



IV SIMPOSIUM NACIONAL DE RECONOCIMIENTO DE FORMAS Y ANALISIS DE IMAGENES

Granada
24-28 de septiembre 1990

COMUNICACIONES

Sociedad Española de Reconocimiento de Formas y Analisis de Imagenes (SERFAI)

IV SIMPOSIUM NACIONAL DE RECONOCIMIENTO DE FORMAS Y ANALISIS DE IMAGENES
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RECONOCIMIENTO DE FORMAS Y ANALISIS DE IMAGENES

(SERFAI)

Organiza:

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial
Facultad de Ciencias. Universidad de Granada

COMITE DE PROGRAMA

<i>Luis Basañez</i>	(Univ. Pol. Cataluña)
<i>Olga Ferrer</i>	(Univ. La Laguna)
<i>Narciso García</i>	(Univ. Pol. Madrid)
<i>Miguel A. Laguna</i>	(Univ. Pol. Cataluña)
<i>Dario Maravall</i>	(Univ. Pol. Madrid)
<i>Rafael Molina</i>	(Univ. Granada)
<i>Modesto Montoto</i>	(Univ. Oviedo)
<i>Augusto Moragas</i>	(Univ. Aut. Barcelona)
<i>Climent Nadeu</i>	(Univ. Pol. Cataluña)
<i>Jose M. Pardo</i>	(Univ. Pol. Madrid)
<i>N. Pérez de la Blanca</i>	(Univ. Granada)
<i>Armando Roy</i>	(Univ. Zaragoza)
<i>Alberto Sanfeliú</i>	(Univ. Pol. Cataluña)
<i>Luis Solé</i>	(Inst. Jaime Almera CSIC)
<i>Marcelino Vicens</i>	(Univ. Valencia)
<i>Enrique Vidal</i>	(Univ. Pol. Valencia)
<i>Juan J. Villanueva</i>	(Univ. Aut. Barcelona)

COMITE ORGANIZADOR

Presidente de Honor: Excmo. Sr. Rector de la Universidad de Granada.
D. Pascual Rivas Carrera

<i>Nicolás Pérez de la Blanca</i>	(Coordinador)
<i>Miguel Delgado</i>	(Univ. Granada)
<i>Mario Chica</i>	(IAGM - CSIC)
<i>Joaquín Fernández-Valdivia</i>	(Univ. Granada)
<i>Jose A. García</i>	(Univ. Granada)
<i>Rafael Molina</i>	(Univ. Granada)
<i>Modesto Montoto</i>	(Univ. Oviedo)
<i>Asunción del Olmo</i>	(IAA - CSIC)
<i>Jaime Perea</i>	(IAA - CSIC)
<i>Enrique Vidal</i>	(Univ. Pol. Valencia)

en colaboración con:

- Instituto de Astrofísica de Andalucía. CSIC
- Instituto Andaluz de Geología Mediterránea. CSIC - Univ. de Granada

OTRAS ENTIDADES COLABORADORAS

- Conserjería de Educación de la Junta de Andalucía
- Secretariado de Informática. Universidad de Granada
- Caja General de Ahorros y Monte de Piedad de Granada
- Facultad de Ciencias. Universidad de Granada
- Excmo. Ayuntamiento de Granada

PROBLEMATICA Y RESULTADOS EN TELEDETECCION SOBRE GEOLOGIA DEL SW PENINSULAR

P. Herranz Araújo, A.P. Pieren Pidal

Instituto de Geología Económica, CSIC-UCM Ciudad Universitaria, 28040 Madrid

ABSTRACT

Several remote sensing works focused about the Geology of the SW Iberian Peninsula, based on miscellaneous remote sensing elaborated products, illustrate that the classic analogical methodology based on the photointerpretation of geologic elements, partially known in the field, can still be useful as long as these elements have a physical magnitude adequate to the system resolution. Nowadays the range of printed scanner images, aerial and orbital photographs, and radar images is wide enough to permit the selection between the distributors stock of a suitable image, in which the studied element is emphasized and discriminated, making void any digital processing. Thus, it has been recognized that the elements easier to detect are the main, monotonous stratigraphic units, the fracture systems, some kinds of folds, granitic plutons and recent fluvial systems.

1. INTRODUCCION A LA GEOLOGIA REGIONAL.

El cuadrante suroccidental de la Península Ibérica está constituido mayoritariamente por parte del "Macizo Hespérico", una compleja estructura consolidada a finales del Paleozoico y sometida posteriormente a procesos de fracturación y a varias etapas de intensa denudación.

En un esquema muy simplista para profanos en Geología regional, este Macizo es un eslabón de la Cadena Hercínica europea. Su morfología relativamente senil no refleja la importancia de su deformación tectónica. Consta de los siguientes grupos de materiales, de más antiguos a más modernos:

- a)- Depósitos precámbricos, predominantemente esquistosos, de origen sedimentario en su mayoría, multideformados, y sujetos a varias etapas de erosión. Habitualmente ocupan núcleos anticlinales amplios, son macroscópicamente monótonos, y dan lugar a extensas penillanuras degradadas, como por ejemplo en el N de La Serena (Badajoz) y Valle de Alcudia (Ciudad Real).
- b)- Sucesiones paleozoicas, desde el Cámbrico hasta el Carbonífero, pero en las cuales dominan en espesores y en superficie de afloramiento los materiales ordovícicos, caracterizados por alternancias de grandes paquetes de cuarcitas y pizarras, con una respuesta morfológica evidente: alternancia de sierras y valles. Este conjunto paleozoico es el que dibuja, como un esqueleto estructural, la configura-

ción macro- y mesotectónica del Macizo, con su respuesta morfológica más evidente, un relieve apalachiano que propicia las alineaciones orográficas con dirección predominante NWW-SEE, de las que los Montes de Toledo son el mejor ejemplo.

- c)- Macizos plutónicos intruidos en las rocas sedimentarias de los dos grupos anteriores y cuyas edades de intrusión oscilan entre el Precámbrico Superior y el Paleozoico Terminal. Hay desde pequeños cuerpos de afloramiento subcircular y pocos kilómetros de diámetro (p.e. Trujillo), hasta complejos batolíticos de cientos de kilómetros de longitud, adaptados a las estructuras tectónicas preexistentes (p.e. batolito de Los Pedroches), a los que corresponden los típicos paisajes de berrocales con piedras caballerías.
- d)- Cibertera reciente del "Macizo Hespérico", de trascendente importancia aquí por su repercusión en Teledetección. Haciendo caso omiso de ciberteras más antiguas o espesas, de origen marino (orlas occidental y meridional portuguesas, Terciario del Valle del Guadalquivir), centramos nuestra atención en los depósitos recientes de origen continental que salpican la totalidad del Macizo y consideramos cuatro subconjuntos muy característicos, por orden decreciente de edad:
 - Rellenos de depresiones de edad terciaria, de origen parcialmente lacustre (p.e. la "Tierra de Barros").
 - "Rañas" plio-cuaternarias adosadas a los relieves más acusados (p.e. en Anchuras).
 - Depósitos cuaternarios antiguos, consolidados, de ladera y piedemonte (profusamente distribuidos por toda la región).
 - Depósitos aluviales, con varias fases de aterrazamiento (exponente característico, las Vegas del Guadiana).

2. ASPECTOS REGIONALES QUE CONDICIONAN EL USO DE TELEDETECCION.

La región de referencia tiene escasa densidad de población, carece de núcleos urbanos importantes y está poco industrializada; estos factores de enmascaramiento del sustrato geológico son pues poco importantes a efectos de interpretación de imágenes. Otro factor favorable en Teledetección regional con fines geológicos lo constituye el predominio de los aspectos agrobiológicos como proveedores de información, ya que:

- La variedad de usos agropecuarios y forestales es bastante limitada.
- Predominan la vegetación espontánea (aunque con variable control humano) y los cultivos adaptados a un sustrato geológico poco transformado.
- Hay abundantes latifundios de un sólo uso.
- Las variaciones climáticas locales, parcialmente condicionantes de la cubierta vegetal, pueden tener gradientes importantes (p.e. en los pies de sierras aisladas en llanuras), pero los valores extremos entre los que oscilan son relativamente próximos, al faltar grandes relieves.
- El clima atlántico, con suaves temperaturas invernales pero con fuertes estiajes, impide prácticamente (salvo en casos muy concretos de concurrencia de diversos factores) la formación de extensas cubiertas vegetales opacas a los sensores más usuales.

De lo expuesto en los últimos párrafos se deduce que la región considerada tiene condicionantes extrageológicos bastante favorables para el estudio mediante teledetección del sustrato geológico: baja

densidad de población y de obras (que **enmascararían** el sustrato geológico), y vegetación relativamente espontánea que refleja las variaciones de dicho sustrato. Dos grandes excepciones serían los hiperembalses y los regadíos del "Plan Badajoz", pero paradójicamente, en cualquier imagen, aquellos dibujan con sus "líneas de costa" la morfología local, y éstos refuerzan el contraste de las Vegas con el entorno.

El aspecto negativo más patente en Geología Regional (tanto de campo como en Teledetección), es la presencia de multitud de recubrimientos recientes y de suelos y paleosuelos, reflejo de condiciones climáticas muy diferentes de las actuales.

3. PROBLEMATICA GEOLOGICA REGIONAL ABORDABLE CON TELEDETECCION.

El cuadrante SW peninsular es quizás el que por su complejidad, y otros causas, tiene aún hoy la cobertura cartográfica geológica más irregular.

Por otra parte, escalas de representación cada vez más detalladas, requieren separar unidades estratigráficas progresivamente menores y elementos tectónicos de inferior rango, hasta el punto de entrar en conflicto con el poder de resolución de la imagen disponible.

En el estado actual de conocimiento geológico y de disponibilidad de productos, puede decirse que:

- A escalas comprendidas entre 1:1.000.000 y 1:100.000, son adecuados los procedentes de sensores orbitales, ya que evitan engorrosos fotomosaicos y dan información simultánea o poco dispersa en el tiempo, de áreas extensas. Incluimos aquí tanto material para uso digital como analógico, incluyendo el procedente de cámaras métricas.
- Para escalas de presentación entre 1:80.000 (aprox.) y 1:5.000 (aprox.), se impone el uso de material procedente de "scanners" aeroportados a no muy alta cota, y sobre todo de fotografía aérea vertical (considerando aún embrionaria la cobertura por radar lateral en la región).

Para que un producto, digital o analógico, sea útil en Teledetección aplicada a Geología, se requiere un tamaño de "pixel" o un poder de resolución que sea congruente con el detalle de las observaciones de campo, y con la escala cartográfica de trabajo.

Como la Geología actual requiere una observación detallada de afloramientos, sólo la fotografía aérea con escalas superiores a 1:20.000 (del negativo original) comienzan a cumplir ese requisito de conectar sin ruptura con la observación puntual de campo.

Sólo en áreas que por una u otra razón tienen una infraestructura geológica incipiente, es necesaria una labor de exploración primaria en que son utilizables fotografías de escala menor que 1:20.000, e incluso imágenes de tamaño de pixel reducido, procedentes de barredores aeroportados e incluso orbitales ("Thematic Mapper" y "SPOT", p.e.). Esta "teledetección" de bajo o medio poder de resolución puede utilizarse también para conectar cartográficamente estructuras entre áreas bien conocidas pero aisladas.

Los problemas abordables regionalmente con algún sistema de Teledetección, con éxito condicionado por las circunstancias locales y por el apoyo de campo son :

- a) **Identificación de materiales rocosos (por espectrometría directa, por análisis de la vegetación asociada, por estudio de la red de drenaje que generan y topografía que provocan, etc.).**
- b) **Tamaño, forma y posición de cuerpos rocosos (tras la identificación, cálculo fotogramétrico de distancias en tres dimensiones y de buzamiento de capas).**
- c) **Cambios laterales de espesor o litología de cuerpos rocosos estratiformes de los que sólo se tienen controles aislados (utilizando la metodología conjunta de los dos párrafos anteriores).**
- d) **Detección de estructuras de plegamiento y su cartografía detallada, a escalas muy variadas y acordes con la del sistema de teledetección empleado (entre unos metros y cientos de kilómetros de desarrollo). Presupone controlar los aspectos antedichos y, en ocasiones, realizar mosaicos o utilizar datos de varias imágenes, si la magnitud de la estructura lo requiere.**
- e) **Detección y cartografía de fracturas de muy diferente génesis y magnitud. En cuanto a génesis, es sabido que las fracturas de ambiente distensivo y recientes son las más sencillas y fáciles de detectar, aunque puedan confundirse con efectos de actividad humana. En cuanto a magnitud, la escala de cada sistema de teledetección condiciona la categoría de fracturas detectada de un modo correlativo directo. Así, los sistemas de baja resolución y amplio campo delatan las fallas regionales, y los de alta resolución (y la observación directa) ponen en evidencia las locales de poco salto.**
- f) **Detección, zonación y cartografía de cuerpos plutónicos intruidos en sucesiones estratigráficas previamente plegadas. En aquellos plutones que no hay un reflejo morfológico que contraste con el entorno, la aportación de la Teledetección (espectrometría directa, cambios de vegetación, red de drenaje, etc.) se complementa con datos geofísicos (gravimetría, magnetometría, sísmica) y mapas radiométricos (r-gamma).**
- g) **Análisis geomorfológico, tanto de génesis y evolución de formas de erosión como de deposición. Especial importancia tiene el análisis de la evolución recentísima de procesos erosivos, y de los fuertes cambios de aterrazamientos y cauces en la red fluvial.**

4. ASPECTOS GEOLOGICOS REGIONALES YA TRATADOS EN TELEDETECCION.

4.1. Areas estudiadas

Se podría mostrar una larga lista de trabajos sobre el SW del "Macizo Hespérico", centrados fundamentalmente en aspectos geomorfológicos, sobre fracturación, o de exploración minera. El equipo de Teledetección del I.T.G.E. es el que de modo más sistemático y asiduo trabaja en la región desde hace años (Extremadura Central) (2) (3) (4) (5) (6) (10).

No obstante, la práctica totalidad de los investigadores regionales de las distintas disciplinas geológicas, ha empleado en sus trabajos algún tipo de Teledetección, desde la clásica fotografía aérea hasta vuelos locales con barredor multispectral diseñados "ex profeso" (p.e. M.A.Y.A.S.A., en la región de Almadén).

Un trabajo precoz, a destacar más por sus buenas intenciones que por los resultados, y que siguió a las primeras imágenes LANDSAT, fue de interpretación analógica, y consistió en un mapa de fracturación de toda la Península Ibérica.

Geográficamente, no conocemos ningún plan sistemático de Teledetección que busque la cobertura uniforme regional. Por el contrario, el área está tachonada de multitud de trabajos que la emplean con criterios científicos. Como es lógico por la natural reserva, los trabajos de exploración minera (minerales radiactivos en Extremadura, Sulfuros metálicos en el N. de Huelva, etc...) son los que menos se conocen, siendo los que utilizan una Teledetección más avanzada y con mayor poder de resolución.

4.2. Productos empleados

Haciendo historia de la Teledetección geológica del SW hespérico, por orden decreciente de importancia y frecuencia de uso nos atrevemos a proponer este esquema:

a) Analógico:

- Vuelo norteamericano, 1956-57, E = 1:32.000 aprox. (Fotog.)
- Vuelos oficiales 1978-90 ("Interministerial"), E = 1:18.000 aprox. (Fotog.) (M^o Hacienda, M.O.P.U., M^o de Defensa, I.R.Y.D.A.).
- Imágenes LANDSAT (Bandas 4,7, Multibanda falso color).
- Vuelos particulares (Fotog.) (Ej. Peñarroya)

b) Digital:

- LANDSAT-Thematic Mapper
- SPOT
- HCMM
- Vuelos particulares ("Scanner" multibanda)

5. RESULTADOS

Según ya indicamos, la región se caracteriza por una Geología muy variada, compleja en detalle, con fuerte arrasamiento erosivo y con abigarrada y extensa cobertura reciente. Por todo ello, cualquier sistema de Teledetección es auxiliar valioso pero no resuelve por sí sólo ningún problema geológico, por muy elemental que sea, sin un fuerte apoyo de campo. Esto es válido hasta para la más simple exploración.

Los resultados más importantes que conocemos se centran en:

- Mejora de la cartografía geológica regional (plan MAGNA, exploración minera, tesis doctorales, etc.) a la vez que se han reducido las tareas de campo.
- Delimitación precisa de yacimientos, y detección de nuevas zonas de interés. Valoraciones.
- Delimitación y zonación de cuerpos plutónicos.
- Mapas de fracturación y trabajos estadísticos sobre ésta (1).
- Caracterización espectrométrica de unidades estratiformes con yacimientos minerales asociados. A partir del establecimiento de la firma espectral, prolongación de los afloramientos conocidos, o reconocimiento de unidades con características similares.

Centrándonos ahora en nuestra propia experiencia, basada mayoritariamente en imágenes analógicas primarias o secundarias, los resultados con cada tipo de producto han sido esquemáticamente los siguientes:

- Con fotografía aérea:

Mediante fотомосаicos de hasta 420 fotografías, visiones a la vez "sinópticas" y detalladas de áreas extensas, y cartografía geológica más fina que todas las precedentes.

Mediante comparación de vuelos sucesivos, control de la evolución de procesos erosivos muy activos y, sobre todo, de la evolución dinámica de los cursos de agua, tan importante al existir embalses construidos entre distintos vuelos. También, eliminación de procesos efímeros enmascarantes de la Geología (cultivos, incendios, obras ...).

Mediante tratamiento óptico de fotografías, filtrar elementos estructurales con pautas comunes (p.e., sistemas de fallas).

- Con imágenes visualizadas a partir de "scanners"

Mediante interpretación analógica de imágenes LANDSAT, con sencillo tratamiento óptico, se han detectado grandes sistemas de fracturas y se han precisado límites, y formas locales, de los grandes pliegues hercínicos. Las bandas 4 y 7 dan imágenes B/N "listas para su uso", mucho más útiles en nuestro caso que p.e., las imágenes multispectrales en falso color que realizó el Instituto Geográfico Nacional, o que muchas imágenes resultantes de complejo tratamiento.

Esto último es posible gracias a la existencia regional de la "Cuarcita Armoricana" que es usada como referencia tanto en Teledetección como en Geología del área estudiada.

Para los profanos en la Geología Regional, señalemos que esa unidad litoestratigráfica se caracteriza por:

- Presencia en casi todo el ámbito geográfico considerado
- Gran espesor (media 250-300 m) y bancos gruesos.
- Fuerte respuesta morfológica a la erosión, de modo que la práctica totalidad de las cadenas montañosas la tienen como núcleo o "espinazo".
- Gran pureza (>98% de Cuarzo) y alta cristalinidad homogeneidad y compacidad.
- Color muy claro (incluso de los particulares líquenes amarillos que la cubren frecuentemente).
- No genera suelos, siendo la unidad que menos densidad de vegetación soporta.

Por todo ello, la "Cuarcita Armoricana" es fácilmente discriminable mediante cualquier sistema de Teledetección. Además genera unas imágenes particularmente contrastadas en invierno (corte solana-umbría) al conjugarse favorablemente luz solar más rasante, menos biomasa herbácea y caducifolia, y orientación concreta de estructuras hercínicas y sus relieves asociados, respecto a la iluminación.

Mediante interpretación analógica de imágenes de I.R. térmico nocturno de H.C.M.M., pudimos comprobar (7) (8) la bondad del sistema para detectar la "Cuarcita Armoricana" antecitada. Los mejores resultados se obtenían en verano, hasta 5 horas después de la puesta del sol. El sistema H.C.M.M. se caracterizaba por un "pixel" desmesuradamente grande para el detalle de nuestra geología, pero por un alto poder de resolución térmica (0,4 ° aprox.) no expresable en material fotográfico. Casualmente, la gama de temperaturas elegida para su visualización por el operador, dejaba en el rango del "blanco absoluto" solamente la "Cuarcita Armoricana" y las grandes masas de agua continentales de gran inercia térmica, discriminando entre sí grandes cuerpos de agua marina de diferentes temperaturas, por una variada gama de grises.

6. CONCLUSION

6.1. Tendencias previsibles

Para una Geología Regional tan compleja en detalle, podría decirse que todo "pixel" es "demasiado grande y complejo". Sólo ciertas macrounidades monótonas (batolitos graníticos, "Cuarcita Armoricana", "Complejo Esquisto-Grauváquico) tienen en sus macroafloramientos abundantes "pixels" de similar respuesta y fácil clasificación.

De momento, no se prevé más salto cualitativo que el empleo generalizado de productos "tipo SPOT", y de vuelos fotográficos nuevos auspiciados por entes autonómicos. Por desgracia, no se vislumbra ningún plan sistemático estatal de Teledetección integral, y menos específico para la Geología que subyace a la cobertura vegetal, al suelo, y a sus usos, ya que cuando se realiza motivada por prospecciones petrolíferas y mineras, no interesa generalmente reconocer la superficie, sino el subsuelo, empleándose entonces métodos penetrativos acrotransportados como magnetometría o gravimetría.

6.2. "Desiderata"

Ante la anárquica investigación regional ligada a Teledetección (de la que la parte geológica es claro exponente), es patente la necesidad antexpuesta de un trabajo sistemático que utilice criterios uniformes y material uniforme a escala peninsular, aunque su escala y detalle no sean los idóneos. Ese "Plan" debería considerar una simbiosis entre metodología analógica y digital, ya que éstas tienen cometidos y aspectos intercomplementarios que les son privativos, y al final se termina interpretando una imagen más o menos elaborada, haciendo cartografía automática o manual, o dando datos estadísticos.

6.3. Recomendaciones

Nuestra experiencia en Geología del SW hispérico asistida por Teledetección nos indica la primacía de metodología analógica cuando se necesita poder de resolución alto o cuando la cobertura vegetal es fuerte y enmascara el sustrato rocoso, o cuando hay suelos bien desarrollados. Cuando exista un "censo" de vegetación asociada a cada unidad litológica (líquenes específicos de cada litología incluidos), la espectrometría delatará indirectamente el sustrato rocoso (de la misma manera por la que actualmente se detecta el contenido en cobre del suelo por la componente originaria, en color azul de la vegetación).

Hasta ahora, el tratamiento digital de imágenes ha dado resultados en grandes unidades de extensión y uniformidad compatibles con el tamaño de "pixel". Al descender drásticamente este tamaño (p.e. SPOT) se podrán abordar unidades menores.

Finalmente, señalar que hay multitud de productos visualizados a partir de barredores multiespectrales, que actualmente son despreciados por su antigüedad y obsoletos para muchos usos, pero que son útiles en Geología, menos cambiante. La comparación sistemática de secuencias de imágenes separadas en el tiempo, permite eliminar los elementos efímeros: biológicos, climáticos, o humanos (como carreteras, plantaciones, límites de fincas) que enmascaran el sustrato geológico.

BIBLIOGRAFIA:

- (1) Abalos, B.; Ramón Lluch, R.; Martínez Torres, L. M. (1989).- Lineament analysis on Landsat imagery in the Central Badajoz-Córdoba Shear Zone, Arguments for Brittle strain partitioning and block rotation under transpression. *Estudios Geológicos* 45: 361-367, Madrid.
- (2) Antón Pacheco, C. (1989).- Cartografía Digital de rocas en el área de Alburquerque -La Codosera, utilizando imágenes Landsat- Thematic Mapper.. *IIIª Reunión Científica del Grupo de Trabajo de Teledetección*. (Madrid) In litt.
- (3) Antón Pacheco, C.; Payas, A.; Gumiel, P.; Bel Lan, A.; García Lobón, J. L. (1987).- Exploración geológica mediante la utilización combinada de imágenes Airborne Thematic Mapper (ATM), Landsat TM y gravimetría en un área del Valle de La Serena (Badajoz). *IIª Reunión Científica del Grupo de Trabajo de Teledetección*. (Valencia): 13-14.
- (4) Antón Pacheco, C.; Payas, A.; Bel Lan, A.; Rowan, L. (1986).- Cartografía de aureolas de metamorfismo de contacto a partir de técnicas de clasificación de imágenes digitales Landsat- Thematic Mapper en diversas áreas del Macizo Hespérico. *Iª Reunión Científica del Grupo de Trabajo de Teledetección*. (Barcelona): 85-86.
- (5) Antón Pacheco, C.; Sanderson, D. J. (1989).- Use of Landsat Thematic Mapper data in mineral exploration. Alburquerque- La Codosera area, Southwest Spain. *Terra, A* 1: 131-132, Coimbra.
- (6) Bel Lan, A.; Locutura, J.; Antón Pacheco, C.; Gumiel, J. C. (1989).- Análisis integrado de imágenes LANDSAT, TM y Datos Geoquímicos en el área de Torremocha (Cáceres). (Póster). *IIIª Reunión Científica del Grupo de Trabajo de Teledetección*. (Madrid), 1 fig.
- (7) Herranz, P. (1981).- *Applications of HCMM images in Geology. Thermal Mapping, Geothermal Source location, Natural Effluents and Plant Stress in the Mediterranean Coast of Spain. Goddard Space Flight Center: 107-157, Greenbelt, Maryland.*
- (8) Herranz, P. (1981).- *Geological Analysis of HCMM Images. Thermal Mapping, Geothermal Source location, Natural Effluents and Plant Stress in the Mediterranean Coast of Spain. Goddard Space Flight Center: 99-106, Greenbelt, Maryland.*
- (9) Herranz, P. (1987).- Discordancia Intraprecámbrica en el Macizo Hespérico. *IIª Reunión Científica del Grupo de Trabajo de Teledetección*. (Valencia): (Póster).
- (10) Riaza, A.; García Casquero, J. L. (1989).- Cartografía de Rocas Intrusivas por medio de imágenes Thematic Mapper (Burguillos del Cerro, Badajoz). *IIIª Reunión Científica del Grupo de Trabajo de Teledetección*. (Madrid) in litt.