

NOVES EINES DE DIAGNÒSTIC I DE PREDICCIÓ: RADAR METEOROLÒGIC I XARXA DE DETECCIÓ DE DESCÀRREGUES ELÈCTRIQUES

E. TERRADELLAS

Centre Meteorològic Territorial de Catalunya - INM

LA PREDICCIÓ METEOROLÒGICA

Bàsicament, a l'hora de fer una predicció del temps, el meteoròleg rep dos tipus d'informació: dades d'observació i resultats de models numèrics que simulen l'evolució de l'atmosfera. Aquest esquema simplificat és representat a la figura 1.

Els mètodes de treball varien notablement segons l'abast temporal de la predicció. Seguint l'esquema de la figura 1, es pot afirmar que, com més curt sigui el termini de la predicció, més importància relativa tindrà la informació rebuda des del camí número 2; és a dir, per a una predicció a curt termini és fonamental l'obtenció i l'assimilació de dades d'observació abundants, contínues i precises.

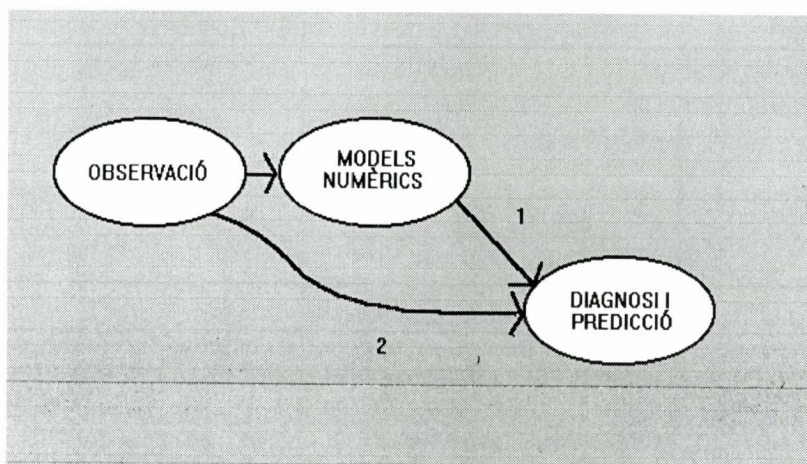


FIGURA 1. Esquema simplificat del flux d'informació per a una predicció meteorològica.

TELEDETECCIÓ

Aquesta observació intensiva de l'estat de l'atmosfera no pot provenir únicament de les xarxes d'observatoris convencionals, imprescindibles en qualsevol cas. És necessària una observació contínua i global que només és possible per mitjà de sensors remots.

Els sistemes de teledetecció emprats més habitualment per a l'observació meteorològica són: satèl·lits, radars i xarxes de detecció de descàrregues elèctriques.

El primer satèl·lit meteorològic va ser llançat l'any 1960, només tres anys després que el primer enginy fabricat per l'home recorregués unes quantes òrbites al voltant del nostre planeta. El primer de la sèrie METEOSAT va ser col·locat en una òrbita geoestacionària el novembre de 1977. Situat sobre la intersecció de l'equador i el meridià de Greenwich, permetria la vigilància meteorològica contínua de gran part d'Europa, l'Atlàntic i la totalitat de l'Àfrica.

La llarga experiència en l'aprofitament de dades subministrades per satèl·lits en la meteorologia operativa fa que el seu ús no es limiti a la provisió d'imatges per al diagnòstic. Aquestes dades constitueixen una font d'informació molt útil, i s'espera que en el futur ho siguin més, per a la inicialització dels models numèrics de predicció. És a dir, les observacions fetes des de satèl·lits arriben al predictor pels dos camins assenyalats a la figura 1.

Durant la Segona Guerra Mundial, es va veure que les condicions meteorològiques, especialment les precipitacions intenses, afectaven l'operativitat dels radars que s'empraven per detectar la presència d'avions enemics. Durant els anys següents, es va comprovar que aquest «soroll», que interferia en la tasca per a la qual havien estat dissenyats els sistemes radar, podia ser interpretat i utilitzat en la pràctica meteorològica. Així, al començament dels anys cinquanta, es van fer les primeres aplicacions del radar a la meteorologia; però durant molts anys, el seu ús primordial ha estat la investigació. Al començament dels anys noranta, l'Institut Nacional de Meteorologia (INM) va iniciar la instal·lació d'una xarxa de radars meteorològics que actualment cobreix gairebé tot el territori espanyol, amb la finalitat de detectar i de vigilar sistemes de precipitació, a més de poder ser utilitzada amb finalitats climatològiques i d'investigació.

Les propietats elèctriques de l'atmosfera són conegudes des de fa molts anys. El 1799, Alexander von Humboldt ja va mesurar alteracions de la càrrega elèctrica de l'aire en zones de tempesta, però hauria de passar bastant més d'un segle per poder aprofitar aquestes alteracions en la vigilància meteorològica.

Al començament del 1992 va quedar operativa la xarxa de detecció de descàrregues elèctriques de l'INM. Aquesta xarxa permet localitzar i conèixer algunes propietats de les descàrregues elèctriques entre núvols i terra.

Els tres sistemes de teledetecció descrits no són en absolut redundants. Al contrari, el seu ús conjunt permet observar en el mateix instant diferents propietats de l'atmosfera i obtenir així un diagnòstic global més complet del seu estat.

Existeixen altres sistemes de teledetecció, emprats generalment per a aplicacions en camps específics. Un exemple són els SODAR i els LIDAR que analitzen l'estructura de les capes baixes de l'atmosfera, utilitzats sovint en l'anàlisi de les condicions de dispersió de contaminants.

EL RADAR METEOROLÒGIC

Un radar és un sistema que emet pulsos d'energia concentrats en un angle sòlid petit i rep part d'aquesta energia que algun objecte, que anomenarem *blanc*, retorna cap al sistema receptor.

Per als radars meteorològics de vigilància, aquests blancs són partícules de precipitació. El sistema genera els pulsos descrits i els dirigeix a diferents angles d'azimut i d'altura, de manera que pot detectar i analitzar l'estructura horitzontal i vertical de les zones de precipitació.

La potència emesa i rebuda es relacionen per mitjà de l'anomenada *equació del radar* i el seu quocient és funció de les característiques del sistema i de les pròpies dels blancs detectats.

El radar determina la distància a què es troba la zona de precipitació —a partir del temps que tarda el puls d'energia en assolir el blanc i tornar a l'antena receptora— i la reflectivitat, que es defineix com la suma de les seccions eficaces de les partícules que constitueixen el blanc per unitat de volum —a partir del quocient entre la potència rebuda i la potència emesa.

La secció eficaç d'una partícula de precipitació depèn de la mida i de les propietats físiques, sobretot de l'estat termodinàmic. És per això que no és possible determinar la intensitat de la precipitació a partir de la mesura de reflectivitat. No obstant això, fent hipòtesis sobre aquests paràmetres, se'n poden fer estimacions. La relació més emprada per relacionar reflectivitat i intensitat de precipitació és la de Marshall-Palmer:

$$Z = 200 * R^{1.6}$$

on Z és la reflectivitat en mm^6/m^3 i R , la intensitat de precipitació en mm/h . La reflectivitat es mesura en mm^6/m^3 perquè, per a partícules de mida molt inferior a la longitud d'ona del radar, la secció eficaç és aproximadament proporcional a la sisena potència del seu radi.

La xarxa de l'INM consta de 15 radars. Són de dos tipus: de banda C (5 cm) al vessant atlàntic i de banda S (10 cm) a la mediterrània. El radar de Catalunya és al pic d'Agulles (Baix Llobregat), a una altitud de 654 m, i permet la vigilància de gran part del territori català, ja que té un abast de 240 km, 120 per a observacions Doppler.

Els radars de banda S tenen l'avantatge que, en ells, el feix d'energia experimenta menys atenuació que en els de banda C, especialment quan travessa zones de precipitació intensa. En canvi, els de banda S tenen menys resolució espacial, ja que, a igualtat d'altres factors, el feix d'energia es propaga amb un angle sòlid més gran.

El radar de Catalunya fa cada deu minuts observacions de reflectivitat a 20 elevacions, de $0,9^\circ$ a $25,0^\circ$, més una observació Doppler a $0,9^\circ$. Obté les dades en coordenades polars, que són posteriorment, per interpolació, transformades a 12 nivells d'altitud en coordenades cartesianes.

XARXA DE DETECCIÓ DE DESCÀRREGUES ELÈCTRIQUES

El mes de febrer de 1992 va començar a ser operativa la xarxa de detecció de descàrregues elèctriques de l'INM.

Amb aquesta xarxa és possible detectar i localitzar gairebé totes les descàrregues elèctriques entre núvols i terra del territori espanyol. Detecta descàrregues positives i negatives, entenent-les com les que es produeixen entre un centre de càrregues positives o negatives del núvol i la superfície terrestre. No detecta, en canvi, les descàrregues entre núvols.

La xarxa consta de catorze equips detectors, una unitat central, i unitats de presentació, arxiu i introducció als altres sistemes informàtics de l'INM. A Catalunya hi ha instal·lats dos equips detectors, als aeroports de Girona i de Reus.

Cada vegada que un equip detector rep un senyal, determina si aquest prové d'un llamp –els senyals electromagnètics dels llamps són molt característics–, en mesura la polaritat, l'amplitud, l'azimut i l'hora i ho transmet a la unitat central.

A partir de la informació procedent dels equips detectors, la unitat central calcula, per a cada llamp, la polaritat, la localització –latitud i longitud–, l'hora, la intensitat de la primera descàrrega i el nombre de descàrregues.

A la figura 2 es pot veure la ubicació dels equips detectors i l'errada màxima en la localització de les descàrregues.

La importància de disposar de la informació que proporciona la xarxa és doble. En primer lloc, perquè els efectes directes dels llamps són considerables: pèrdua de vides humanes, incendis forestals, avaries a xarxes de producció i de

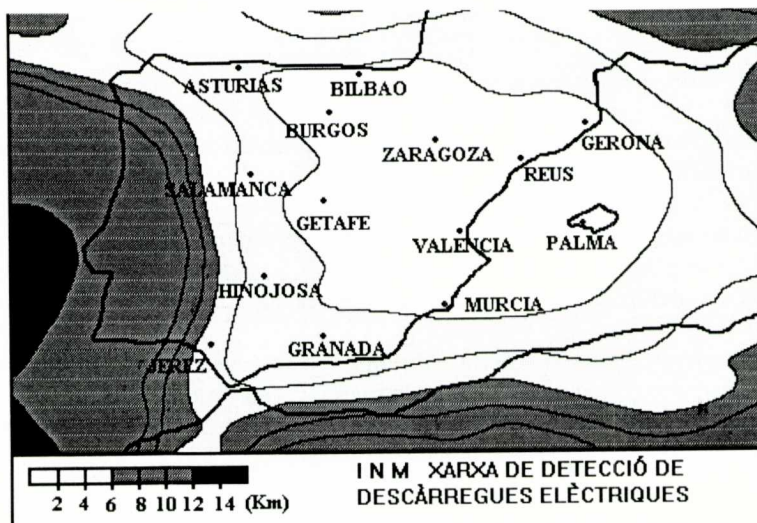


FIGURA 2. Xarxa de detecció de descàrregues elèctriques de l'INM. Ubicació dels equips detectors i precisió de la localització.

subministrament d'energia elèctrica, etc. En segon lloc, perquè permet un seguiment molt bo dels sistemes tempestuosos, des del moment que proporciona informació de la seva ubicació i evolució.

És especialment important poder conèixer les zones on es produeixen descàrregues de les dues polaritats, ja que això ofereix informació sobre l'estructura vertical del núvol de tempesta. Així, per exemple, un nombre elevat de descàrregues positives en la primera fase d'evolució de la cèl·lula tempestuosa, o una separació geogràfica entre les zones on es produeixen les primeres descàrregues positives i negatives, són indicis d'inclinació del núvol i de separació entre el corrent ascendent i el descendent, la qual cosa afavoreix l'aparició de fenòmens violents: vents forts, molta activitat elèctrica, pedregades, possibilitat d'aparició de tornados, etc.

ALTRES APLICACIONS DEL RADAR I LA XARXA DE DETECCIÓ DE DESCÀRREGUES

La utilitat primordial d'aquests dos sistemes de teledetecció és el diagnòstic de l'estat de l'atmosfera i la vigilància meteorològica.

No obstant això, una base de dades d'observació tan gran és també molt útil per a estudis climatològics o per a la investigació dels fenòmens atmosfèrics. Particularment útil és disposar de dades de l'àrea marítima propera, on la informació convencional és pràcticament nul·la.

A la figura 3, hi podem veure un exemple d'aplicació.

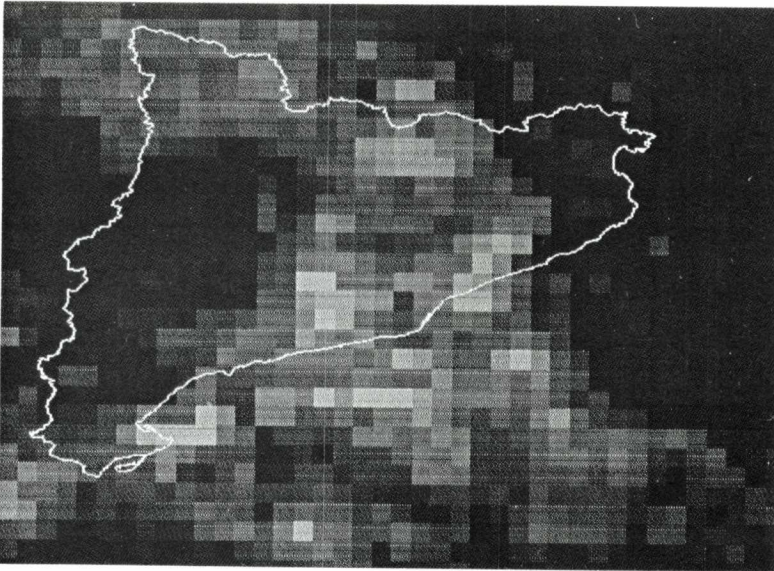


FIGURA 3. Descàrregues detectades entre el 16 de juny i el 15 de setembre de 1995. Les zones més clares corresponen a densitats de llamps més altes.

BIBLIOGRAFIA

- COLLIER, C. G. *Applications of weather radar systems*. Nova York: John Wiley and Sons, 1989.
- Servicio de Teledetección INM. Red de detección de rayos del INM. La meteorología en el mundo iberoamericano, núm. 10, Madrid, 1992.
- MARTÍN LEÓN, F.; CARRETERO PORRIS, O. «An observation of the relationship between satellite data and cloud-to-ground lightning data in a mesoscale convective system». *10th. Meteosat Scientific User's Conference*, EUMETSAT, 1994.