

1. INTRODUCCIÓ

La necessitat de conèixer el clima ha esdevingut una constant al llarg de la història humana. No deixa de ser un contrasentit que a mesura que l'home ha anat dominant la naturalesa, aquella necessitat ha anat creixent al mateix ritme que ho feia la nostra tècnica. En el començament del segle XXI la nostra societat industrialitzada és altament depenent del coneixement del clima, mentre que per a la major part de la humanitat, que ha vist com el seu creixement demogràfic no anava acompanyat del desenvolupament econòmic, el coneixement del clima pot ser simplement una qüestió de supervivència.

Des de fa uns anys aquest coneixement ha agafat un nou significat des que hem pres consciència que podem estar canviant el clima amb les nostres alteracions al medi ambient, la més coneguda de les quals és l'increment artificial de l'efecte hivernacle en el nostre planeta. Cada dia sembla haver-hi més proves del canvi climàtic, i això dóna encara més importància al coneixement del clima en general, tant el passat com el present, i dins de les limitacions òbvies, el futur. La nostra societat pot canviar molt si ho fa el clima, paradoxalment seria una situació semblant a aquella amb que l'espècie humana es va haver d'enfrontar en els seus inicis, amb els canvis provocats per les grans glaciacions, tret que ara som nosaltres qui estem provocant els canvis i, en conseqüència, també som qui podem fer alguna cosa per evitar-los.

Aquest treball pretén contribuir modestament al coneixement del clima en la nostra regió geogràfica utilitzant una eina que cada vegada s'està demostrant més útil, el satèl·lit; o més ben dit, la informació recollida pels instruments col·locats en satèl·lits, i que ens proporciona una visió global de la Terra.

1.1. Importància de la precipitació en el clima

Hi ha diverses maneres de classificar els diferents climes que hi ha en la Terra, segons es doni més o menys importància a un o altre factor. Hi ha acord, però, en la importància de la precipitació en el moment de definir un o altre règim climàtic, i junt amb la temperatura en són les dues característiques fonamentals (Strahler, 1982).

Així, conèixer la quantitat de pluja, o neu, que cau anualment en una determinada zona és important per poder definir el clima, però no és ni de lluny suficient. Tant o més important que la quantitat anual mitjana pot ser com es distribueix aquesta al llarg de l'any, si hi ha estacions seques i humides, quants dies es mantenen aquestes, i si la precipitació cau d'una manera continuada o ben al contrari es produeixen forts xàfeces que poden provocar greus inundacions en llocs on potser feia mesos que no plovia ni una gota, amb la temuda conseqüència de l'erosió del sòl, que acabarà per definir el tipus de paisatge.

Cal tenir en compte, a més, fins a quin punt la precipitació anual mitjana és representativa de la precipitació que realment cau en un any qualsevol. La regió mediterrània és un exemple força clar de tot això que acabem de dir. Les mitjanes anuals són ben poc representatives, sent la majoria dels anys "anormals" en aquest aspecte, bé per tenir precipitacions molt per sota del "normal" o bé pel cas contrari. També es donen casos en que la pluja caiguda en uns pocs dies és més gran de la que cau en un any típic sencer, de manera que rambles i torrenteres, que potser porten anys seques, de sobte porten cabals immensos, amb tot el que això suposa per a la vegetació i per a les infraestructures construïdes massa sovint de manera imprudent en antigues lleres (Martín Vide, 1996, 1997).

En la Península Ibèrica tenim massa exemples de la inconstància del nostre clima, i dels seus efectes sobre la falta de previsió oficial i particular de les gentes que hi habiten (Saurí, 1997b). Exemples molt propers en el temps i en l'espai, en la nostra comarca i les comarques veïnes, ens mostren com precipitacions d'una certa intensitat varen provocar la caiguda d'un pont en l'autovia Lleida-Barcelona (10 de juny del 2000), greus destrosses en indústries i cases i la pèrdua de vàries vides humanes. Desgràcies que s'haguessin pogut evitar simplement donant al clima la importància que té, ja que les precipitacions corresponents a aquests episodis no són gens estranyes en el registre històric (hemeroteca del diari Avui; Saurí, 1997b).

D'aquesta manera, si conèixer els diferents aspectes de la precipitació és important en qualsevol lloc del món, en la nostra regió mediterrània encara ho és més. La seva

manifesta inconstància, tant en l'espai com en el temps, condiciona fortament l'ordenació del territori, els usos que s'hi poden donar, la vegetació, natural o artificial, que hi podrà créixer,.... Aquesta inconstància en la precipitació ha fet que històricament es deixessin zones inundables sense construir prop de les lleres naturals dels rius, aquests espais es consideraven poc escaients per les activitats humanes, i en tot cas s'aprofitaven com a hortes o camps, que si bé una riuada podia malmetre momentàniament, aquesta mateixa riuada dipositava els sediments que fertilitzaven els camps i en permetien la seva productivitat. Tot això ha canviat amb l'especulació del sòl, i en certes zones i comarques s'han anat ocupant tots aquests terrenys, la majoria de vegades sense cap control, confiant que les riuades eren cosa del passat, o en tot cas que eren evitables amb infraestructures hidràuliques (Saurí, 1997a). Les conseqüències d'aquesta falta de previsió, intencionada o no, les coneixem tots.

La necessitat de controlar dins del possible les conseqüències de la irregularitat en les precipitacions ha portat a regular amb pantans i preses la majoria dels nostres rius. Aquestes no sempre s'han construït de la manera i en el lloc que estudis científics objectius haguessin aconsellat, però d'una o altra manera la seva funció és emmagatzemar l'aigua que pot caure en molt poc temps, amb el doble objectiu de poder-ne disposar en els períodes de sequera i, per altra banda, evitar riuades que provoquin inundacions aigües avall. Val a dir que com també s'aprofiten per generar energia hidroelèctrica, no sempre són els interessos del bé comú els que semblen predominar a l'hora de gestionar els embassaments. Recents inundacions a Miravet i altres llocs del baix Ebre (gener, febrer i març del 2001), semblen confirmar-ho.

El disseny d'aquests pantans requereix conèixer les quantitats de precipitació que raonablement es poden esperar en la seva conca de recepció, així com els corresponents períodes de retorn. D'altra manera, el que s'hauria de fer passa per sobredimensionar la presa, amb les conseqüents pèrdues de tipus econòmic i les de tipus ambiental que sempre suposa un pantà. Si els tècnics es quedessin curts en el dimensionament, la presa podria ser sobrepassada per les avingudes d'aigua, deixant de complir la seva funció principal. Això, que és especialment cert per als pantans, també ho és per qualsevol altre tipus d'infraestructura civil que es pugui veure afectada per les aigües de pluja, o per les crescudes dels rius que provoquen aquelles, o les que provenen del desglaç de la neu acumulada en les muntanyes. Els ponts, viaductes, terraplens de construcció,...., s'han de construir amb coneixement de les màximes precipitacions previsibles en un període raonable de temps.

A més, cal tenir en compte que si el canvi climàtic es va intensificant caldrà preveure com afectarà, entre d'altres factors climàtics, a les precipitacions i estudiar per la nostra part com variarà en la nostra regió. Ens podem trobar que grans obres d'infraestructura, com les que inclou el "Plan Hidrológico Nacional" quedin obsoletes en el moment en què les conques d'on es preveu treure excedents d'aigua, reals o no, per fer transvasaments, hagin esdevingut al seu temps deficitàries.

A nivell mundial s'ha reconegut, ja fa uns anys, la importància de conèixer les precipitacions de la manera més extensa possible, tant espacialment, intentant cobrir tot el globus terrestre, com temporalment, mirant de construir sèries el més llargues possibles. Una contribució important en aquest sentit és el GPCC ("Global Precipitation Climatology Centre"), centre ubicat a Alemanya que recull i pública dades de precipitació d'observatoris meteorològics d'arreu del món, complementant-los amb dades de satèl·lits, amb la finalitat de contribuir als programes de recerca de la OMM (Organització Meteorològica Mundial, www.wmo.ch), i a l'estudi de les ciències de la Terra en general.

1.2. Tipus de precipitació

No és l'objectiu d'aquest treball fer una extensa discussió sobre els tipus de precipitació, sobre el qual ja hi ha complets textos, alguns dels quals es citen a la bibliografia (Rogers, 1977; Font, 1983; Martín Vide, 1985; Strahler, 1997), però sí que es necessari fer-ne una breu exposició donada la importància que té el tipus de precipitació en la seva detecció, o no, a partir de les tècniques que utilitzem en aquesta tesi.

Recordem que la precipitació té lloc quan masses d'aire humit i calent es veuen forçades a elevar-se i, per tant, a refredar-se, fins que es supera el punt de rosada, i es formen núvols. Si el procés té lloc en aire inestable, a més de formar-se els núvols, la condensació també donarà lloc a precipitació.

Hi ha tres causes possibles perquè s'elevin grans masses d'aire: per convecció, orogràfiques i ciclòniques o frontals. L'elevació per convecció té lloc per escalfament diferencial de la radiació solar sobre diferents zones de la superfície terrestre. L'aire calent, menys dens, s'eleva, en condicions d'atmosfera inestable aquesta elevació pot provocar la condensació del vapor d'aigua (figura 1.1), i a partir d'aquest moment l'alliberament de la calor latent del canvi d'estat de l'aigua alimenta el creixement del núvol, que en condicions favorables pot donar lloc a grans cumulunimbus i forts ruixats i tempestes (Strahler, 1982).

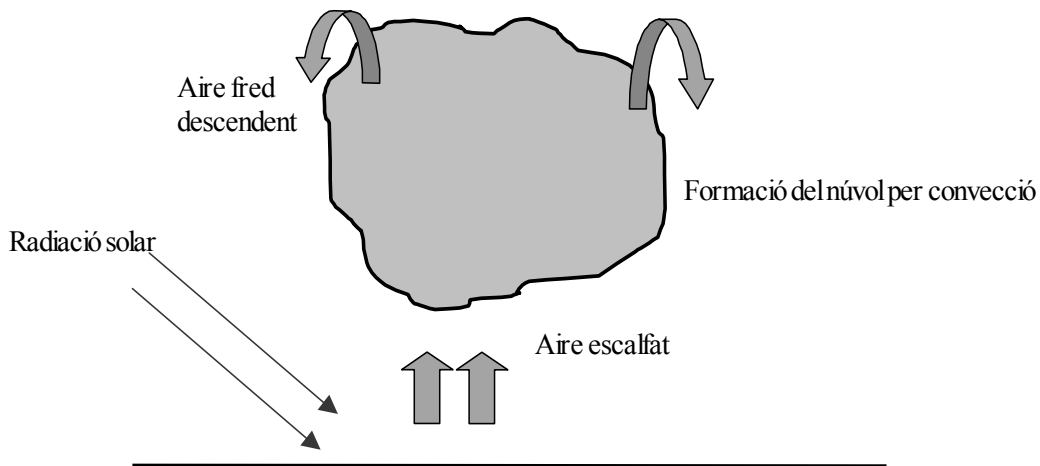


Fig. 1.1. Formació de núvols per convecció

Les elevacions del terreny, grans muntanyes o serralades provoquen que els corrents d'aire s'hagin d'eleva per superar-les, de forma que l'aire humit es condensa quan s'eleva pel costat d'on arriben els vents, provocant precipitacions, mentre que en baixar per l'altre costat es rescalfa, i com ha perdut la major part del seu contingut en vapor d'aigua, esdevé un aire molt sec. Aquest efecte, conegut com efecte föhn, és responsable de les grans diferències entre un i altre costat de la cadena de muntanyes, sent una banda molt plujosa, amb el paisatge verd que això acostuma a suposar, i creant en l'altra banda una "ombra de pluja", amb una manca de precipitacions (figura 1.2); aquesta circumstància fins i tot arriba a donar lloc a alguns deserts de la Terra, com els deserts americans darrera les Muntanyes Rocalloses (Strahler, 1982). A una escala més propera aquest efecte és responsable de la diferent climatologia a una i altra vessant dels Pirineus orientals, amb una vessant nord amb precipitacions abundants i continuades i una vessant sud amb menys precipitacions i sovint de caràcter més sobtat.

A part d'això, la presència de muntanyes afavoreix el calentament diferencial del sòl i els corrents verticals, i per tant la convecció que ja hem comentat en el paràgraf anterior, que en la nostra regió pot explicar el perquè de zones amb màxims de precipitació en plena estació seca, com alguns llocs dels Pirineus o del Sistema Ibèric (Font, 1983).

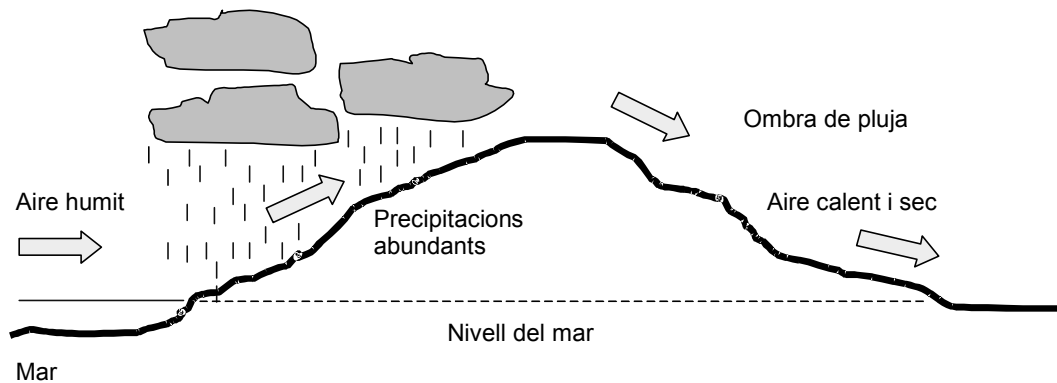


Fig. 1.2. Precipitació orogràfica.

Les depressions, i els fronts associats a elles, dominen la precipitació en la major part de les latituds mitjanes. Un front pot definir-se com aquella zona de contacte entre dues masses d'aire amb propietats molt diferents de temperatura i humitat. Poden classificar-se en *front fred*s, on una massa d'aire fred avança sobre una massa d'aire més calent, forçant aquesta a elevar-se; *fronts càlids*, on és una massa d'aire calent la que avança sobre una d'aire més fred i, per tant, s'hi eleva per sobre, i finalment els *fronts oclusos*, quan un front fred atrapa un d'aire més càlid, separant l'aire càlid del terra. En tots tres casos el resultat és una elevació de masses d'aire càlid que pot donar lloc a condensació i precipitació. En el cas dels fronts freds (figura 1.3) l'elevació és bastant brusca, donant lloc de vegades a precipitacions intenses en àrees limitades amb formació de cumulonimbus. En els altres casos (figura 1.4) la precipitació és més extensa en l'espai però menys intensa, i ve bàsicament de nimbostrats, que donen lloc a precipitacions continuades que poden durar dies sencers.

Llavors, diferenciarem dos tipus de precipitació (Rogers, 1977; Font, 1983) :

- *Precipitació estratiforme*, continua i de gran extensió, tant temporal com espacial, associada a moviments ascendants a gran escala, produïts per elevació frontal o orogràfica, o per convergència horitzontal de masses d'aire a gran escala. Normalment és originada per nimbostrats, encara que núvols cumuliformes en fase de dissipació també poden provocar-la.
- *Precipitació convectiva*, localitzada, associada a convecció, a escala dels cúmuls en aire inestable, de curta durada i gran intensitat.

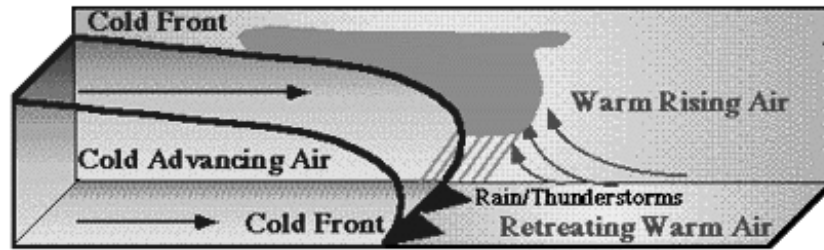


Fig. 1.3. Precipitació formada al pas d'un front fred (CGMSP, 2001)

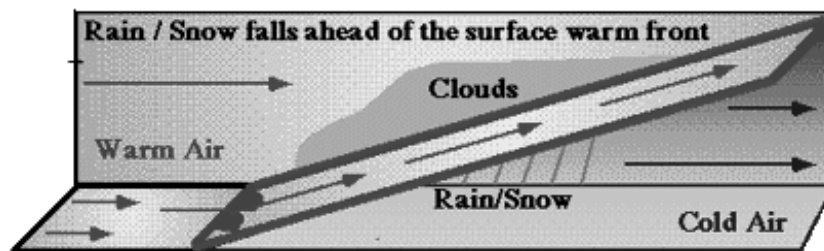


Fig. 1.4. Precipitació formada al pas d'un front càlid (CGMSP, 2001)

Que predomini un o altre tipus de precipitació dependrà de diversos factors. A nivell planetari, la situació geogràfica (latitud) és un dels factors més importants ja que comporta que un lloc en concret quedi immers dins la circulació general atmosfèrica d'una o altra manera. En les latituds mitjanes on ens trobem, pocs graus més al nord o al sud fan que un lloc sigui visitat sovint, o no, per sistemes frontals, associats a depressions, que són les que hi dominen el temps meteorològic. En aquest sentit el paral·lel 40° actua com a frontera, quedant al nord la circulació general dels fronts i depressions d'origen atlàntic que originen la major part de la precipitació a l'Europa occidental, i quedant al sud masses d'aire d'origen més subtropical molt més seques.

Després de la latitud, la situació geogràfica concreta (a sobrent o a sotavent de les cadenes muntanyoses front els vents dominants; la proximitat o llunyania de les grans masses d'aigua; l'altitud; etc.) acaba de definir el tipus predominant de precipitació en un lloc en concret, així com la seva abundància. Per a tots aquest factors, cal tenir en compte, a més, que poden variar en funció de l'època de l'any en què ens trobem. Si bé els factors estrictament geogràfics evidentment són constants en l'escala de temps que considerem, la seva influència sobre el tipus i quantitat de precipitació poden variar en fer-ho la circulació general de l'atmosfera al llarg de l'any. La diferent situació de

l'anticicló de les Açores n'és un bon exemple per a la Península Ibèrica; situat més al sud durant l'hivern, permet que els temporals atlàntics afectin a bona part de la península; situat més al nord durant l'estiu, priva el pas a aquests mateixos temporals, que circularan per latituds més altes, afavorint, en canvi, l'entrada de masses d'aire més calentes d'origen subtropical.

En la Península Ibèrica els vents humits que venen del nord i nord-oest provoquen precipitacions continuades en el litoral cantàbric, en veure's obligats a ascendir per sobre les muntanyes. En canvi, aquests mateixos vents arriben ressecs al sud de la península en haver perdut tota la seva humitat en travessar successives cadenes muntanyoses al llarg del seu viatge a través de la península. La situació contrària, amb vents humits sobre el litoral oriental andalús és més estranya, però dona un temps totalment diferent, amb precipitacions abundants, i sovint intenses que provoquen inundacions a Màlaga, Granada i zones veïnes, i en canvi cel clar i aire sec i calent sobre Astúries, Santander i resta del litoral cantàbric.

Potser encara més important des del punt de vista climàtic és la separació est-oest de la península, definida per la situació de les grans cadenes muntanyoses, que marquen una sèrie de corredors en aquesta direcció, que faciliten l'entrada dels vents atlàntics fins ben a l'interior de la península, seguint les valls dels grans rius, però que queden frenats abans d'arribar al Mediterrani, sigui pel Sistema Ibèric, sigui per les serralades Bètiques o per les muntanyes costeres catalanes, quedant només un pas relatiu en la zona d'Albacete. Això fa que en bona part aquelles situacions sinòptiques que porten precipitacions abundants a l'oest i centre de la península arribin pràcticament seques al litoral mediterrani, on no aporten precipitació, o aquesta és minsa comparada amb la precipitació en indrets de la mateixa latitud sobre el litoral atlàntic. La situació inversa, encara que menys freqüent, també es dona; els llevants, que porten humitat del mediterrani i que poden provocar temporal amb fortes precipitacions i inundacions si les condicions són favorables, arriben secs al centre i oest de la península on, probablement, tinguin un temps assolellat. La situació de les muntanyes, properes i seguint el litoral en bona part de l'est de la península, afavoreix els mecanismes d'inici dels fenòmens convectius, que a finals de l'estiu i durant la tardor, amb l'aigua del Mediterrani molt calenta, pot donar lloc a precipitacions molt intenses i sobtades, amb gran irregularitat espacial i temporal i que periòdicament han provocat inundacions en aquesta zona. Es pot afirmar doncs que la península Ibèrica presenta una important varietat de climatologies diferents que afectaran al tipus de precipitació dominant en un o

altre lloc, i en una o altra època de l'any (García de Pedraza i García, 1993, 1994, 1996; Martín Vide, 1996, 1997).

1.3. Importància de la teledetecció espacial

Com se sap els primers satèl·lits es van llançar a l'espai a finals dels anys cinquanta del segle passat. Eren poc més que boles metàl·liques que podien servir per reflectir ones electromagnètiques enviades des de la superfície de la Terra. La seva evolució, però, va ser força ràpida, en part impulsada per les "necessitats" de la guerra freda entre els EEUU i l'antiga URSS, i els seus aliats respectius. Durant els anys seixanta i d'una manera més o menys accidental es va començar a veure l'aplicabilitat científica dels satèl·lits artificials en l'estudi del nostre planeta, i es van començar a planificar primer i posar en òrbita després tota una sèrie de satèl·lits amb la missió d'estudiar la Terra des de l'espai. Cal recordar però que la finalitat de tots aquests primers satèl·lits tenia un caire eminentment militar molt més que no científic, i així les primeres observacions dels núvols a partir de l'espai tenien una utilitat purament militar.

La utilització de la informació obtinguda amb l'ús dels satèl·lits no ha parat de créixer des dels seus inicis. De ser una curiositat científica, deixant de banda el seu ús militar, les imatges per satèl·lit han entrat a formar part de la nostra vida quotidiana, i es fa difícil trobar camps de les ciències de la Terra, en el seu sentit més ampli, que no utilitzin aquesta informació d'una o altra manera. La planificació del territori, l'estudi de la desforestació, l'avanç dels deserts, la variació de les línies costaneres, l'impacte potencial d'un o altre tipus d'infraestructura pública, la temperatura del mar, l'estat de les collites en una o altra zona del globus, el retrocés de les glaceres, la predicció del temps meteorològic, són només alguns aspectes en què la utilització d'imatges obtingudes per teledetecció ha esdevingut gairebé imprescindible.

La idea bàsica d'aquests satèl·lits, o més ben dit dels sensors que porten els satèl·lits, és captar la informació que ve de la superfície terrestre i/o de l'atmosfera que cobreix aquesta, amb els seus fenòmens associats. Aquesta informació viatja en forma d'ones electromagnètiques que es diferencien entre si per la seva freqüència, o el que és equivalent per la seva longitud d'ona. Les diferents classes de radiacions electromagnètiques formen l'espectre electromagnètic, que es mostra en la figura 1.5.

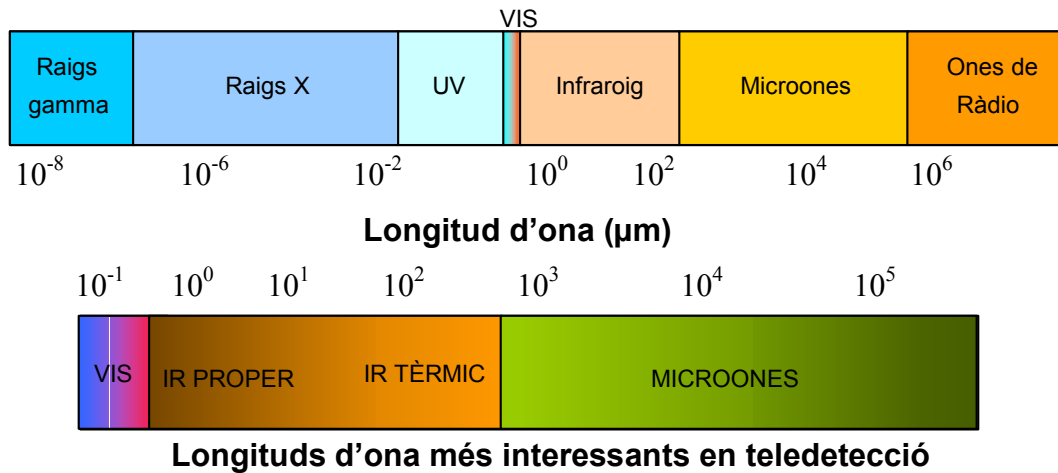


Figura 1.5. Espectre electromagnètic.

De totes les radiacions electromagnètiques possibles només unes poques són interessants en teledetecció. Aquest terme és la traducció que s'ha donat a l'expressió anglesa "remote sensing", i que literalment es podria traduir per percepció remota (Chuvieco, 1996). Tot i que també s'utilitza referint-se a la fotografia aèria, per a nosaltres en aquest treball es referirà exclusivament a percepció des de satèl·lit.

Dèiem que només algunes radiacions electromagnètiques són útils en teledetecció, això ve de dos motius principals, per una banda la superfície de la Terra, o elements de la seva atmosfera, han d'emetre o reflectir les radiacions electromagnètiques, que posteriorment captarem en el sensor del satèl·lit, per altra banda aquestes radiacions han de viatjar a través de l'atmosfera abans d'arribar al sensor del satèl·lit, i per tant l'atmosfera ha de ser transparent a aquestes radiacions. La primera condició ve descrita per les lleis de Wien i de Planck d'emissió d'un cos negre en quant a l'energia emesa.

- *La llei de Planck* descriu l'emissió d'energia per part d'un cos negre en funció de la seva longitud d'ona, i com es recordarà va donar lloc en el seu moment al naixement de la mecànica quàntica. La llei de Planck s'expressa en la forma:

$$R_{b\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{hc^2}{\lambda kT}\right) - 1 \right]} \quad (1.1)$$

On $R_{b,\lambda}$ és la radiació que emet un cos negre en la longitud d'ona λ i a la temperatura absoluta T , h és la constant de Planck de valor $6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, c la velocitat de la llum ($= 3 \cdot 10^8$ m/s), i k la constant de Boltzman ($= 1.38 \cdot 10^{-23}$ Ws²/K).

- *La llei de Wien* ens diu que la longitud d'ona on apareix el màxim d'emissió és inversament proporcional a la temperatura absoluta del cos. Això explica que el Sol, que es pot considerar un cos negre de 6000 K tingui el seu màxim d'emissió en la zona visible de l'espectre, mentre que la Terra, que és pot considerar un cos negre a 300 K el tingui en la zona de l'infraroig.

En les gràfiques a i b de la figura 1.6 es representa la irradiància espectral, és a dir l'energia emesa per unitat de temps i àrea en cada longitud d'ona, per un cos negre a 6000 K, com es pot considerar el Sol, i un cos negre a 300 K, que correspon aproximadament a la Terra. Cal observar la diferència d'escala entre ambdues gràfiques, així com el desplaçament del màxim amb la temperatura cap a longituds d'ona més curtes en disminuir aquella.

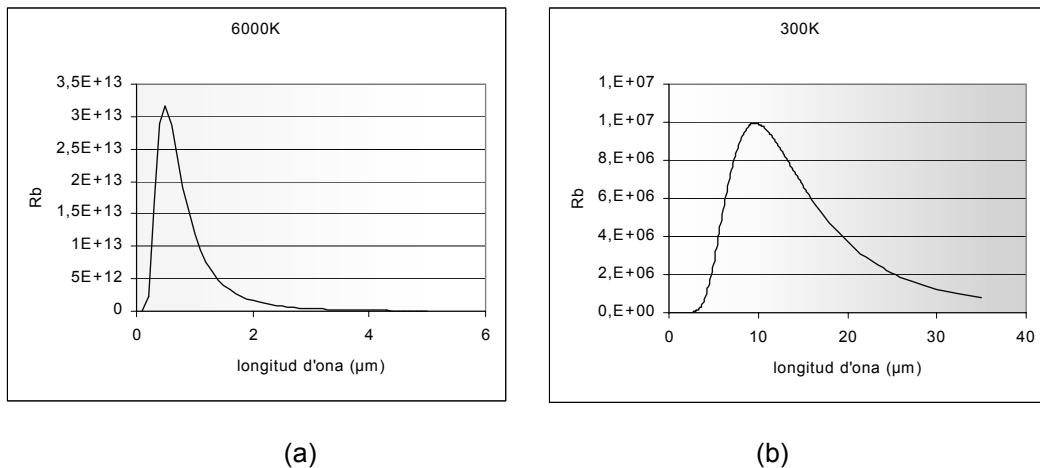


Figura 1.6. Irradiància espectral (R_b en W/m^3) d'un cos negre (a) a 6000 K, i (b) a 300 K.

Aquesta diferent emissió entre un i altre cos és la que provoca l'efecte hivernacle degut a la diferent transmissivitat de l'atmosfera terrestre a una o altra radiació electromagnètica. En la figura 1.7 podem veure aquesta transmissivitat.

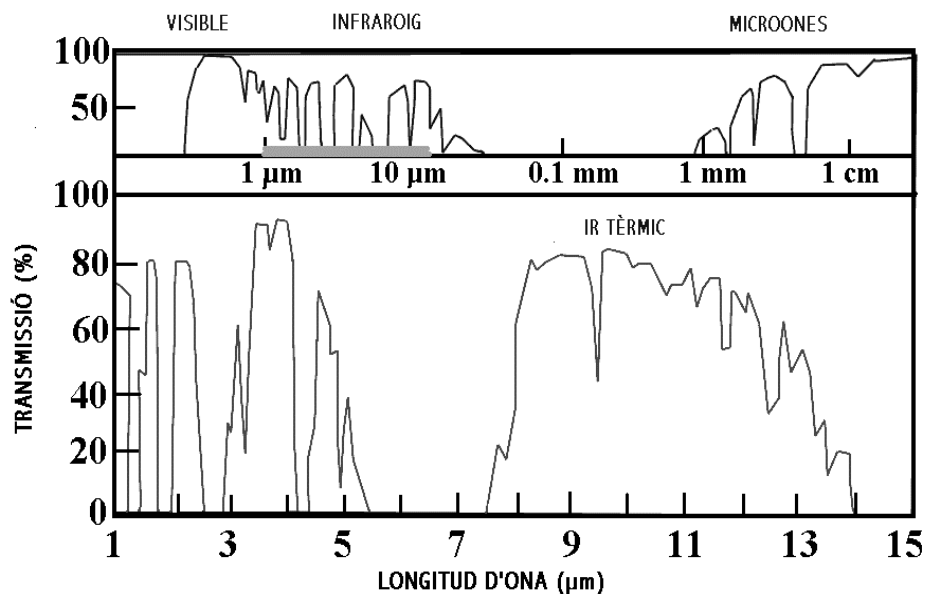


Figura 1.7. Transmissivitat de l'atmosfera terrestre.

En la figura anterior s'ha destacat aquella part de l'espectre electromagnètic que és especialment interessant en teledetecció. En primer lloc hem d'indicar que les longituds d'ona per sota del visible, i que troben grans aplicacions en altres aspectes de la ciència i la tècnica, amb poques excepcions aquí no són útils, sigui perquè no tenim emissió en aquestes longituds d'ona, sigui perquè l'atmosfera no és transparent a elles. Un cas semblant podria dir-se de les ones de radio, amb longituds d'ona per sobre de les microones, però en aquest cas vindria de la seva pobra resolució espacial en tenir longituds d'ona massa llargues. Dins de les zones interessants en teledetecció, s'aprecien diverses finestres en l'atmosfera que poden aprofitar-se per captar ones de diferent tipus. Els sensors dels satèl·lits capten aquests diferents canals depenen dels objectius buscats, per exemple els sensors del programa LANDSAT capten diferents bandes de l'espectre en la zona visible (diferents colors) i en la zona infraroja, mentre que els del sistema METEOSAT cobreix tres bandes, una per al visible i dues en

diferents sectors de la zona infraroja de l'espectre. La Terra pràcticament no emet en la zona visible de l'espectre, però sí que reflecteix la llum que l'hi arriba del Sol, aquesta reflectivitat, albedo, depèn del tipus de superfície, i per tant porta informació sobre ella. No cal dir que només podrà utilitzar-se en aquelles hores en què estigui il·luminada per la llum solar. En canvi la Terra és una bon emissor en la zona infraroja, i per tant es podrà treballar en aquesta zona independentment de l'hora solar.

Si la importància de la teledetecció és cada vegada més gran, en el camp dels estudis sobre l'atmosfera això és particularment cert, fins el punt que es pot parlar d'un abans i d'un després dels inicis de la teledetecció per satèl·lit. La utilització de les imatges de satèl·lit va significar en el seu moment tota una revolució en l'estudi de la meteorologia i en la previsió del temps. Per primera vegada es disposava d'imatges a temps aproximadament real de l'atmosfera en el seu conjunt. A mesura que es van anar acumulant dades any rera any, aquestes mateixes imatges s'han utilitzat per fer estudis a nivell climatològic, aprofitant el fet que cobreixen pràcticament tot el globus terrestre, i per tant cobreixen totes aquelles zones que per la seva naturalesa no disposen d'estacions climatològiques (regions marines, països del tercer món, regions deshabitades o inhòspites,...) i evitant d'aquesta manera el principal problema que sempre havien tingut els estudis basats exclusivament en estacions climatològiques tradicionals (Chuvieco, 1990; Sánchez, 1985).

Actualment es disposa d'una xarxa de satèl·lits geoestacionaris, aquells satèl·lits que estan sempre situats sobre el mateix punt de la superfície terrestre, que cobreixen la pràctica totalitat de les latituds baixes i mitjanes, completada per una sèrie de satèl·lits polars, satèl·lits l'òrbita dels quals els porta a passar aproximadament per sobre els pols de la Terra, amb gairebé qualsevol utilitat civil o militar imaginable. En el camp dels satèl·lits meteorològics, hi ha cinc satèl·lits geoestacionaris, sobre l'equador i distribuïts de manera que cobreixen la pràctica totalitat de les latituds mitjanes i baixes, i tota una sèrie de diferents satèl·lits polars, que si bé tenen periodicitats força més baixes, en canvi la seva menor altitud permet altres possibilitats (microones) que no tenen els satèl·lits geoestacionaris (Turpeinen et al, 1987; Adler et al, 1994).

En la figura 1.8 tenim representades les òrbites dels satèl·lits geoestacionaris i els satèl·lits polars, per poder comparar la diferent perspectiva de la Terra que tenen ambdós tipus de satèl·lits, i a la figura 1.9 es representa la situació dels diferents satèl·lits geoestacionaris meteorològics, sobre l'equador, cobrint la totalitat de la Terra, especificant-se les seves dades en la taula 1.1.

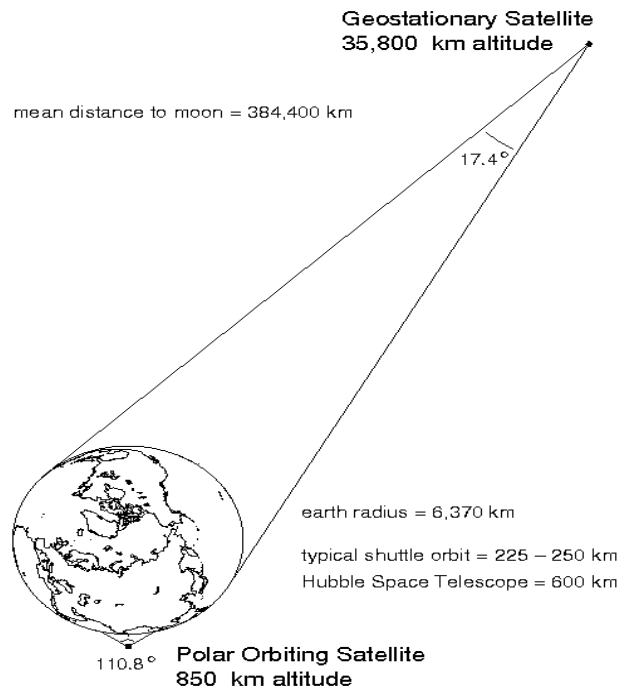


Figura 1.8. Perspectiva de la Terra des dels satèl·lits geoestacionaris i polars

(Navy Forecaster's Satellite Training, 2001).

Les nostres latituds queden cobertes per la sèrie de satèl·lits METEOSAT, taula 1.1 i figura 1.9, situats sobre l'equador a una alçada aproximada de 35800 km, i en el punt de longitud 0°. La sèrie METEOSAT va començar amb el llançament del METEOSAT-1 el novembre de 1977, estant actualment operatiu el METEOSAT-7. Aquests satèl·lits proporcionen una imatge cada mitja hora en la banda del visible (VIS: longituds d'ona entre 0.45 i 1.0 μm), una imatge en la zona de l'infraroig tèrmic (IR: $10.5 < \lambda < 12.5 \mu\text{m}$), i una imatge en la zona de l'infraroig corresponent al vapor d'aigua (WV: $5.7 < \lambda < 7.1 \mu\text{m}$). La informació recollida pels sensors s'envia a l'estació principal a Terra, a Darmstadt, Alemanya, on després de fer-li un pretractament és reenviada al satèl·lit per la seva difusió, en format digital per a les estacions primàries, i en format analògic per a les estacions secundàries. Aquest últim format és el més utilitzat fins i tot per estudis científics, però si es volen fer estudis quantitius cal treballar amb imatges calibrades, i llavors el format digital esdevé necessari. Les imatges amb que s'ha treballat en aquesta tesi, proporcionades per l'ESA, són imatges primàries, i consegüentment en format digital i amb el corresponent calibrat.

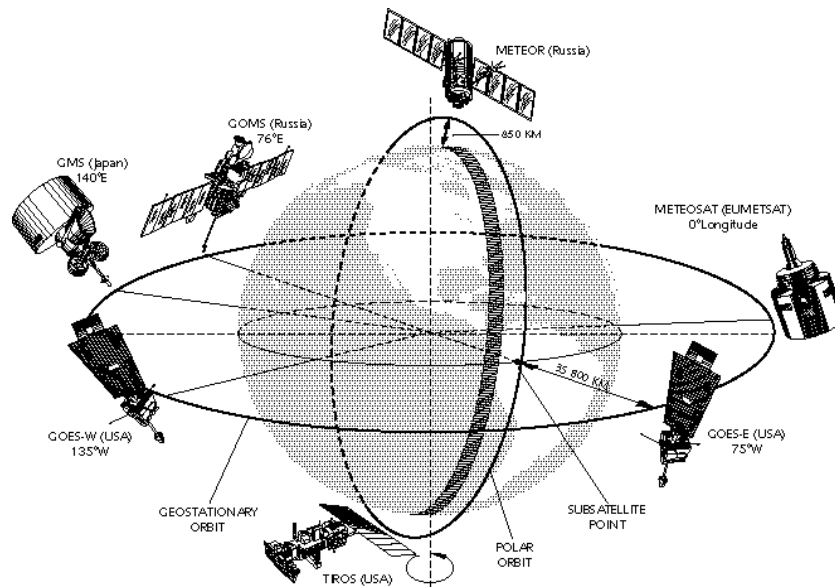


Figura 1.9. Òrbites i situació dels satèl·lits meteorològics geostacionaris i alguns dels polars (CGMS, WMO, 2001)

De totes les imatges disponibles, en aquesta tesi es va optar per utilitzar les imatges en la banda del infraroig, ja que són les que més s'adeqüen a les tècniques utilitzades. Les imatges en la zona del visible, tot i que han demostrat ser molt útils en el tractament i identificació del núvols, i per tant de la precipitació, i en conseqüència s'adaptarien al tema de la tesi, tenen el greu inconvenient de només estar disponibles en les hores diürnes, quan en la nostra regió una part important de la precipitació es dona precisament en hores nocturnes i en l'albada (Martín Vide, 1997). Les imatges de vapor d'aigua tampoc no s'adeqüen a les tècniques utilitzades, encara que no es descarta un ús futur de les mateixes, així com, parcialment, de les imatges en la zona del visible. (Querada, 1985; Patrick et al., 1995)

La utilització dels satèl·lits polars permetria utilitzar imatges per radar en la zona de les microones, que són capaces d'identificar les gotes d'aigua directament, i per tant amb una relació més directa amb la precipitació, tot i que no està exempta de problemes. Aquests satèl·lits tenen però, el greu inconvenient de la seva baixa periodicitat, limitada a una o màxim dues imatges diàries. En la regió mediterrània una part important de la precipitació és deguda a episodis de caràcter convectiu que poden durar només unes poques hores. Aquest fet descarta la utilització d'aquests tipus de satèl·lits en principi, tot i que no es descarta una possible utilització secundària dels mateixos.

Taula 1.1. Xarxa mundial de satèl·lits meteorològics geoestacionaris

(Sobrino et al., 2000; WMO, 1999)

Cobertura	Satèl·lit	Operador	Ubicació	Llançament	Status
Pacífic oriental (180°W-108°W)	GOESS-10	EEUU/ NOAA	135°W	Abril 1997	Operatiu
Atlàntic Occidental (108°W – 36°W)	GOESS-8	EEUU/ NOAA	75°W	Abril 1994	Operatiu
	GOESS-9		105°W	Maig 1998	Reserva
Atlàntic Oriental (36°W - 36°E)	METEOSAT-6	EUMETSAT	0°	Nov. 1993	Reserva
	METEOSAT-7	EUMETSAT	0°	Febrer 1997	Operatiu
Oceà Índic (36°E - 108°E)	METEOSAT-5	EUMETSAT	63°E	Març 1991	Operatiu
	GOMS-N1	Rússia	76°E	Nov. 1994	Pre-operatiu
	FY-2	Xina	105°E	Juny 1997	Experimental
	Insat 2-B	Índia	93.5°E	Juliol 1993	Ús limitat
Pacífic Occidental (108°E-180°E)	Insat 1-D	Índia	83°E	Juny 1990	Operatiu
	GMS-5	Japó	140°E	Març 1995	Operatiu
	GMS-4	Japó	120°E	Set. 1989	Reserva

La resolució espacial de les imatges en la banda de l'infraroig tèrmic, és de 5x5 km en la vertical del satèl·lit, disminuint amb la latitud, i sent d'aproximadament 5.2x7.8 km en la nostra regió. Aquesta resolució és més que suficient per estudis climatològics, i per tant s'adapta molt bé als nostres propòsits.

L'infraroig tèrmic mesura la radiació en la zona infraroja emesa per la superfície terrestre i/o la part superior dels núvols presents en l'atmosfera en aquells moments. En les imatges IR s'inverteix per conveni el nivell de lluminositat, de manera que els núvols més freds, i per tant els que menys emeten, són els que es veuen més brillants. Com se

sap els núvols que proporcionen major quantitat de precipitació són aquells que tenen major desenvolupament vertical, és a dir, la seva part superior es troba a major altura, i per tant és més freda, veient-se molt brillant en les imatges IR i sent fàcils d'identificar. Les diferents tècniques que utilitzen les imatges IR s'aprofiten d'aquesta relació entre pixels més brillants i pluja. Dissortadament aquesta relació no és directa ni molt menys. Alguns núvols alts, com alguns cirrus, són molt freds, però en canvi el seu desenvolupament vertical és molt limitat i no proporcionen pluja. Al contrari, núvols baixos poc brillants en les imatges IR poden donar quantitats apreciables de pluja en certes condicions, sobretot quan es troben situats en sistemes frontals, o quan van associats a efectes orogràfics. Aquesta relació indirecta entre temperatura del cim del núvol i pluja, és la principal dificultat de les tècniques que utilitzen imatges IR, i la que fa que de moment no hi hagi una solució universal al problema. Per això mateix, **cal provar i adaptar les tècniques existents a cada regió climàtica particular**, tal com recomanen diferents autors: Arkin (1979), Griffith et al (1981), Richards i Arkin (1981), Adler i Mack (1984), Adler et al.(1993) i Xie (1995). Aquest és un dels objectius del present estudi.

