.

La vegetación proporciona respuestas espectrales muy llamativas, que dominan generalmente cualquier imagen, aunque se trate de zonas en medio semiárido como el área de estudio. Puesto que las imágenes de satélite se han utilizado muy intensamente en estudios morfoclimáticos y de ocupación de suelo, se han desarrollado una serie de índices que expresan la densidad del recubrimiento vegetal y su vigor. Sirve de base para ello la distinta respuesta espectral de los tejidos de las hojas según su estado fenológico, y el contenido en clorofila.

Uno de los índices más generalmente aceptados en la comunidad geológica para la delimitación de áreas en que predomina la vegetación es el cociente entre el rojo y el infrarrojo cercano, que en el sensor Thematic Mapper corresponde a las bandas 4 y 3.

Por ello, se calculó el cociente 4/3 en el área de estudio. De modo general, las zonas en que afloran masivamente granitos con buena expresión morfológica y desarrollo de paisaje en berrocal, aparecen más desnudas. Dejando aparte las vegas de los ríos mayores, y los cursos de drenaje, que siempre dibujan bien su trazado proporcionando valores altos en el cociente 4/3, aparecen con respuestas altas de vegetación las áreas cultivadas. Muestran una distribución típicamente geométrica definida por los lindes de las parcelas cultivadas, en que aquellas en las que crecían cosechas en el momento en que se registró la imagen se distinguen nítidamente de las que ya han sido cosechadas, o no han sido cultivadas ese año.

Tomando como referencia los valores del cociente 4/3, se contruyeron máscaras que se han aplicado a otras imágenes para identificar con claridad los rasgos espectrales atribuibles a diferencias en suelos y rocas más o menos limpias.

El examen visual de cualquier composición de color enmascarada dificulta la localización geográfica a los usuarios poco avezados en la observación de imágenes. Por ello, se mantuvo el uso de imágenes enmascaradas en las sesiones de tratamiento para consideraciones de cálculo, pero se prefirió proporcionar a los cartógrafos productos fotográficos en los que la vegetación no estuviera enmascarada.

Composiciones en Falso Color

Cada una de las bandas de una imagen consiste en una distribución bidimensional de valores numéricos que se traducen visualmente en tonos de gris. Si se toman tres series de datos, y se les asigna una

escala de color equivalente en azul, rojo y verde, y se superponen, se obtiene una composición en falso color.

Cada uno de los elementos unitarios de esta composición ostenta un color que es función de los valores iniciales. Así, si el número digital correspondiente al azul es 10, el correspondiente al rojo es 100 y el correspondiente al verde es 100, el color compuesto resultante será amarillo, como resultado de una participación similar en rojo y verde, y casi nula en azul.

De este modo se han realizado distintas composiciones en falso color utilizando las bandas de imágenes thematic mapper corregidas atmosféricamente. Estas composiciones son las más cercanas visualmente a una fotografía aérea en color, y la localización geográfica en las mismas es fácil para un usuario acostumbrado a la utilización de mapas topográficos y fotografía aérea. Por ello se han adoptado como primer documento de aproximación para la identificación de distribuciones texturales de color posiblemente ligadas a distintas litologías y la identificación de áreas de referencia para tratamientos posteriores.

Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales consiste en una evaluación estadística basada en la estimación de la repetitividad de valores en distintas bandas. La correlación entre distintas bandas se expresa por medio de una matriz en la que los índices más bajos indican una baja correlación en la información numérica entre las dos bandas correspondientes.

La matriz de correlación es diferente para cada una de las imágenes que cubren las diferentes hojas, en función de una estadística inicial igualmente diversa. Se omitirá el repetir la relación de matrices de correlación para cada una de ellas.

Las seis imágenes producidas al aplicar la transformación de Karunen-Loewe, pueden componerse en color asignando tonos rojo, verde y azul, a tres series de datos escogidas entre las mismas, y superponiéndolas en un falso color. Una composición de color con las componentes principales de los tres primeros órdenes indica qué áreas presentan una respuestapectral distinta, y pueden ser diferenciables en imágenes. Sin embargo, no permite identificar los materiales en función de sus propiedades espectrales. Las composiciones en falso color aconsejadas por aquellas bandas que presentan índices de correlación más bajos, pueden orientar el estudio de identificación espectral.

Cocientes de bandas

El uso de cocientes de bandas es habitual en la detección de diferencias espectrales. Suele escogerse un numerador que represente valores espectralmente constantes para el objeto escogido, mientras que el denominador está sujeto a variaciones respecto a las características espetrales del mismo.

Los cocientes eliminan las variaciones globales de reflectancia y ponen de manifiesto aquellas que obedecen a causas locales. De este modo, los efectos topográficos se reducen considerablemente, y se favorece la expresión de litologías espectralmente diferentes.

FERMOSELLE (423)

Una aproximación geográfica panorámica se realizó a base de dos Composiciones en Falso Color con bandas 1, 4 y 7 (ARV) y FC 745 (ARV)(fig.2). En ellas se aprecian diferencias geomorfológicas de tipo general producidas por el relieve abrupto de las laderas de los ríos Duero y Tormes al cruzar terrenos graníticos o metasedimentos, las regiones graníticas relativamente altas con textura granulada por el paisaje en berrocal, y las cuencas terciarias distinguidas por los campos cultivados. Los índices que siguen a los materiales geológicos que se mencionan a continuación corresponden a los que figuran en los mapas geológicos a cuya cartografía ha contribuido este trabajo.

Evaluación de recubrimiento vegetal

El cociente entre las bandas 4 y 3 correspondientes al infrarrojo de onda más corta y rojo (fig.1) muestra como zonas con mayor recubrimiento vegetal las laderas de los barrancos del Duero y del Tormes, y el valle más amplio que recorre el Regato de Valle Grande y el Arroyo Corzo al sur de Cabeza de Framontanos y Trabanca.

Las áreas ocupadas por afloramientos graníticos homogéneos se presentan comparativamente libres de vegetación.

Las zonas de afloramiento espacialmente complejo y litológicamente heterogéneo de distintos granitos y ortoneises entre sedimentos preordovícicos entre Fermoselle y Villarino y al NE de La Peña también aparecen vegetadas. La textura fina en imágenes está provocada por la minúscula fragmentación en viñedos en parcelas pequeñas que parecen instalarse preferentemente en este marco geológico.

Composiciones en falso color

En la composición en falso color FC 745 (ARV) se muestra la geomorfología asociada a diferencias en las grandes unidades geológicas (fig.2). Las zonas de afloramiento complejo entre Fermoselle y Villarino, además de la textura fina por el uso de suelo, aparecen como zonas en color morado muy distintas en que los efectos topográficos visibles, están uniformizados por el aspecto de manchas finas.

Las regiones homogéneamente graníticas aparecen como zonas altas con una textura más gruesa producida por los afloramientos rocosos redondeados del paisaje en berrocal en tonos azulados, y las depresiones de zonas fracturadas más meteorizadas en amarillo.

Son muy evidentes morfológicamente las fracturas en dirección NNE-SSO al este y oeste de La Peña en el borde occidental, así como la que recorre el Río Bravio al SE de Fermoselle.

Análisis de Componentes Principales

En una composición en color de Componentes Principales 234 (ARV) calculadas sobre bandas corregidas atmosféricamente y posteriormente estiradas para su visualización (fig.3) aparecen contrastes litológicos entre los distintos granitos que ocupan la mayor parte de la extensión cubierta por la hoja.

El contacto entre el granito de grano grueso, dos micas, con textura "ala de mosca", tipo Villar del Buey-Grandes (11) y el granito de grano medio-fino, dos micas, localmente porfídico tipo Villar de Peralonso (12), que ocupan buena parte de la mitad occidental, se expresa en estas imágenes al norte de Cabeza de Framontanos, Trabanca y Almendra.

En el extremo SE, se sigue el contacto entre el mismo granito tipo Villar de Peralonso (12), con el granito de tipo Villar del Buey-Grandes (12) y los granitoides inhomogéneos, migmatíticos y microporfídicos (7) entre Sardón y Monteras.

Al sur de Salce se aprecia con claridad el contacto entre el granito de grano medio y medio-grueso de dos micas porfídico (9), con el granito de grano medio de dos micas porfídico tipo Almeida (14).

Se distinguen los ortoneises glandulares (3) que bordean el embalse alrededor del promontorio de Valdegrumo al sur de Pelazas, y su continuación hacia el oeste en dirección a Fermoselle.

Cocientes de bandas

Entre los cocientes de bandas calculados, se ha seleccionado la composición en color entre los 2/1 5/1 y 4/1 (ARV) por su mayor variabilidad litológica y nitidez visual (fig.4).

Al igual que en la composición en color de componentes principales CP 234, se repite el contacto entre el granito de tipo Villar del Buey (11) y tipo Villar de Peralonso (12) por Trabanca y Almendra. Además, es visible el afloramiento en dirección N-S de granito tipo Villar del Buey (11) al sur de Almendra.

El contacto entre el granito tipo Villar del Buey (11) y los granitoides inhomogéneos (7) entre Sardón y Monteras, y al este de Almendra son más claros que en la composición en color de componentes principales.

También se diferencian distintos contactos entre Villar del Buey y Salce entre el granito de tipo Almeida (14), el granito de grano medio porfídico (9), el granito tipo Villar del Buey (11) y los granitoides inhomogéneos (7), que aparecían como un conjunto indiferenciado en CP 234.

La banda de ortoneises glandulares (3) al este y sureste de Fermoselle se individualiza del resto.

ALMEIDA DE SAYAGO (424)

La geomorfología es más homogénea en esta hoja, si exceptuamos la pequeña excepción de las estribaciones del embalse de Almendra en el extremo SO. Los contrastes de tono más llamativos corresponden a densidades de recubrimiento vegetal.

Evaluación de recubrimiento vegetal

El cociente entre las bandas 4 y 3 refleja más abundancia de vegetación en las vegas del río Tormes, y las tierras bajas de la Ribera del Palomares (fig.5).

Entre Moraleja de Sayago y Tamames se extiende una zona de dehesa con encinas y arbustos reseñada en imágenes. Al sur de Peñausende se observa otra zona vegetada por repoblación forestal en terrenos terciarios.

El área a cartografiar en su conjunto está bastante expuesto sin excesivas interferencias por influencia de la vegetación.

Composiciones en falso color

La composición en falso color con bandas 275 (ARV) muestra diferencias morfológicas y de uso de suelo asociadas a las mismas que indican distintos sustratos (fig.6).

Los neises glandulares y bandeados (4) ocupan zonas desprovistas de vegetación, y toman colores verdosos en el FC 275. De este modo, se distinguen del granito de dos micas de grano medio a grueso con megacristales dispersos (11) y el granito de dos micas cordierítico de La Pelilla (16).

El extremo NE a la altura de Tamames y Peñausende adopta una textura menuda en imágenes reflejo de la distribución de vegetación en dehesas sobre el granito de dos micas de grano medio de Figueruela de Sayago (8b) y el granito biotítico con megacristales de Sayago (7).

Contrasta con una textura más homogénea en recubrimiento vegetal en la mitad NO, donde afloran granitos de dos micas de grano medio de Almeida (15) y el granito de dos micas de grano fino de Villamor de los Cadozos (8a) en un paisaje en berrocal y terrenos no cultivados.

Análisis de Componentes Principales

Las composiciones de color de Componentes Principales se han mostrado más expresivas en contactos litológicos que las composiciones realizadas con cocientes de bandas.

La composición de componentes principales CP 451 (ARV) distingue diferentes granitos en la mitad occidental alrededor de Almeida de Sayago (fig.7). Prescindiendo de la cuenca terciaria por la que discurre el Arroyo de Navaenjuta, el granito de dos micas de grano fino de Villamor de Cadozos (8a) destaca como un conjunto textural rodeado del granito de dos micas de grano medio de Almeida (15). Es distinguible el granito de dos micas de grano fino a medio con textura en "ala de mosca" (9) al oeste de Escuadró, así como el granito de dos micas de grano fino porfídico (10) al este de Carbellino.

El conjunto formado por el granito de dos micas de grano medio a grueso con megacristales dispersos (11) y el granito de dos micas cordierítico de La Pelilla (16) se confunde en una mancha de tonos rojizos alrededor de Estacas, probablemente enmascarada por la densidad de vegetación.

Los neises glandulares y bandeados (4) se identifican en azul. En las inmediaciones de Santiz es visible el contacto por fractura con el granito de Santiz (15) y los granitoides inhomogéneos (5).

A la composición CP 451 (ARV) puede añadirse la observación combinada de las composiciones CP 654 (ARV) (fig.8) y la CP 452 (ARV) (fig.9) en las que se incluyen componentes de orden más alto. Su aspecto visual es menos definido que la CP 451, pero se identifican con más nitidez los contacto de las cuencas terciarias y cuaternarias, incluso en zonas vegetadas, como en los alrededores de Estacas.

También se aprecian los contactos entre los granitos que rodean Almeida de Sayago. Los terciarios y preordovícicos al sur de Alfaraz son poco distinguibles por hallarse uniformemente cultivados.

Sin embargo, la geomorfología típica de los neises glandulares y bandeados (4) les hace evidentes en la composición CP 452 en contacto con los granitoides inhomogéneos (5).

Ligeras diferencias en la tonalidad y distribución de las parcelas cultivadas sobre el granito biotítico con megacristales de Sayago (7) permiten insinuar su afloramiento a lo largo de los arroyos de la Reguera y Cardevilla en el seno de los granitoides inhomogéneos (5) al sur de Santiz.

BIBLIOGRAFIA

CHUVIECO, E., 1990, Fundamentos de teledetección espacial, Ed. Rialp, 453 p.

FRANCO, P., CASTRO, A., UGIDOS, J.M., BEA, F., MORENO VENTAS, I., MALDONADO, C., DIEZ BALDA, A., PELLITERO, E., RODRIGUEZ ALONSO, D., GARCIA DE FIGUEROLA, L.C., CORRETGE, L.G., LOPEZ PLAZA, M., CARNICERO, A., MARTIN IZARD, A., MARTINEZ, F.J., ARRIBAS, A., IGLESIAS, A., GONZALO, F.J., GARCIA DE LOS RIOS, J.I., GONZALO, J.C., MACAYA, J., 1983, Síntesis geológica del Basamento (Zona del Centro-oeste español), Depto. de Petrología, Universidad de Salamanca.

JENSEN, J.R., 1986, Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, 379 p.

MARTINEZ, F.J., 1974, Estudio del área metamórfica y granítica de los Arribes del Duero (Prov. de Salamanca y Zamora). Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.

SABINS, F.F., Jr., 1987, Remote Sensing, Principles and Interpretation, W.H. Freeman and Co., 449 p.

SIEGAL, S.B., GILLESPIE, A.R., 1980, Remote Sensing in Geology, John Wiley and Sons, 702 p.



fig.1. Segmentación de números digitales en el cociente entre las bandas thematic mapper 4 y 3. Colores asignados a valores de bajos a altos, que corresponden a zonas con densidad de recubrimiento vegetal proporcional: amarillo, naranja, verde claro, verde oscuro. Hoja de Fermoselle.

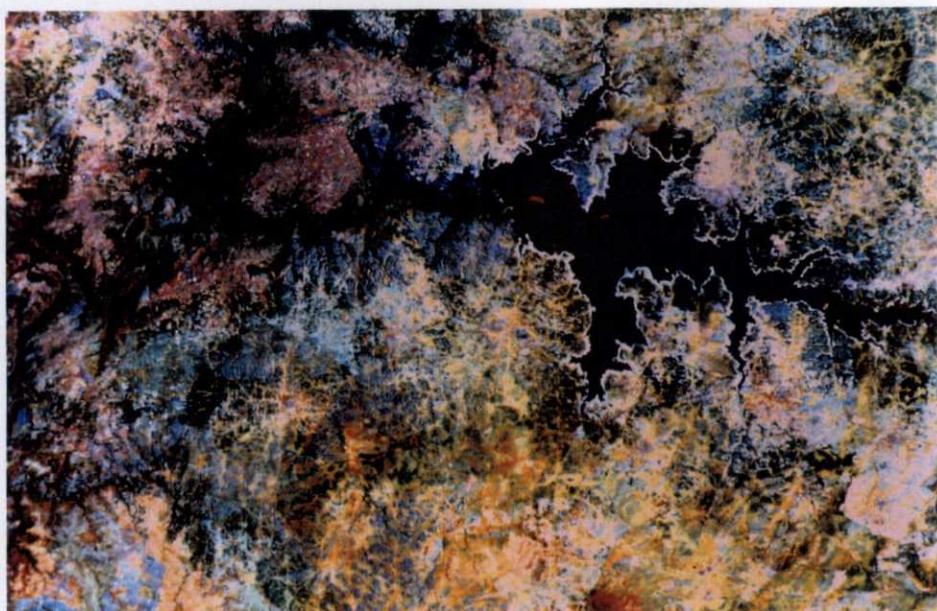


fig.2. Composición en falso color con las bandas 7 (azul), 4 (rojo) y 5 (verde) del sensor thematic mapper corregidas atmosféricamente. Hoja de Fermoselle.

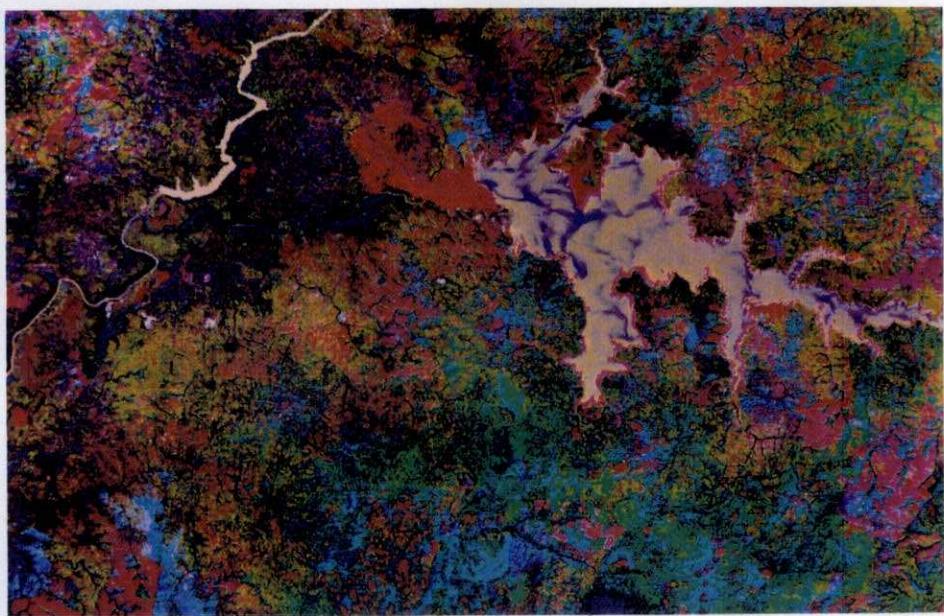


fig.3. Composición en color con componentes principales de orden 2 (azul), 3 (rojo) y 4 (verde) calculadas sobre las seis bandas del sensor thematic mapper en el visible e infrarrojo cercano corregidas atmosféricamente, estiradas posteriormente para su visualización. Hoja de Fermoselle.

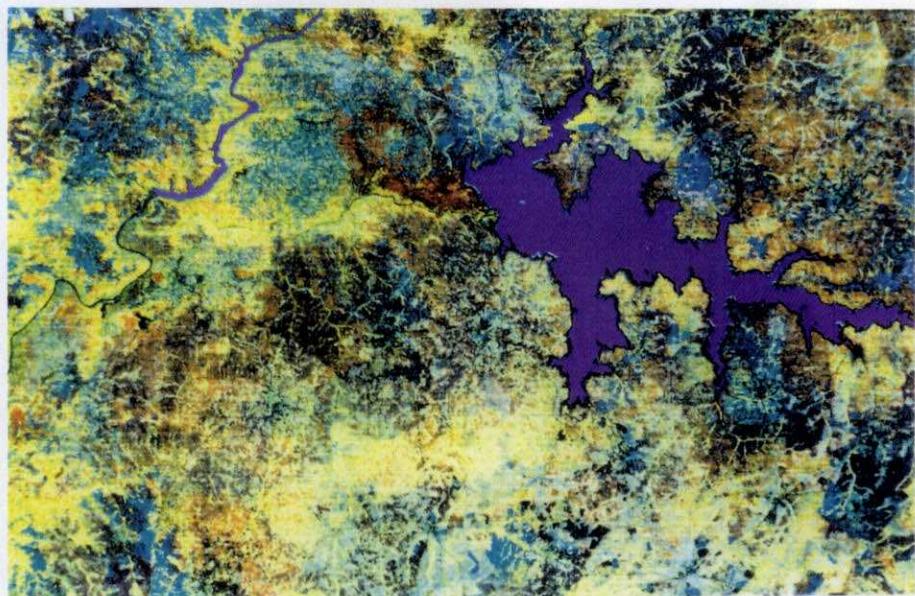


fig.4. Composición en color con los cocientes de bandas 2/1 (azul), 5/1 (rojo) y 4/1 (verde) calculados sobre bandas del sensor thematic mapper corregidas atmosféricamente, y posteriormente estirados para su visualización. Hoja de Fermoselle.



fig.5. Segmentación de números digitales en el cociente entre las bandas thematic mapper 4 y 3. Colores asignados a valores de bajos a altos, que corresponden a zonas con densidad de recubrimiento vegetal proporcional: amarillo, naranja, verde claro, verde oscuro. Hoja de Almeida de Sayago.



fig.6. Composición en falso color con las bandas 2 (azul), 7 (rojo) y 5 (verde) del sensor thematic mapper corregidas atmosféricamente. Hoja de Almeida de Sayago.

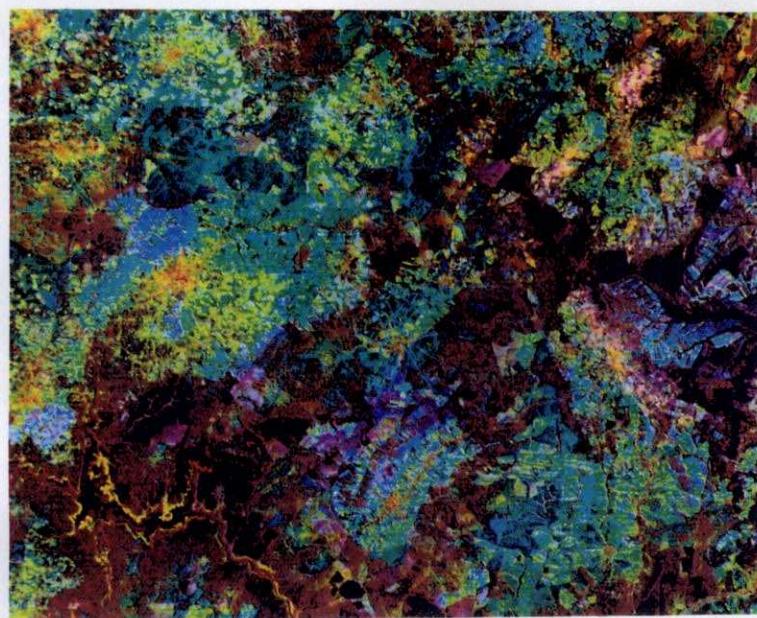


fig.7. Composición en color con componentes principales de orden 4 (azul), 5 (rojo) y 1 (verde) calculadas sobre las seis bandas del sensor thematic mapper en el visible e infrarrojo cercano corregidas atmosféricamente, y estiradas posteriormente para su visualización. Hoja de Almeida de Sayago.



fig.8. Composición en color con componentes principales de orden 6 (azul), 5 (rojo) y 4 (verde) calculadas sobre las seis bandas del sensor thematic mapper en el visible e infrarrojo cercano corregidas atmosféricamente, y estiradas posteriormente para su visualización. Hoja de Almeida de Sayago.



fig.9. Composición en color con componentes principales de orden 4 (azul), 5 (rojo) y 2 (verde) calculadas sobre las seis bandas del sensor thematic mapper en el visible e infrarrojo cercano corregidas atmosféricamente, estiradas posteriormente para su visualización. Hoja de Almeida de Sayago.