

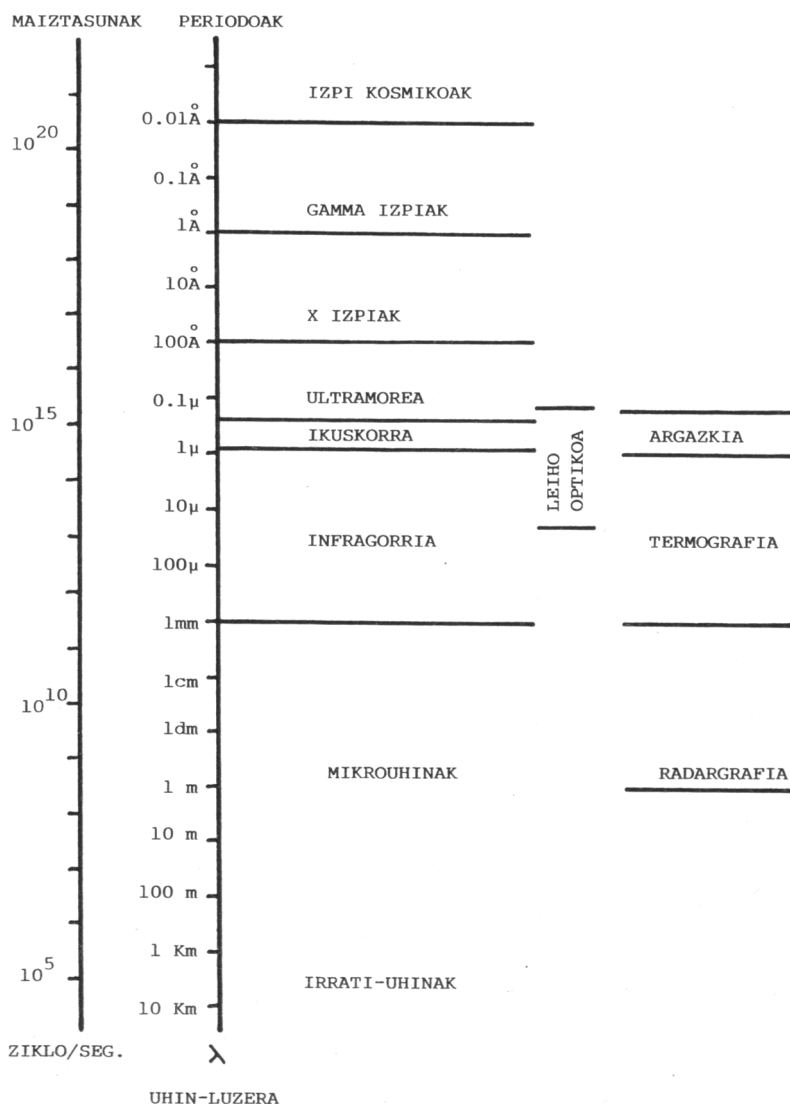
# TELEDETEKZIOA

L.M. Martinez-Torres, R. Ramón-Lluch eta Luis Eguiluz

*Teledetekzioa objektu edo fenomeno batetik datorren energia somatzeko teknika da, fenomeno edo objektu horrekin kontakturik ez dagoelarik. Honen barnean gehien erabiltzen den teknika, fotointerpretazioa da; hau da, objektuak identifikatzeko eta beren adierazgarritasunaz jabetzeko irudi fotografikoak aztertzea.*

Teledetekzioaren definizioa kontutan hartuz, zenbait teknika geofisiko sartuko litzateke honen barnean: he-

gazkin, satellite edo itsasuntzietatik egindako neurketa sismiko, elektriko edo magnetikoak hain zuzen ere. Hala ere, teknika geofisikoak eta teledetekzioa bereizten errazak dira darabiltzaten eremu elektromagnetiko desberdinak kontutan hartzen baditugu. Geofisikak ultramoreak baino uhin-luzera txikiagoko erradiazioak (X eta gamma izpiak) edo luzeagokoak (irradiuhinak) darabiltzan bitartean, teledetekzioak uhin ultramore eta mikrouhinen arteko luzeretan bakarrik du bere eragina. Horrela izanda, teledetekzioaren definizioa 0,25 mikra eta 9 mm-ko uhin-luzeren arteko espektror-eremuan mugaturik dihardu (1. irudia).



## ERRADIAZIO ELEKTROMAGNETIKOA

Erradiazio elektromagnetikoa, arlo bikoitzak (elektrikoak eta magnetikoak) osatzen du; arlo hau iharduera atomikoen ondorioa da. Materia eta uhin elektromagnetikoen arteko elkarrekintzak erradiazio berriak sortzen ditu. Hauek, tartean hartutako materiaren propietate elektriko eta magnetikoak isladatzen dituzte. Uhin hauen izaera eta tamaina dira teledetekzioaren ikasgaiak.

Baina espektror elektromagnetikoaren zabaleratik teledetekzioak, orain-

1. irudia: Espektror magnetikoa eta teledetekzioaren hiru eremu zabalak, argia, termografia eta radargrafia.

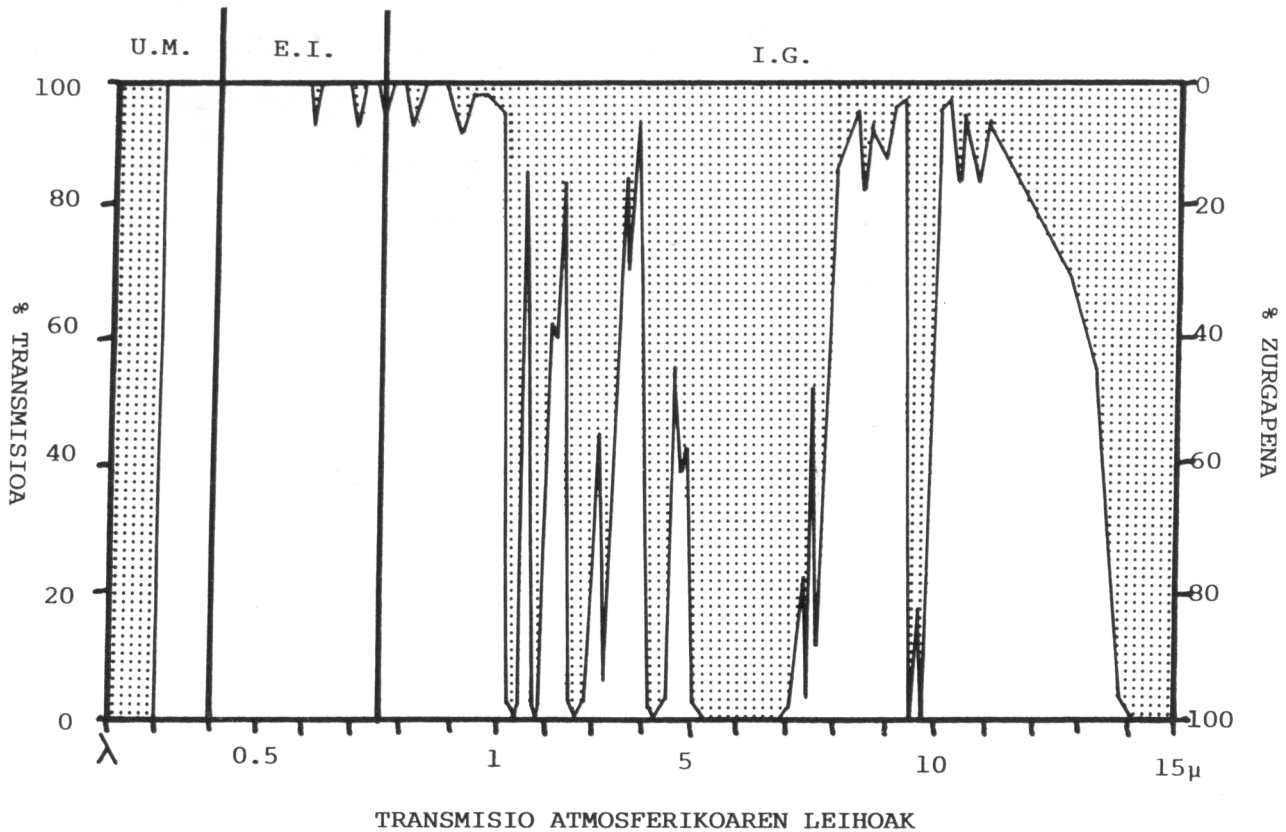
\* Egileek Euskal Herriko Unibertsitateko Geodinamika sailean egiten dute lan.

goz behintzat, *leiho atmosferikoak* izeneko banda estu batzuk bakarrik erabil ditzake.

## TELEDETEKZIOAREN ELEMENTUAK

Leiho hauek atmosfera osatzen duten osagaiak izan dezaketen uhin elektromagnetikoen zurgapen-ahamenaren ondorio dira (2.irudia). Leiho atmosferiko haue-

Teledetekzioa osatzen duten lau osagai nagusienak hauek dira: energiaren iturria, informazio-unitatea, plataforma eta sentsorea (3. irudia).



2. irudia. Transmisio atmosferikoaren leihoak; uhin elektromagnetikoaren zurgapena  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O$ ,  $O_3$  eta  $O_2$  elementuez osaturiko atmosferaren kasuan.  
 UM = ultramorea  
 EI = espektro ikuskorra  
 IG = infragorria

tan murrizturik, teledetekzioak objektuak emandako energia aztertzen du. Energiaren jaulkipen era gehienbat hiru modukoa izan daiteke: berezkoa, isladatua eta eragindakoa.

Erradioaktibitatea, gamma izpiak bereziki, *berezko* energiaren jaulkitze era da, energi jaulkitze hau objektu beretik datorrelarik. Argiaren *isladapena*, objektuen isurpen energetikoaren forma pasiboa da.

Infragorrian somatutako uhin-luzerak, *eragindako* energiaren jaulkitze-forma dira. Energia hau berotzeak sortzen du, zeinak, bide batez, molekulen bibrazio somagarriak sortzen bait ditu.

Energi iturria, printzipioz, eguzkia da, eta eguzkitiko-energia aztertu behar den objektuan isladatu egiten da, objektua bera ere berotuz.

*Informazio-unitatea* puntuala, lineala edo gainazalekoa izan daiteke. Azken hau da erabiliena.

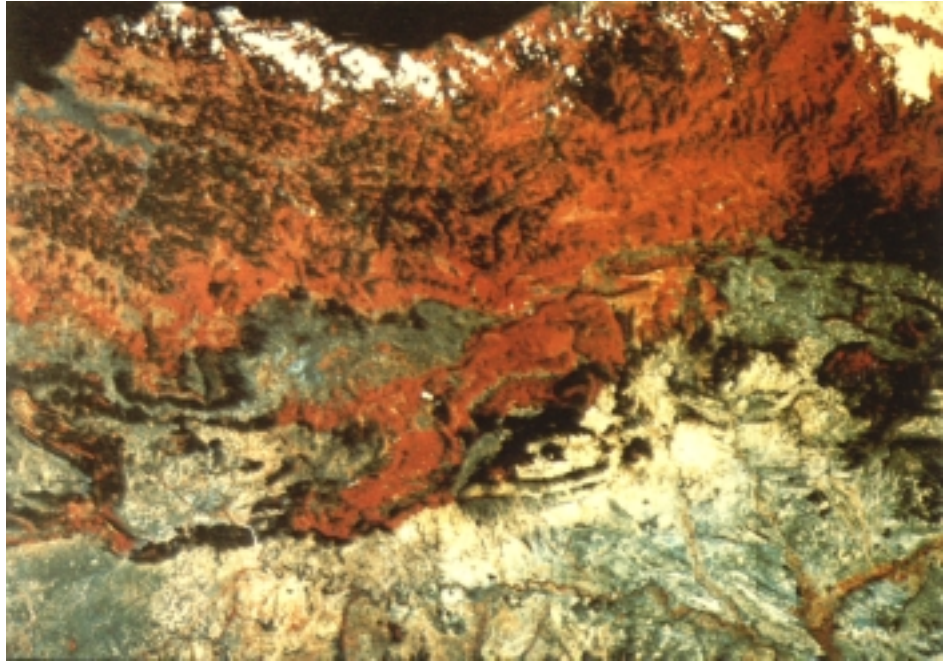
Oinarrizko gainazala osatzen duten objektu guztiek, erradiazioak hedatzen dituzte eta hauek datu bakar batean biltzen dira.

Plataformak detektagailuari eusten dio eta azken honek informazio-unitatetik datorren energia jasotzen du. Informazio-unitaterik erabilienak hegazkinak eta sateliteak dira.

Sentsorea, erradiazio elektromagnetikoak kaptatzen dituen tresna da. Sentsore hauek bi motatakoak izan daitezke: eraginkorrak eta geldoak.

### 1. argazkia.

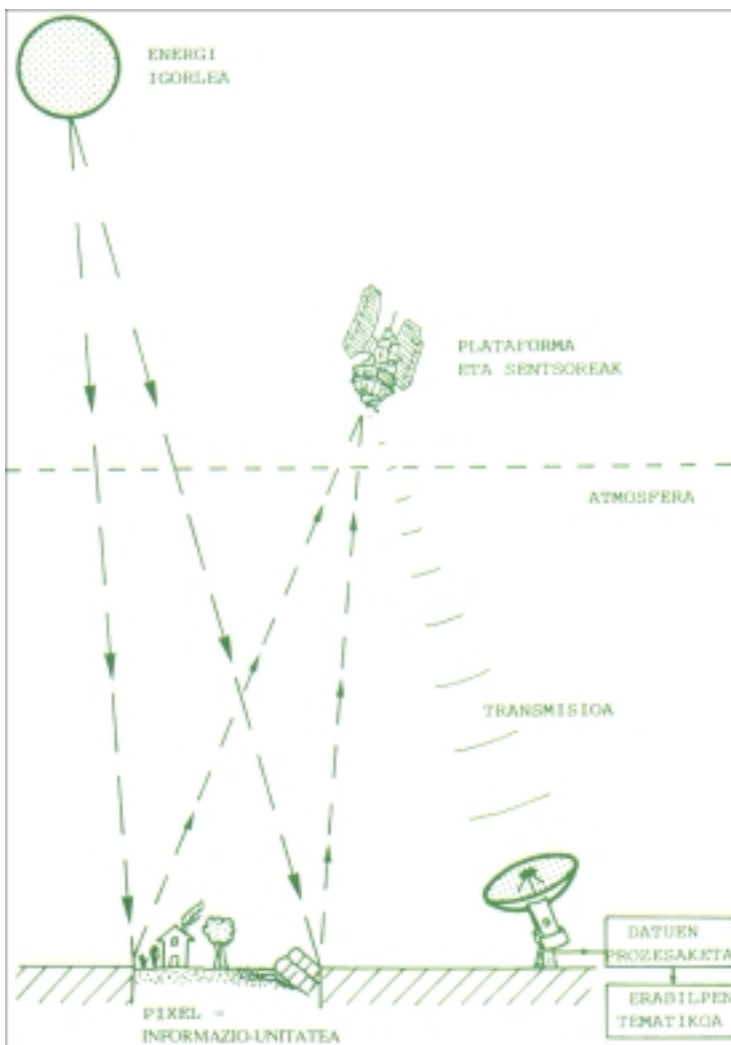
Euskal Herriaren kolore faltsuko irudia, hau da, gorri, berde eta infragorri hurbilari dagozkien banden gainezarmenak sortutakoa. Ebro ibaiaren sakonguneko ondo definituriko estruktura geologikoetaz gain —kolore argiekin—hosto erorkorrezko landarediari dagozkion kolore gorriskak nabarmetzen dira; baita hosto iraunkorrezko landareriadi dagozkion gorri ilun eta beltzaren arteko tonuak ere. Itsasertzetik gertu ikusten diren gune zuriak, hodeiak dira.



- a) Lehenengok energia igortzen dute eta energia hori, objektuarekin topo eginez gero, itzultzen denean somatu egiten dute. Gehien erabiltzen den tresna, radarra da.

Euskal Herriko radargrafiak gure eskuetan ez daudenez, ez dugu teknika hau kontutan hartuko.

- b) Bigarrenek, hots, geldoek, informazio-unitateek bidaltzen duten energi kantitatea neurtzen dute. Egun, gehien erabiltzen direnak argazki-makina, telebista-kamera eta skanerra (*azterketa multiespektral*erako tresneria delakoa) dira.



3. irudia. Sentsore geldoen bidezko teledetekzioa osatzen duten elementu nagusien oinarritzko eskema. Satelitea-ren ordez hegazkina erabil daiteke plataforma gisa.

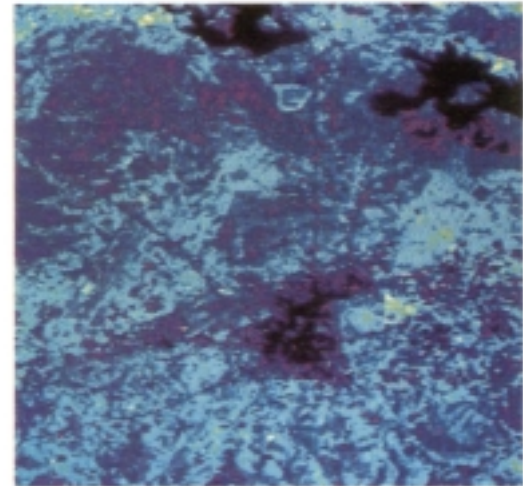
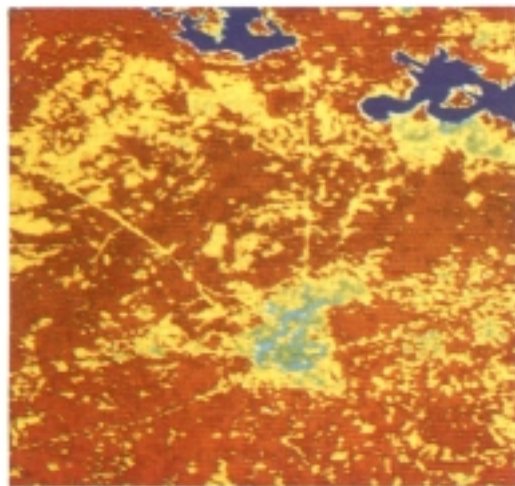
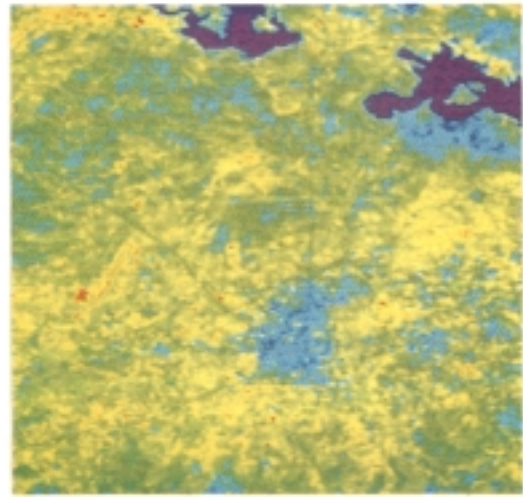
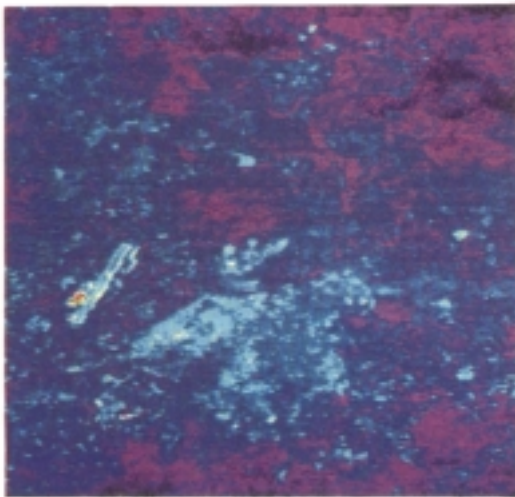
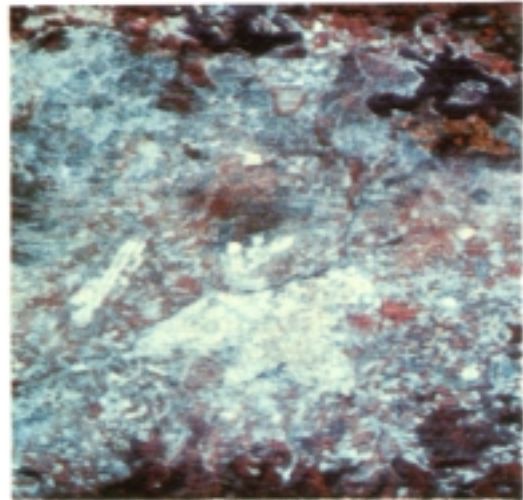
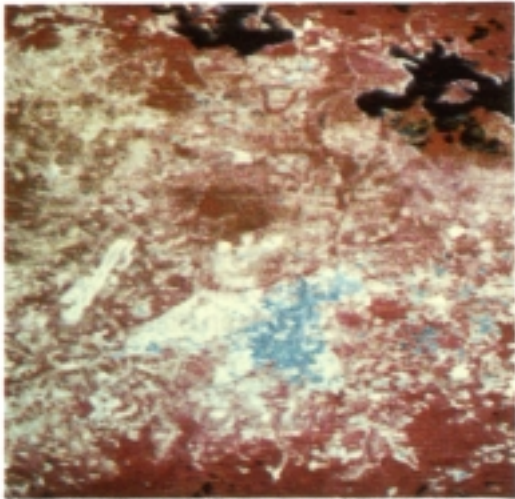
## ARGAZKI-MAKINA

Teledetekzioaren hasiera izan zen eta oraindik sentsorerik erabiliena da. Fotografiaren garapenean hiru faktorerik eraginkorrenak hauek dira: objektiboa, pelikularen garauaren tamaina eta emultsio-mota.

Gure artean oso erabilia izateaz gain horri buruzko bibliografia ugaria denez, ez dugu honetaz informazioa luzatuko.

## TELEBISTA-KAMERA

Teledetekzioan erabiltzen diren telebista-kameren funtsa, telebista komertzialen berbera da. Huts-hodi batez eta pantaila multizelularrez osaturik dago. Panel hau pintzel elektronikoak sigi-saga azkar batez korritzen du. Pintzelak zelula fotosentikorren gainean duen eraginaren in-



## 2. argazkia: Gasteiz

LANDSAT 4-ko MSS sentsoreak egindako kolore faltsuko irudi digitzeko argazkia; 1983.eko uztailaren 21ean egin. Leku berari dagozkion argazki hauetan, Gasteiz hiriko eta bere inguruko elementu berezkoak edo artifizialak intentsitate handiago edo txikiagoaz desberdintzen dira.

Banda edo sartutako funtzioaren arabera, elementu batzuk besteak baino gehiago bereizten dira edo alderantziz. Adibidez: geologia, urak, landaredia, lurrak, lan publikoak, etab. Tratamendu digitala erabili gabe, lurraren okupazioaren oinarriko azterketa egin daiteke, lurra osatzen duten unitate desberdinak, unitate hauen garapena eta beraien arteko elkarrekintza mugatuz.

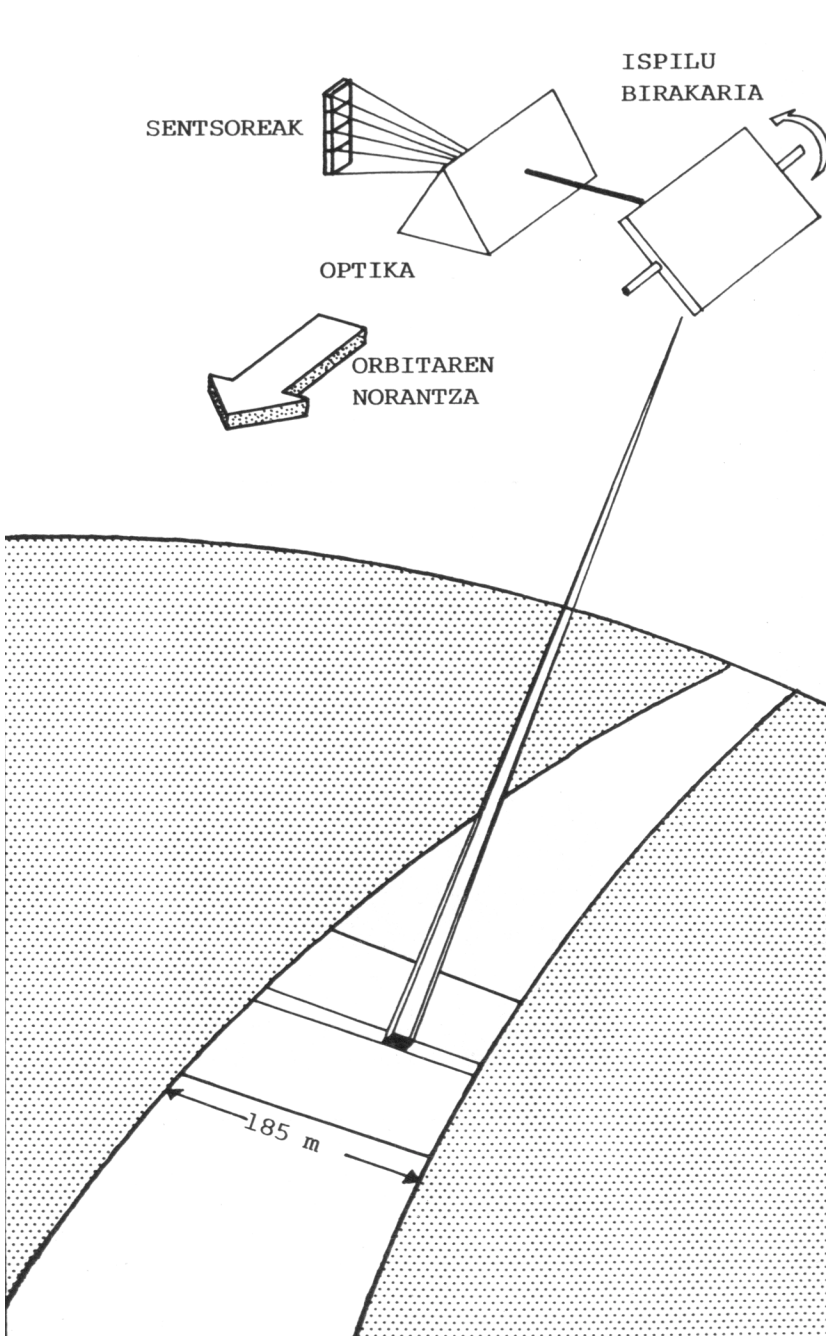
tentsitatearen arabera, argi-uhinen jaulkitze desberdinak gertatzen dira. Irudi-hartzearen prozesua berdina da.

Hodi-mota desberdinak izaten dira zelula fotoigorle edo fotoeroaleez horniturik. Zelula hauek (ultramoreak, ikuskorrek eta infragorriak) espektroaren banda desberdinetan eragin dezakete. Lortutako irudiak Lurrera bidali eta *bideotape*an grabatzen dira, edo plataforman bertan erregistratzen dira. Geroago, banda magnetikoak tratatu eta aztertu egiten dira. Sentsore honen aplikazioen bat gure artean oso ezaguna da: METEOSAT sateliteak bidalitako irudiak. Satellite honek orbita geoگونkorrara duenez, Lurretik 36.000 km-ko altueran posizio finkoa dauka eta hodei-masen bilakaerari buruz irudiak etengabe eskaintzen ditu.

## SKANERRA EDO AZTERGAILU MULTIESPEKTRAL DELAKOA

Nahiz eta skaner-mota desberdinak izan, LANDSAT sateliteek (NASAK egindakoek) garraiatzen dituzten mekanismoak laburki deskribatuko ditugu, zeren orain arte unti hauek ematen duten informazioa bait da erabili-ena eta gainera Lurra aztertzeko beste satellite batzuk eraikitzeke balio izan bait dute.

Laburki esanda teledetekzio-sateliteak duen mekanismoa, ispilu birakaria, optika eta detektatzaile batzuetan datza (4. irudia).



Ispilu aztertzailleak sateliteak daraman desplazamenduaren norabidearekiko ardatz paralelo baten inguruan oszilatzen egiten du.

Ispiluaren abiadura angeluarraren eta satelitearen abiaduraren arabera, eremu-zerranda desberdinak sentsoreetara jaso eta azterzea posible da; Landsat sateliteetan eremu-zerranda hau 185 km-koa da.

Sistema optiko konplexu batek, ispluari erasotzen dion energia iragazi eta hautatu egiten du. Energia hau aztertu den eremu-zerrandak bidaltzen du. Sistema optikoan iragazitako uhin elektromagnetikoak sentsoreetan jasotzen dira. Espektroaren banda bakoitzarentzat sentsore desberdinak erabiltzen dira.

Horregatik, ultramore eta espektro ikuskorarentzat siliziozko detektatzaileak erabiltzen dira eta infragorriarentzat merkurio-kadmio-telurozko detektatzaileak. Satelitearen arabera 4, 5 edo 7 sentsore garraiatzen dira. Hauek banda izeneko uhin-luzera zehatzak detektatzen dituzte. Banda bakoitzean sentsore bakoitzak detektatzen dituen energia desberdinak, bulkada elektriko bihurtzen dira. Mikrovoltetan neurtutako aldakuntza hauek, Lurrera bidaltzen dira anpliatzeko eta erregistratzeko.

4. irudia. LANDSAT satelitean garraiatutako skanerraren osagai nagusien eskema. Orbitan aztertutako zerrandaren gainean (zurian) pixel batek detekzioa azaltzen da.

Aztergailu multiespektralak detektatzen duen gainazaleko informazio-unitateak, *pixel* (picture element) izena hartzen du. Pixel bakoitzean sintetizatzen den informazio-azalera aldakorra da satelite bakoitzean: *Landsat* sateliteetan 79 m x 57 m da azalera.

Beste faktorerik kontutan hartu gabe, pixelek skanerren bereizmen-ahalmena definitzen digu; Landsat-etan 79 m-koa litzateke, hau da, 79 m baino handiagoa den edozein objektu detektagarria da, gertatzen den irudian.

Duela gutxi bidalitako SPOT satelite frantsesak, 30 m-raino mugatu du bereizmen-ahalmena. Ezagunak dira askoz ere neurri txikiagoko bereizmen-ahalmena duten satelite militarrek ere.

## APLIKAZIOAK

---

Teledetekzioaren aplikazioak ugari dira. Adibide gisa eta skanerra bakarrik kontutan hartuz, LANDSAT 4 eta LANDSAT 5-ek garraiatzen duten TM sentsorearen aplikazioa aipatuko dugu. Zenbait banda konbinaturik egin daitezkeen aplikazio posibleak kontutan hartu gabe, banda bakoitzerako aplikaziorik aipatzen diren hauek dira:

- 1 Banda: Itsasertzeko uretako kartografia, lurra eta landaretzaren arteko desberdintasuna, landare hostotsu eta konifero-hostoen desberdinketa.
- 2 Banda: Isladapen-neurketak, berdearen uhin-luzeretan, eta landaretzaren osasunaren egoerari buruzko informazioa.
- 3 Banda: Klorofilaren zurgapenean oinarrituriko landare-mota desberdinen arteko desberdinketa.
- 4 Banda: Ur-masak mugatzen ditu.
- 5 Banda: Hodeiak eta elurra bereizten ditu, luraren hezetasuna eta landaredia neurtzen ditu.
- 6 Banda: Infragorri termikoan kokaturiko banda; kartografiak eta irudi termalak lortzen dituelarik, landaretzaren stressari buruzko berri ematen du eta geologi arloan interesgarri diren datuak ematen ditu.
- 7 Banda: Haitz-motak bereizten ditu eta kartografia hidrotermala errazten du.

Bandak bakarka erabiltzea oso interesgarria bada ere, zenbait banda konbinaturik erabiltzeak irudian ikusitako fenomeno eta objektuak zehaztasun handiz bereiztea lortzen du.

Funtzioak, matrizeak eta beste eragiketa matematikoak irudian sartu ahal izateak, informazio-unitateak

hobetu edo/eta bereizteko programak burutzea lortzen du. Logikaz, koniferoen eremu baten informazioa hartzen duen pixel batek, konifero berdintsuen beste eremu baten pixelak duen balio berbera edukiko du.

Horrela progresiboki, ezaugarri berdinak dituzten pixelen talde desberdinak muga daitezke. Geroago gertaturiko aldaketak ikusi nahi baditugu, guk mugatutako unitate interesgarrien aldakuntzak bakarrik aztertuko ditugu.

Fenomeno bat logikoki ikusten da, zeren substratu berean kimu batek isladatutako energia eta mahasti heldu batek isladatutakoa ez bait dira berdinak, eta lur baten lumineszentzia desberdina da hezetasun-gradu desberdinen arabera.

## TELEDETEKZIOAREN ABANTAILAK

---

Teledetekzioaren abantailarik nagusienak honako hauek dira: giza begiaren ikusteko gaitasuna handiagotzea, ikuspuntu desberdinetatik eta eskala desberdinetan objektuak ikusi ahal izatea eta ikasgaien behaketa sistematikoa.

Sentsoreak erabiltzeak, argi-espektrorik edo begi-espektrorik kanpora ere giza begiaren ikusmena zabaltzea lortzen du. Honek objektu desberdinen arteko ezaugarri bereizgarriak gehitzen ditu.

Teledetekzioak eskaintzen duen beste abantaila bat, leku desberdinetatik eta eskala desberdinetan objektuak ikusi ahal izatea da.

Beraz, irudi berean herrialde edo kontinente bat ikus daiteke banda desberdinetan.

Azkenik, hirugarren abantaila, edozein prozesuren bilakaera etengabe ikusteko aukeran datza. Azterketa hegazkinetik egiten bada, ondoz ondoko hegaldien epea aztertu nahi den fenomenoaren arabera izango da. Alderantziz, azterketa satelitetik egiten bada, esate baterako Landsat batetik, behaketa-bitartea aldaezina da; 16–18 egun ingurukoa da.

Teledetekzioaren desabantailarik haundiena, klimatologia da, satelite meteorologikoentzat salbu. Satelite-irudiak hodeirik gabe lortzea zaila da eta atmosfera garbian ondoz ondoko bi orbita egitea noizbait bakarrik gerta daiteke. Baldintza honek denbora luzeko azterketan du batez ere bere eragina; uzta baten azterketa sistematikoa egitean adibidez.

Garbi dago, epe laburrean airetik egindako argazkiak sateliteen irudiari bere lekua utziko diola eta mikroordenadoreen laguntzaz irudi digitalizatuen azterketa posible izango dela. ●