

Experiències d'AURENSA amb sensores multiespectrals aerotransportats

R. del Potro
J. Artieda

AURENSA Teledetecció, SA

Canal	Límits espectrals (μm)
1	0,42-0,45
2	0,45-0,52
3	0,52-0,60
4	0,605-0,625
5	0,63-0,69
6	0,695-0,750
7	0,76-0,90
8	0,91-1,05
9	1,55-1,75
10	2,08-2,35
11	8,50-13,0

Taula 1:
Finestres espectrals
del Daedalus AADS 1268

Introducció

Des de 1986 AURENSA ha incorporat en diversos estudis la utilització de dades provinents de sensors multiespectrals aerotransportats. Majoritàriament, en tots els estudis s'ha utilitzat el "Daedalus AADS 1268 multispectral scanner". Aquest sensor compta amb 11 canals, els límits dels avantatges espectrals associats a cada un dels quals es recull en la *taula 1*.

L'angle de visió instantània és de 2,5 mrad, i l'angle d'escombratge digitalitzat i la freqüència d'escombratge són variables modificables per l'operador. La freqüència d'escombratge, juntament amb la velocitat de l'avió i l'altura de vol, determinen la mida del píxel sobre el terreny. Amb aquest sensor, AURENSA ha pres imatges amb una mida de píxel des d'1 m fins a 8 m.

A continuació, es fa l'exposició d'una sèrie d'aplicacions típiques per a les quals AURENSA ha utilitzat els sensors multiespectrals aerotransportats. Aquestes aplicacions s'han dividit en tres grans famílies:

- Aplicacions amb un clar component mediambiental. S'estudien tant els casos de realització d'obres puntuals com els d'obres lineals.
- Aplicacions d'exploració minera.
- Diverses aplicacions, algunes imprevisibles, que s'han realitzat gràcies al fet que es disposava de les dades.

En cada un d'aquests punts s'analitzen els pros i contres que s'han trobat en la utilització de sensors multiespectrals aerotransportats.

Com a síntesi final, es recullen els avantatges i inconvenients d'aquesta tecnologia de manera general i quins, segons la nostra opinió, són els aspectes més importants d'aquest tipus de sensors que requereixen una solució més immediata, tant pel que fa a la presa d'imatges, com al seu processament.

Aplicacions mediambientals

AURENSA ha utilitzat els sensors multiespectrals aerotransportats en dos tipus de projectes amb un component clar d'anàlisi mediambiental. En tots dos projectes, l'objectiu és determinar l'emplaçament millor, en el primer cas per a una construcció puntual (abocador, instal·lació industrial, etc.), i en el segon per a una construcció lineal (autopistes, ferrocarrils, oleoductes, etc.).

Instal·lacions puntuals

En aquest tipus de treball és necessari, d'una banda, identificar les estructures que puguin afectar l'estabilitat geològica del subsòl, i de l'altra, qualsevol característica de la nova construcció que pugui alterar el control del sistema hidrogeològic. D'una manera explícita, els objectius específics són els següents:

- Identificació de falles, sistemes de fracturació i estructures neotectòniques.
- Identificació de fractures paral·leles a l'estratificació.
- Identificació de qualsevol moviment neotectònic en relació amb dipòsits quarternaris.
- La cartografia de zones d'alteració associades a fractures, indicació d'una possible circulació d'aigües subterrànies.
- Anàlisi de la xarxa de drenatge, tant regional com local, i l'efecte de la litologia sobre les aigües superficials.
- Identificació de qualsevol evidència d'erosió.
- Identificació de zones humides.

La interpretació de les imatges es fa sobre ampliacions fotogràfiques dels negatius resultants del processament de les dades originals. Habitualment, s'obtenen tant còpies en colors com en blanc i negre. La selecció de les bandes usades per a la preparació de negatius es basa, d'una banda, en una anàlisi estadística, tant monovariant



Foto 1:
Imatge obtinguda per combinació
RGB en fals color dels canals
10, 7, 4 preparada per a la seva
interpretació manual pels diversos
especialistes temàtics

com multivariant, i de l'altra, en un examen visual de cada una de les bandes.

Una combinació típica usada per a aquest tipus de treballs és la 10, 7, 3, la qual permet discriminar fàcilment les roques alterades de les roques sanes. Quant a bandes en blanc i negre, sempre s'ha trobat molt efectiva la utilització del canal tèrmic (banda 11).

En aquest tipus d'estudis, són dues les principals aportacions dels sensors multispectrals aerotransportats. La primera és la cartografia litològica, i molt especialment la d'alteracions, ja que si bé les litologies en general estan cartografiades perfectament, en la infraestructura bàsica del país, les alteracions no sempre ho estan a causa de la seva mida. La segona aportació dels sensors aerotransportats és el fet de disposar d'un canal tèrmic amb unes aplicacions molt clares en tots els temes relacionats amb l'aigua. Des del punt de vista de l'anàlisi estructural i geomorfològica, els sensors aerotransportats no hi aporten pràcticament res, especialment perquè estan mancats de visió estereoscòpica.

Instal·lacions lineals

A les aplicacions indicades en el punt anterior, en aquest tipus d'instal·lacions s'hi suma la necessitat de realitzar mapes d'usos del sòl molt detallats. Tant la resolució espectral, com espacial, dels sensors aerotransportats faciliten en molts aspectes la realització d'aquest tipus de mapes.

La realització d'aquest tipus de presa de dades abans de començar la construc-

ció de l'explotació d'obres lineals presenta enormes avantatges, no solament perquè ajuden a seleccionar el millor traçat, o almenys a prendre mesures que minimitzin l'impacte ambiental, sinó perquè també contribueixen a disminuir els possibles riscos que puguin aparèixer tant en la construcció com en l'explotació de l'obra. Un altre aspecte important que cal tenir en compte és que la presa d'imatges permet crear un arxiu de la situació inicial, amb la qual cosa amb el pas del temps es tindrà amb què comparar i, per tant, es podran estimar i, fins i tot, calcular d'una manera objectiva els danys o beneficis introduïts per l'obra en el medi natural. Això és especialment important quant a l'evolució de l'estat de la vegetació, molt especialment a causa del fet que els canvis poden ser molt lents.

Per seleccionar el corredor "òptim" per a la creació d'una infraestructura lineal, sense cap dubte es necessita la superposició de molts tipus diferents d'informació i, per suposat, la provinent dels sensors aerotransportats. Fer-ho amb aquests darrers, però, és una tasca laboriosa, costosa i difícilment arriba a uns nivells de qualitat tan sols acceptables, per la qual cosa si es vol fer la superposició, cal fer-ho a mà.

Aplicacions d'exploració minera

Les aplicacions d'exploració minera són un clàssic dins de la literatura de sensors multispectrals aerotransportats i AURENSA ha realitzat, directament o indirectament, diverses aplicacions. En



© AURENSA

general, en exploració minera la teledetecció s'usa per dues vies: la primera és l'anàlisi estructural, la segona, l'anàlisi espectral de les alteracions que introdueixen determinats processos mineralitzadors o de litologies particulars associades a mineralitzacions.

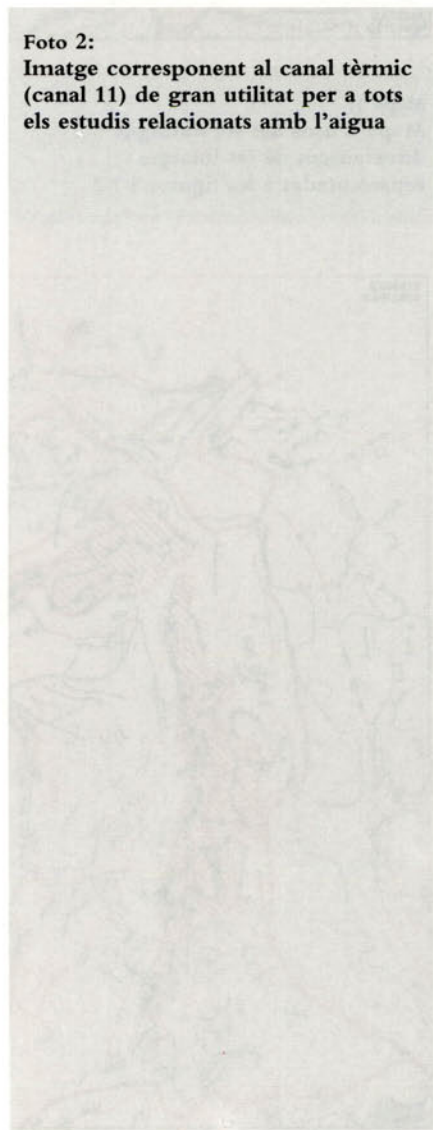
Pel que fa a l'anàlisi estructural, en general, la utilització de sensors aerotransportats no reporta cap avantatge davant de la fotografia aèria tradicional i, en cap cas, n'és un substitut, sinó que en tot cas n'és un complement. En general, les imatges preses no tenen visió estereoscòpica i presenten nombroses distorsions geomètriques difícilment corregibles. Aquest tipus d'imatges tampoc presenten els avantatges de les imatges satèl·lit que poden cobrir extensions de terreny àmplies i, per tant, poden visualitzar grans accidents que, en fotografia aèria convencional, no són observables fàcilment. Una de les poques aportacions dels sensors multispectrals a l'anàlisi estructural és la classificació d'estructures, principalment per dos fets. El primer és la possible circulació d'aigua per les estructures i el segon, les possibles alteracions associades. Aquesta feina de classificació d'estructures determinades en fotografia aèria convencional es troba amb el gran inconvenient de no poder superposar les dues informacions diferents per clars problemes de correcció geomètrica.

L'anàlisi espectral presenta, en canvi, nombrosos avantatges en relació amb tècniques més clàssiques. Com sempre, són dues les majors aportacions dels sensors

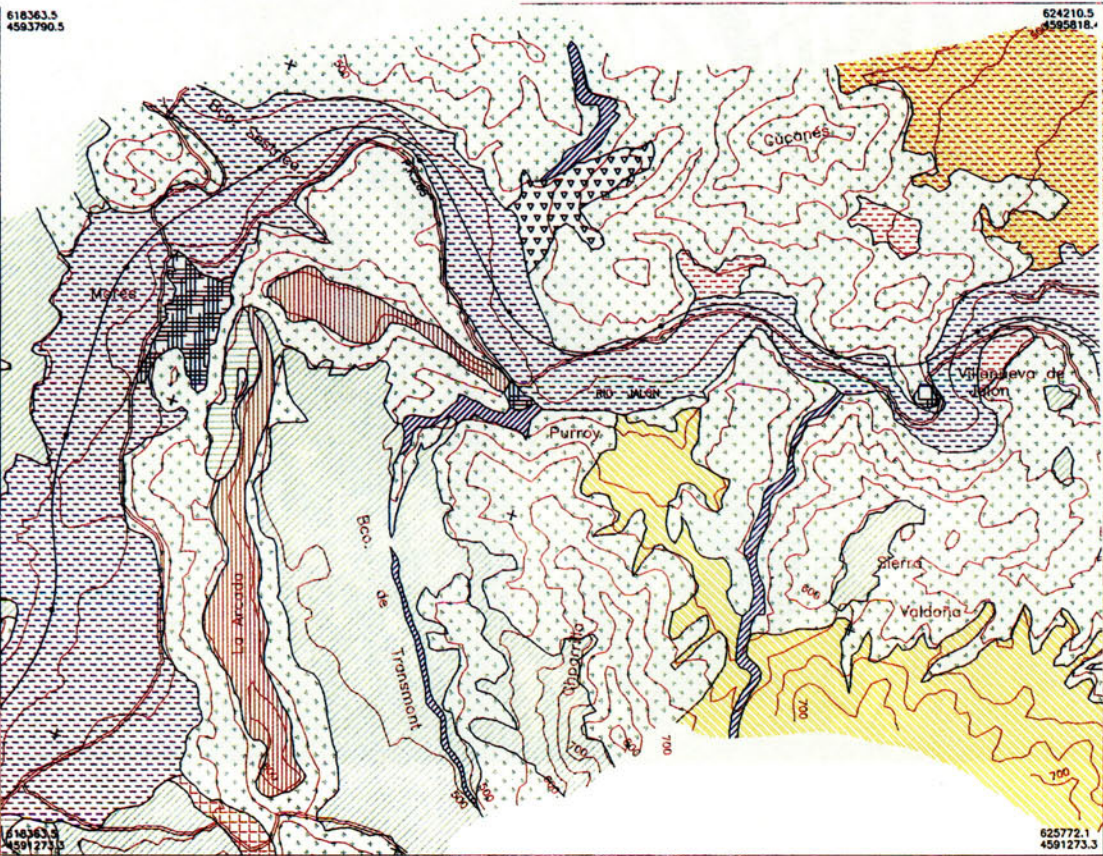
multispectrals aerotransportats, la resolució espectral i l'espacial. Aquestes dues característiques permeten cartografiar amb un detall més gran tant la geometria de l'alteració o de la litologia, com els diversos nivells dins d'aquesta. Algunes de les aplicacions desenvolupades es poden classificar com a espectaculars, ja que determinen amb precisió fenòmens que fins ara s'observaven a través de tècniques de microscòpia. Aquest és el cas del metamorfisme de contacte generat per la intrusió de cossos granítics a la seva roca d'encaix, on és possible establir una relació entre la resposta espectral i el grau de metamorfisme sofert, en la qual es pot arribar a estimar la profunditat del cos intrusiu. Un altre cas clàssic, estudiat àmpliament, és el de les alteracions hidrotermals d'origen volcànic, que són buscades per les seves lleis en or i plata. Un últim cas és el de recerca de xemeneies volcàniques perquè són fonts de mineralitzacions. Aquí no es busca una alteració, sinó una litologia concreta associada a les xemeneies volcàniques, a les quals, al seu torn, van associades mineralitzacions.

L'experiència d'AURENSA en el procés espectral de sensors aerotransportats a l'explotació minera ensenya la necessitat de tenir definida clarament una estratègia de processament i correlar les dades espectrals amb mesures més convencionals realitzades directament sobre el terreny. Aquesta filosofia es converteix en absolutament imprescindible segons que augmenta el nombre de canals disponibles.

Foto 2:
Imatge corresponent al canal tèrmic (canal 11) de gran utilitat per a tots els estudis relacionats amb l'aigua



618363.5
4593790.5



618363.5
4593790.5

625772.1
4591273.3

USOS DEL SUELO

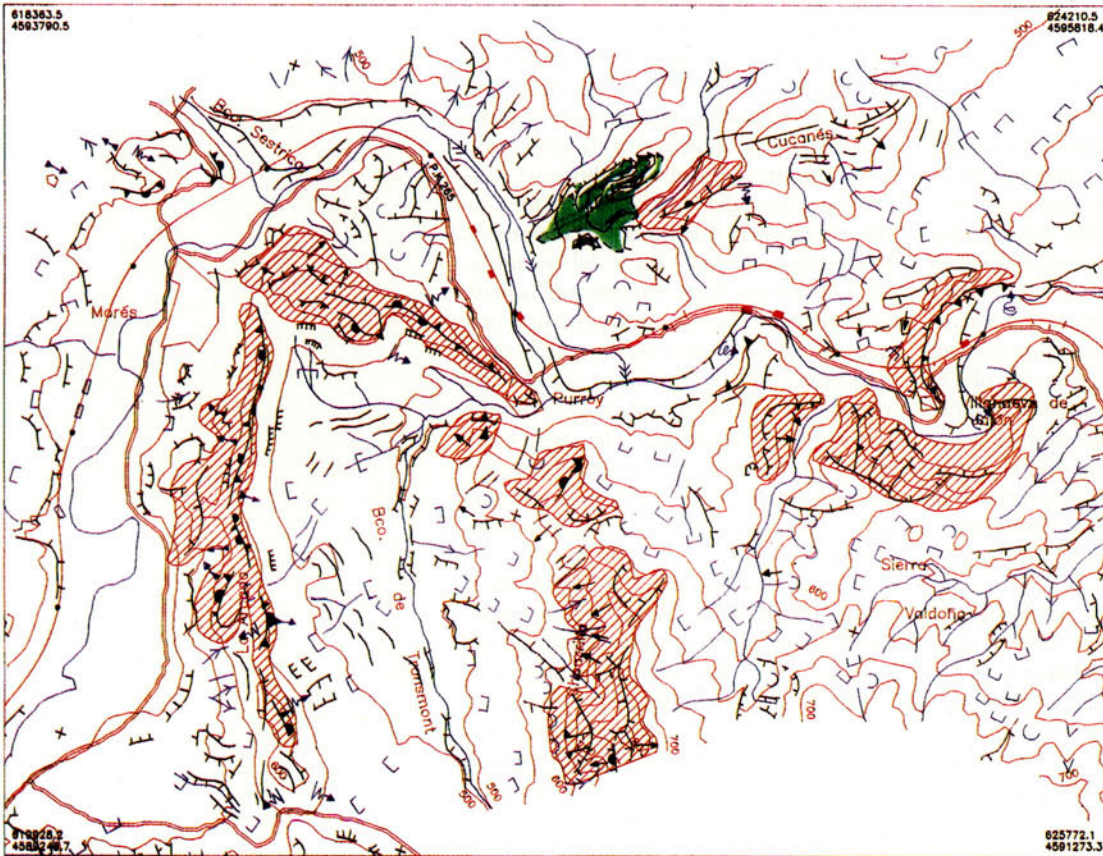
Legenda

- URBANO E INDUSTRIAL
- REGADÍO
- SECANO
- SECANO TECNIFICADO
- ENCINARES
- VEGETACION DE RIBERA
- IMPRODUCTIVO O SUBSTRATO ROCOSO
- CULTIVOS ARBOREOS MEDITERRANEOS
- NATURAL Y MONTE BAJO
- VIÑEDOS
- ESCOMBRENAS Y CANTERAS
- AGUA
- PINARES

Mapa 1:
Mapa d'usos del sòl obtingut
directament de les imatges
representades a les figures 1 i 2

Mapa 2:
Mapa geomorfològic. Per a
l'obtenció d'aquest mapa s'ha
utilitzat conjuntament imatges ATM
i fotografia aèria convencional

618363.5
4593790.5



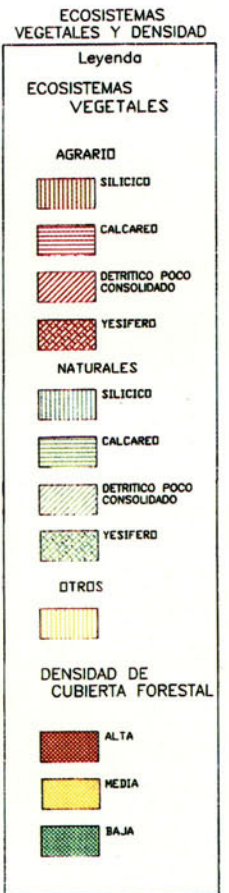
618363.5
4593790.5

625772.1
4591273.3

GEOMORFOLOGIA

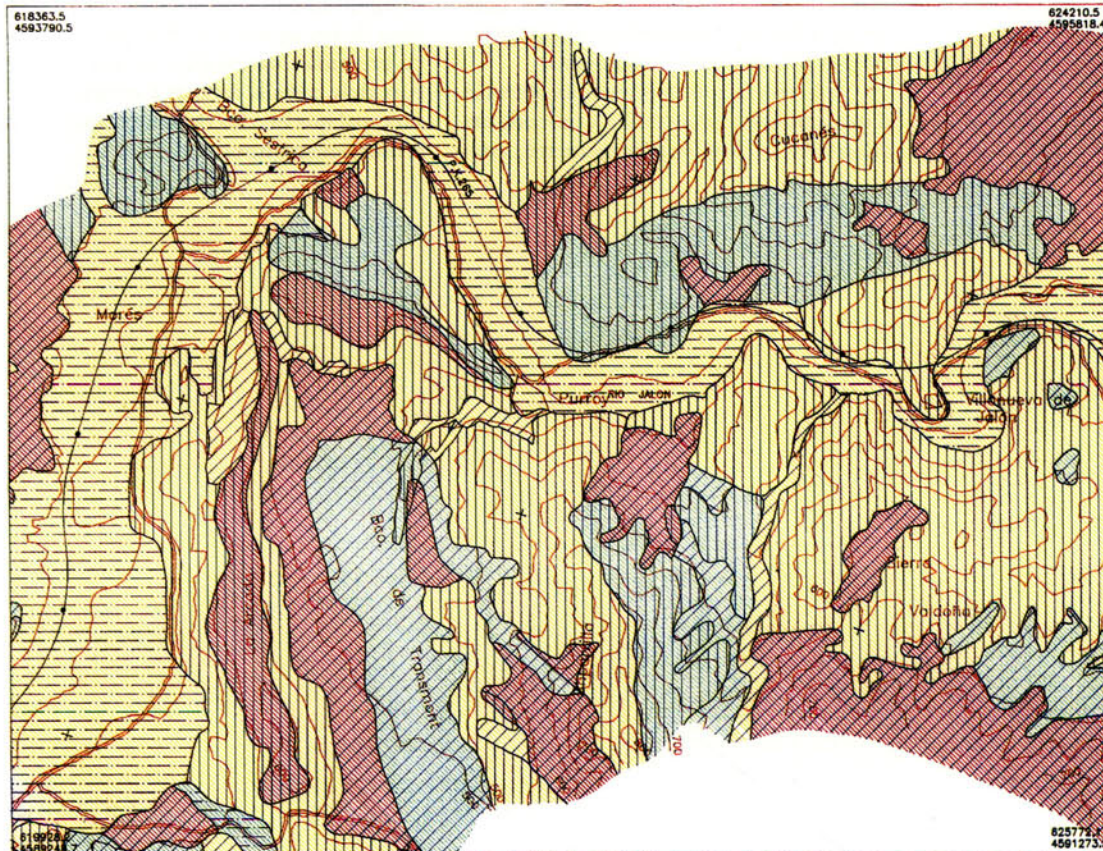
Legenda

- RED DE DRENAJE**
- CURSOS DE AGUA
- CAUCE ABANDONADO
- PALEOCANAL
- SOCACION LATERAL
- VALLE DE FONDO PLANO
- VALLE EN U
- VALLE EN Y
- ZONA DE CIRCULACION DEPENDIENTE
- EROSION**
- ESCORRIMENTA DIFUSA
- ESCORRIMENTA CONCENTRADA
- CANGRIS O "BADLANDS"
- FORMAS ANTROPICAS**
- CONSTRUCTIVAS**
- ATERRAZAMIENTOS AGRICOLAS O BANCAL
- ESCOMBRENAS
- DESTRUCTIVAS**
- TRINCHERAS O ZANJAS
- CANTERAS
- CANALES
- MORFOGRAFIA**
- DIVISORIA, CRESTA
- ESCARPE > 75m.
- ESCARPE DE 25 A 75m.
- ESCARPE < 25m.
- PARED RIFORME
- VOLCANIZO, BALSA
- RASGOS ESTRUCTURALES**
- CAPA DURA SUBVERTICAL "MOROGIC"
- LINEA DE CAPA DURA
- SUPERFICIE ESTRUCTURAL
- ESTRUCTURA DESFAVORABLE
- GRAVEDAD**
- CANCHALES
- REPTACION, SOULFLOJION
- DESPLAZAMIENTOS MASIVOS
- MOVIMIENTOS EN MASA
- KARST**
- HUNDIMIENTO 1/0 COLAPSO
- ZONAS DE RIESGO**
- ZONAS DE RIESGO



Mapa 3:
Mapa d'ecosistemes vegetals i densitat. Aquest mapa s'ha obtingut per superposició d'altres mapes temàtics i aporta informació bàsica per a realitzar estudis d'impacte ambiental

Mapa 4:
Mapa d'erosionabilitat i qualitat de sòls. A l'igual que el mapa anterior, s'ha obtingut per superposició de mapes previs. Aquests tipus de mapes són útils tant per a l'estudi d'impacte ambiental com per als estudis de l'enginyeria de l'obra





Altres aplicacions

En aquest apartat es recull una sèrie d'aplicacions, més o menys curioses, que s'han dut a terme emprant imatges obtingudes per sensors aerotransportats, però que difícilment, i especialment per raons econòmiques, s'haguessin realitzat sense disposar ja d'imatges preses per altres motius.

La primera aplicació és la localització de possibles emplaçaments per a la realització de sondejos de captació d'aigua subterrània en medis no porosos. En aquest cas es fa ús de la informació de la banda tèrmica per determinar les fractures per les quals circula aigua. Això és possible ja que aquesta circulació genera una disminució de temperatura en imatges diürnes. D'aquesta manera, es determinen les fractures amb més potencial o els punts d'encreuament de diverses fractures.

La segona és una aplicació arqueològica, la localització d'antigues explotacions mineres (romanes). Les activitats mineres, generalment, són localitzables de manera fàcil, perquè introdueixen clares pertorbacions en el paisatge. Malgrat això, si les explotacions són molt antigues, petites o han sofert erosió, no presenten cap tret geomorfològic que en permeti una localització fàcil. Això no obstant, generalment, es generen al voltant de sòls clarament contaminats que continuen pertorbant, més de 2 000 anys després, la vegetació. La utilització de dades de Daedalus permet cartografiar clarament l'antic runam d'acord amb les pertorbacions introduïdes en la vegetació per sòls altament contaminats.

La tercera aplicació és la localització d'una canonada sencera. La canonada era de PVC, d'uns 5 cm de diàmetre i esta-

va enterrada a una profunditat entre 20 i 50 cm. La canonada és clarament visible en les imatges de la banda tèrmica, ja que al llarg de tot el seu recorregut s'observa una baixada tèrmica. Per la canonada circulava aigua, fet que permet localitzar-la en els trams d'interès, sense cap problema.

Conclusions

Com a conclusió final, es pot dir que AURENSA considera d'enorme utilitat disposar de dades multiespectrals aerotransportades i és un complement clar d'altres tècniques de teledetecció, especialment en aquells casos on es necessita una resolució espacial i/o espectral més gran, o on les condicions de la presa d'imatges han de ser molt concretes en el temps.

Ara bé, aquests sensors presenten dos clars problemes que s'han de resoldre si se'n vol aconseguir un desenvolupament més gran: el primer és la necessitat que els productes tinguin característiques geomètriques que permetin la superposició d'aquesta informació amb qualsevol altra, així com també la generació de mosaics. El segon problema és que les dades estiguin corregides espectralment. A mesura que augmenta el nombre de canals disponibles, es fa més imprescindible comptar amb tècniques de processament de dades que permetin correlacionar les dades espectrals amb mesures sobre el terreny, o bé de qualsevol altre tipus, anàlisi química, anàlisi mineralògiques, etc. Com s'ha pogut veure al llarg de tot aquest treball, la banda tèrmica presenta una enorme utilitat en bona part dels treballs revisats i creiem que és un canal que no s'ha de desaproveitar en cap sensor aerotransportat.



BUTLLETA DE SUBSCRIPCIÓ

Nom _____ NIF _____

Professió _____ Adreça _____

Ciutat (_____) _____ Telèfon _____
CODI POSTAL

Vol subscriure's a **Terra**. Revista Catalana de Geografia, Cartografia i Ciències de la Terra com a:

- subscriptor numerari (públic i institucions en general)
- subscriptor corporatiu educacional (universitats, escoles)
- subscriptor en formació (cal adjuntar fotocòpia de la matrícula)

La subscripció l'abonarà mitjançant:

- taló, conformat a nom de l'Institut Cartogràfic de Catalunya
- domiciliació bancària, per a la qual adjunta lletra signada donant l'ordre de pagament al Banc o Caixa

_____ a _____ de _____ de 199 _____

Signatura



BUTLLETA DE SUBSCRIPCIÓ

Nom _____ NIF _____

Professió _____ Adreça _____

Ciutat (_____) _____ Telèfon _____
CODI POSTAL

Vol subscriure's a **Terra**. Revista Catalana de Geografia, Cartografia i Ciències de la Terra com a:

- subscriptor numerari (públic i institucions en general)
- subscriptor corporatiu educacional (universitats, escoles)
- subscriptor en formació (cal adjuntar fotocòpia de la matrícula)

La subscripció l'abonarà mitjançant:

- taló, conformat a nom de l'Institut Cartogràfic de Catalunya
- domiciliació bancària, per a la qual adjunta lletra signada donant l'ordre de pagament al Banc o Caixa

_____ a _____ de _____ de 199 _____

Signatura

Secretaria de

Terra. Revista Catalana de Geografia, Cartografia i Ciències de la Terra

INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA

Carrer de Balmes, 209-211

Telèfon (93) 218 87 58

08006 BARCELONA



Generalitat de Catalunya

Departament de Política Territorial i Obres Públiques

Institut Cartogràfic de Catalunya

Secretaria de

Terra. Revista Catalana de Geografia, Cartografia i Ciències de la Terra

INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA

Carrer de Balmes, 209-211

Telèfon (93) 218 87 58

08006 BARCELONA



Generalitat de Catalunya

Departament de Política Territorial i Obres Públiques

Institut Cartogràfic de Catalunya