Parlem del iodur de plata:
conclusions de la jornada tècnica
(Fira de Sant Miquel 2013)

índex

3 Presentació

5 *Com es forma una tempesta i com actua el iodur de plata*

9 *La prevenció de calamarsa mitjançant generadors de terra*

13 *Estimació de la lluita contra la pedra a Lleida: comparació dels períodes amb o sense lluita*

17 *Efectes del iodur de plata sobre el medi ambient*

21 *Actuacions amb AgI a Lleida: algunes dades de consum*

25 *Evolució recent de la precipitació i del fenomen de la calamarsa al pla de Lleida*

31 *Experiències d'utilització del iodur de plata: França*

35 *Experiències d'utilització del iodur de plata: Aragó*

39 *Tecnologia associada a la sembra de núvols. Aplicació a la lluita contra la pedra*

43 GLOSSARI

© dels textos i els gràfics, els autors

© de les fotografies, Maite Torà

© de l'edició, Diputació de Lleida

Lleida, juny de 2014

Edita:

Diputació de Lleida
Carrer del Carme, 26
25007 Lleida
Tel. 973 24 92 00
www.diputaciolleida.cat

Imprimeix:

Arts Gràfiques de la Diputació de Lleida

DL L 1037-2014

PRESENTACIÓ

L'agricultura en general, i les comarques de Lleida en particular, sempre han estat exposades als diferents agents meteorològics que, en moltes ocasions i de manera imprevisible, han ocasionat danys importants en els conreus. Entre tots cal destacar per la seva virulència les pedregades, que en els mesos de primavera i estiu són molt freqüents a les nostres contrades. Els darrers anys, aquest fenomen meteorològic s'ha incrementat notòriament i anualment centenars de famílies veuen perillar els rendiments del seu treball i la viabilitat de les seves explotacions.

Davant d'aquesta problemàtica i la gran inquietud manifestada per diferents agents econòmics de les nostres comarques, el mes de juliol de 2013, el president de la Diputació de Lleida, Joan Reñé, es va reunir amb 70 representants d'organitzacions agràries, institucions locals i representants del govern. D'aquella reunió en va sortir el compromís, per part de la Diputació de Lleida, d'organitzar una jornada en la qual reconeguts experts en el tema poguessin aportar els seus coneixements i la seva experiència.

Dins del marc de la Fira de Sant Miquel 2013 de Lleida, es va presentar la jornada "Parlem del iodur de plata", que va reunir prop de 300 persones. Catedràtics i físics de les universitats de Barcelona, Lleó i Tolosa, tècnics del Servei Meteorològic de Catalunya, de l'associació francesa de lluita contra la pedra ANELFA, de la Mancomunitat de lluita contra la pedra d'Aragó i de l'ADV Terres de Ponent de Lleida, tots ells amb llarga experiència en el seu camp, van presentar de manera objectiva, rigorosa, clara i didàctica els darrers coneixements científics sobre el tema.

La publicació de les presentacions de la jornada vol ser una eina de base que ens aporti una informació d'utilitat per tal d'afavorir el debat des de la vessant tècnica i científica. Un debat que de manera transversal i objectiva ens permeti analitzar les diverses visions sobre aquesta problemàtica i promoure, si s'escau, accions coordinades entre totes les parts per tal d'afrontar el greu perill que la pedra suposa per a l'economia de les nostres comarques.

Jeroni Lorente Castelló, catedràtic de Física de l'Atmosfera en el departament d'Astronomia i Meteorologia de la Universitat de Barcelona. Coordinador del Màster Universitari en Meteorologia que imparteix la Universitat de Barcelona. Membre del Consell d'Administració del Servei Meteorològic de Catalunya des de la seva reinstauració. Membre de la comissió ministerial d'experts per a l'avaluació de projectes en ciències atmosfèriques. Especialista en Física de núvols i precipitacions, ha dirigit diversos projectes nacionals i internacionals i ha publicat diversos articles sobre el tema. Investigador principal del projecte *Real-Time Prediction Model of Exceptionally Intense Precipitation in the Western Mediterranean Area* de la UE que va aconseguir la instal·lació (a Vallirana) del primer radar meteorològic de recerca a Catalunya. És coautor de l'Informe sobre l'impacte ambiental de l'ús del iodur de plata a les campanyes de lluita anticalamarsa a Catalunya (2001).

Camp de ceba malmès pels efectes d'una pedregada.

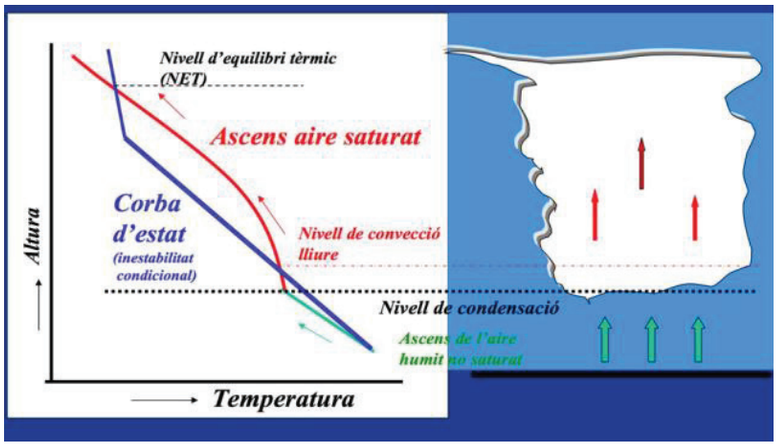
Com es forma una tempesta i com actua el iodur de plata

Resum: *La calamarsa i la pedra es formen en núvols de gran desenvolupament que s'anomenen cumulonimbus. En el seu interior existeixen diverses partícules necessàries per a la formació dels diversos tipus de gotes, els més importants, els nuclis de congelació. Aquests nuclis, responsables de la formació de la calamarsa, són escassos de manera natural i aquesta mancança afavoreix la formació de pedres de gran mida. Mitjançant la introducció de iodur de plata podem augmentar la quantitat de nuclis de congelació i disminuir la mida de la pedra.*

Saber com es forma una tempesta i el coneixement de la base científica de l'aplicació del iodur de plata (AgI) ens pot servir per entendre com funcionen els generadors que s'utilitzen en la lluita contra la calamarsa i com aquesta substància pot arribar al núvol.

La formació del núvol està lligada a l'existència de corrents d'aire ascendents. En aquesta ascensió, l'aire humit es refreda i el vapor es condensa en forma de petites gotes que donaran origen al núvol. Les tempestes es formen a partir del que s'anomena núvols convectius, formats bàsicament els dies en què les condicions atmosfèriques són les adients, a partir de l'escalfament del terra. L'existència d'aquestes condicions es representa amb el que s'anomena corba d'estat, diferent per a cada situació meteorològica.

Figura 1. Formació dels processos convectius. Corba d'estat.



Per poder detectar la formació d'una tempesta i el seu desenvolupament, actualment tenim diverses eines d'exploració:

- Radar meteorològic: ens dóna una visió interna del núvol. La imatge més coneguda és la que ens dóna la reflectivitat, és a dir, l'eco que envien les diferents partícules que el formen, però també ens ofereix una imatge de la seva estructura interna.

- Radiosondatge: ens permet fer un perfil de l'atmosfera a diferents alçades i així determinar la facilitat d'ascensió de l'aire i la possibilitat de formació de tempestes.

- Modelització: utilització de models meteorològics que ens permeten fer un pronòstic d'evolució de l'atmosfera.

- Xarxa d'informadors meteorològics: distribuïts per tot el territori, els observadors informen a temps real dels fenòmens meteorològics del seu municipi.

- Seguiment per satèl·lit meteorològic: ens permet veure el creixement i desplaçament de les tempestes.

Els núvols passen per diferents etapes en el seu desenvolupament. Alguns d'ells donaran origen a cèl·lules tempestuoses i altres no. Si ens centrem en el núvols de tempesta, podem observar diferents fases en el seu desenvolupament.

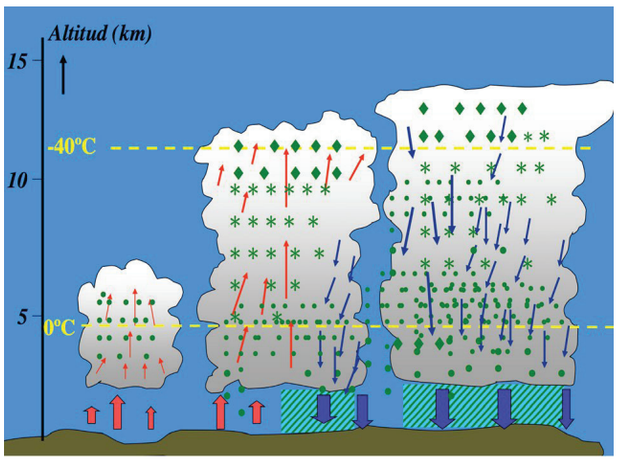


Figura 2. Fases de desenvolupament d'un núvol de tempesta.

La primera etapa de formació del cúmulus s'inicia a uns 2 km d'alçada i es correspon als núvols que podem veure a primera hora de molts matins d'estiu. Si continua el seu desenvolupament per l'existència de forts corrents ascendents, entraria en el que s'anomena l'etapa de maduresa. En aquest estadi es formen les gotes, cristalls de gel, flocs de neu i petits grans de calamarsa i pot arribar a tenir una alçada superior als 10-12 km, és a dir, que una tempesta pot tenir més de 10 km de núvol d'alçada. És el que s'anomena cumulonimbus i són els núvols més gruixuts. Finalment, quan es produeix la precipitació, el núvol entra en la fase de dissipació.

Si fins ara hem parlat de l'aspecte visual dels núvols, ara entrarem a parlar molt resumidament de la microfísica del núvols, és a dir, explicar què passa dins d'una cèl·lula de tempesta. En principi, per tal que el vapor d'aigua formi gotes, és a dir, es produeixi el fenomen de nucleació, cal la presència de partícules en suspensió. Són el que s'anomena nuclis de condensació. Són molt abundants, de l'ordre de milers de milions per m^3 i per això es formen gotes amb molta facilitat. Aquestes gotes d'aigua arribaran, en la seva ascensió, a zones del núvol que estan a temperatures inferiors a 0º. En aquestes condicions, la tendència de l'aigua és a congelar-se, però degut a la petita dimensió de la gota i la gran distància que existeix entre elles –més de 100 vegades el seu radi– podem trobar gotes líquides a temperatures molt baixes, fins i tot a -40º. Per tal que es produeixi la congelació, cal la presència d'unes partícules anomenades nuclis de congelació que, a diferència dels nuclis de condensació, són molt escasses. Aquesta falta de nuclis de congelació fa que en els núvols es trobin moltes gotes líquides a temperatures negatives. És el que es denomina gotes en subfusió. En la constitució d'un núvol de tempesta conviuen tot tipus d'estats: vapor d'aigua, gotes d'aigua a temperatura positiva, gotes d'aigua en subfusió (a temperatures inferiors a 0º), flocs de neu i també petits grans de calamarsa i pedra, fins que quan pesin molt o arribin a una regió del núvol amb corrents descendents, caiguin a terra, produint calamarsades o pedregades.

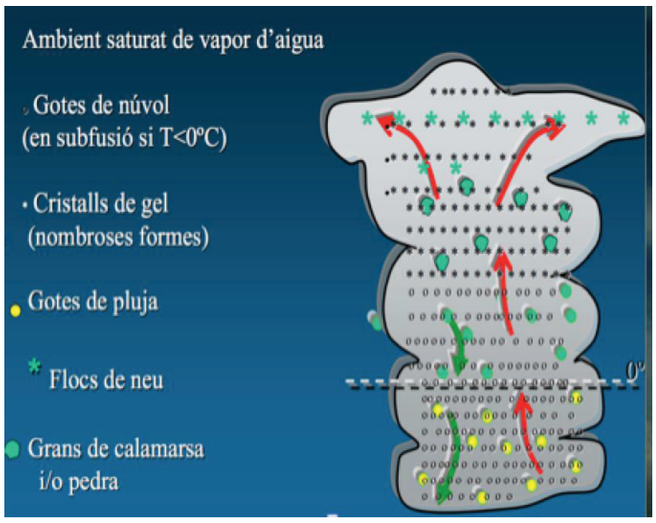


Figura 3. Diferents tipus de gotes en un núvol de tempesta.

Ja hem comentat que els nuclis de congelació són molt escassos de manera natural. Això ens porta a pensar que, si poguéssim augmentar la seva presència, es podrien produir més grans de calamarsa amb la mateixa quantitat de gel, és a dir, obtenir grans de radi més petit que quan precipitin produeixin menys danys. Aquest seria el paper dels nuclis aportats pel iodur de plata, incrementar els nuclis de congelació existents de manera natural. S'ha elegit aquest producte per la seva gran eficàcia en la formació de nuclis. Per cada gram d'AgI aportat a l'atmosfera es poden produir més de 100 bilions de nuclis. Aquestes partícules són extremadament petites, de l'ordre d'1 micra, i insolubles. Aquestes dues característiques, sumades a la seva gran eficàcia, fan que el iodur de plata sigui el producte més adient per realitzar aquesta funció.

Jean Dessens, físic (e.r.) i doctor en Ciències Físiques per la Universitat de París. Responsable científic de l'ANELFA i editor en cap de la revista *Atmospheric Research*. És especialista en física de núvols i precipitacions, canvi climàtic, modificació artificial del temps i dinàmica de les tempestes violentes i els tornados. És autor de nombroses publicacions científiques i ha participat en projectes internacionals, simpòsiums i congressos.

Formació d'un núvol de tempesta amb una columna de precipitació al fons.

La prevenció de calamarsa mitjançant generadors de terra

Resum: *L'eficàcia de la lluita contra la pedra s'ha estudiat a França en diverses èpoques i per mètodes diferents: a partir de les dades de les assegurances agràries, amb la mesura física de la pedra precipitada o amb el càlcul de l'energia cinètica de la pedra. En tots els casos, s'ha arribat a la conclusió que es pot reduir al voltant del 40% dels danys ocasionats, amb un 42% de pedres de mida superior a 7 mm, amb una disminució del 48% de l'energia cinètica i una reducció del 20% de la superfície afectada, sempre i quan s'hagi aplicat el producte en la zona, el moment i la quantitat adequada. Aquesta és la principal dificultat de la prevenció. En el cas de Lleida, complir aquestes condicions podria suposar haver de situar generadors a l'Aragó o en zones de muntanya.*

Abans de parlar de l'avaluació de l'eficàcia de la lluita, voldria fer unes consideracions sobre el iodur de plata. Es parla d'aquest producte perquè és el nucli de gel més actiu que coneixem, però no és l'únic i, fins i tot, alguns altres són quasi tan actius com l'AgI. Actualment, a França estem treballant en la posada a punt d'altres substàncies que puguin resultar més econòmiques. Una d'elles és una solució mixta d'AgI i CuI (iodur de coure).

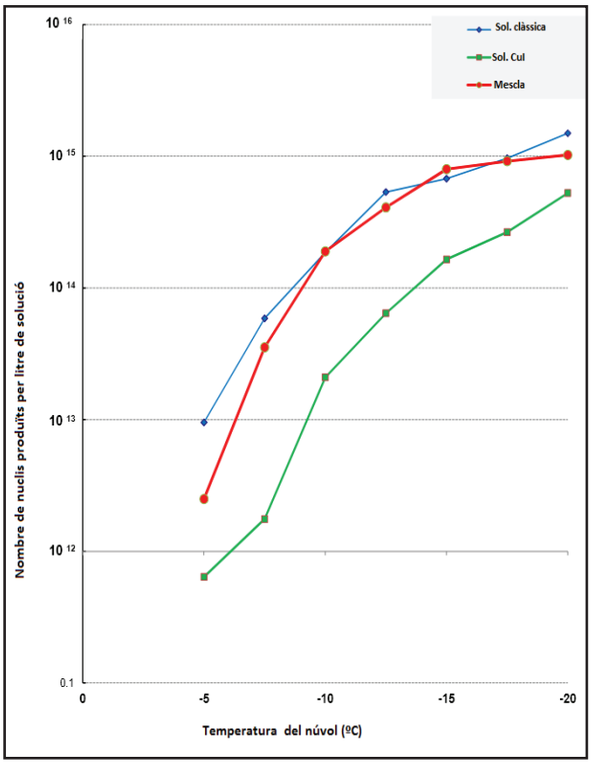


Figura 1. Comparativa AgI/CuI.

A la gràfica es representa el nombre de nuclis produïts segons la temperatura a la qual es troba el núvol. El primer que es pot observar és que la solució de CuI és dues vegades menys eficaç que la solució d'AgI, però si es barregen les dues en la proporció convenient es pot obtenir pràcticament el mateix efecte que amb l'AgI sol.

A França, l'AgI s'introdueix des de terra, aprofitant l'aire ascendent, la qual cosa aporta a la tempesta calor i humitat i també nuclis de gel en introduir el iodur de plata. És una solució més senzilla que la utilització de coets o avions, més econòmica i més lògica, ja que la tempesta s'alimenta ella mateixa. La columna alliberada per un generador té un doble desplaçament: per l'acció del vent en superfície i per la convecció. També es produeix una difusió lateral en forma de ventall. La finalitat d'una xarxa de generadors és que l'aire estigui completament nodrit de nuclis de congelació.

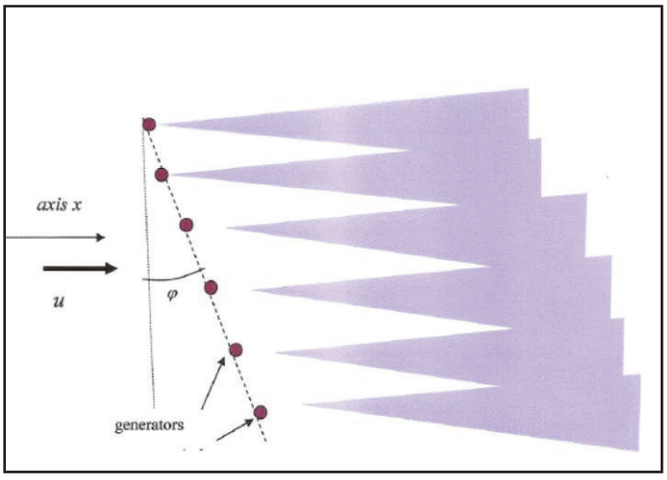


Figura 2. Esquema de difusió del producte en una xarxa de generadors (vista superior).

La difusió de les partícules des de terra és objecte d'estudi a França des de fa més de seixanta anys. La conclusió a què s'ha arribat és que si volem protegir un espai de, per exemple, 40 x 10 km, caldria situar els generadors en la zona de desplaçament de la tempesta, per tal d'actuar en el moment i en la zona de formació de la pedra, uns 40-80 minuts abans de la precipitació.

Un altre dels problemes que planteja la lluita contra la pedra és el control de la seva eficàcia. La lluita a França s'inicia l'any 1952. En una primera època, el control de l'eficàcia es va basar en la comparació entre els danys per aquest fenomen meteorològic en la zona de lluita i en la zona de no lluita, en funció de les dades aportades per les assegurances agràries. Es tractava de comparar les dades dels 9 departaments equipats amb generadors i la resta del territori francès. Per fer aquest estudi estadístic, es va utilitzar el mètode de corba de doble massa, que ens permet verificar si la tendència de dues sèries és igual o no a llarg termini.

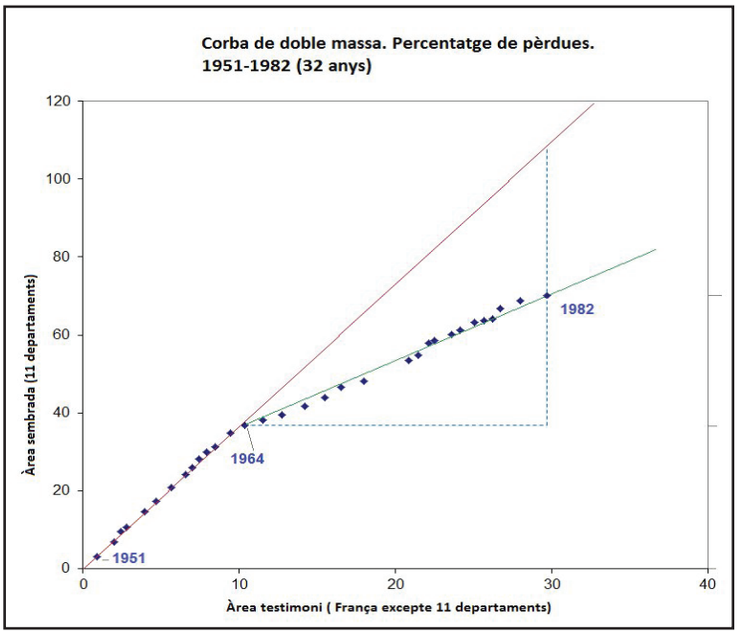


Figura 3. Corba de doble massa.

A l'eix horitzontal es representa el percentatge de pèrdues de la zona sense generadors i al vertical, el percentatge de pèrdues a la zona d'actuació dels generador. Podem observar que fins l'any 1964, el pendent de la recta ens indica que no hi ha diferències entre una zona i l'altra. A partir de l'any 1965, la recta marca una tendència a la disminució del percentatge de pèrdues a la zona dels generadors respecte de la resta. Aquesta variació s'explica perquè l'any 1965, l'ANELFA va substituir els generadors de carbó activat, que tenien una baixa eficàcia, pels actuals generadors d'AgI i en va augmentar el nombre.

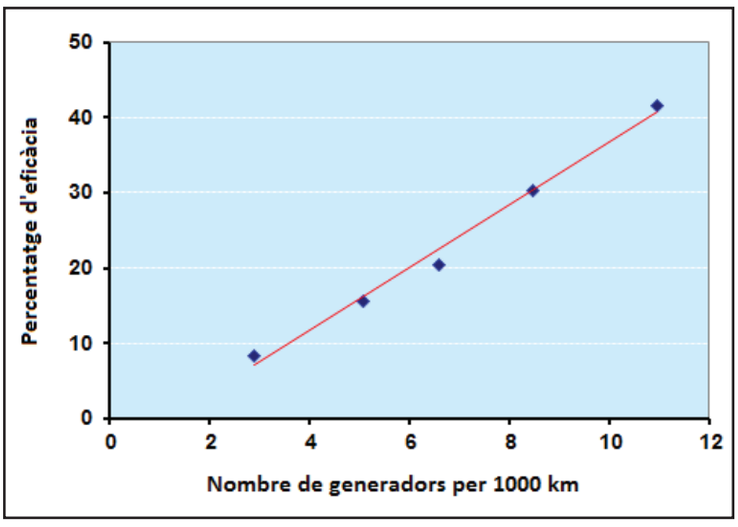


Figura 4. Eficàcia d'una xarxa de generadors en funció del seu nombre.

A partir de l'any 1982, les asseguradores agràries van deixar de proporcionar dades de sinistres i danys. En aquell moment, s'inicià un nou treball per poder calcular l'eficàcia de la lluita a partir de la mesura física de la pedra. Es va instal·lar una xarxa de granímetres, com la que també té l'ADV Terres de Ponent a Lleida. Les dades aportades per aquesta xarxa ens permeten establir una relació entre la mida de la pedra precipitada i el nombre de generadors que han estat funcionant a la zona de formació de la tempesta i han pogut aportar AgI al núvol.

Fent la correlació entre la intensitat de la pedra i la quantitat d'AgI emès, es pot concloure que quan una xarxa de 10 generadors per 1.000 km^2, és a dir, un generador cada 10 km^2, funciona tres hores abans de la caiguda de la pedra a la zona on es desenvolupa la tempesta, es produeix una reducció del 40% en el nombre de pedres de mida superior a 7 mm. Aquesta dada confirma la que ja s'havia obtingut amb la comparació de les dades de les assegurances.

A partir de l'any 2009, s'aprofundeix en l'estudi de l'eficàcia amb la introducció de l'energia cinètica d'una pedregada, paràmetre directament relacionat amb el percentatge de pèrdues de collita.

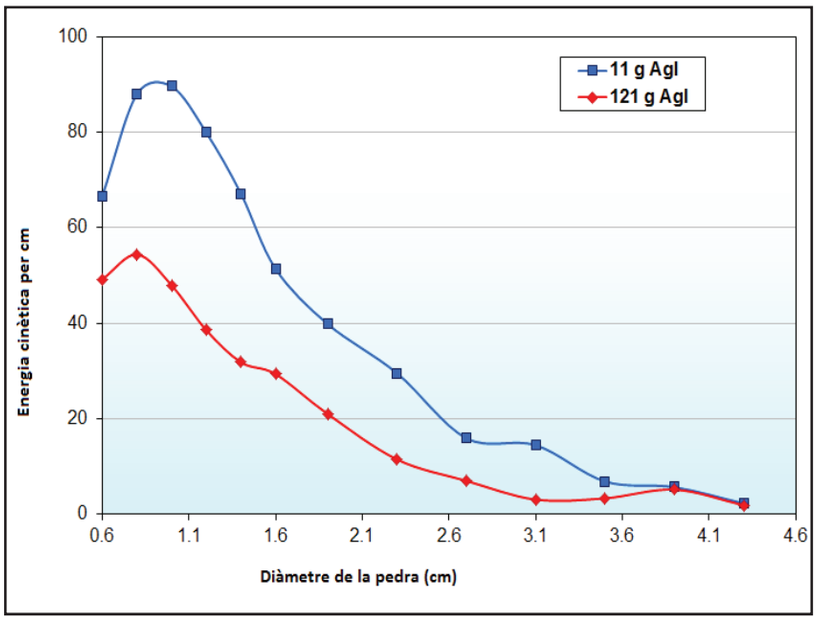


Figura 5. Relació Ec/diàmetre de la pedra segons taxa de sembra d'AgI.

Si comparem l'energia cinètica de la pedra de grans dimensions (0,6-4 cm de diàmetre) en funció de la quantitat d'AgI, en tots els casos ha estat molt superior quan la quantitat de producte aportat ha sigut inferior, és a dir, quan s'ha produït una sembra dèbil. Si es calcula la integral, és a dir, la superfície situada entre les dues corbes, el resultat és d'un 40%, que ens permet suposar un 48% de reducció de danys en collita. Els darrers treballs han constatat que no només ha disminuït la intensitat de la pedra, sinó que també es calcula una reducció del 20% de la superfície afectada.

Tots aquests resultats que hem presentat avui han estat publicats en revistes científiques i, per tant, han estat revisats per diversos especialistes abans de la seva publicació.

A manera de resum, podem dir que tots els estudis realitzats a França per diversos mètodes ens parlen d'una disminució del 40% de pèrdues, un 40% de disminució del nombre de pedres i una disminució del 48% de l'energia cinètica. Però l'eficàcia de la prevenció contra la pedra presenta algunes dificultats. La principal és la situació dels generadors, en alguns cops lluny de la zona a protegir. Això pot ocórrer a Lleida, en situar-los a la zona d'Aragó o a les muntanyes.

José Luis Sánchez Gómez, doctor en Ciències Físiques i catedràtic de Física Aplicada de la Universitat de Lleó, on dirigeix un grup d'investigació al Laboratori de Física de l'Atmosfera, centrat en el camp de les ciències atmosfèriques i la seva relació amb els processos de precipitació. Ha dirigit nombrosos projectes d'investigació, tant a nivell nacional com internacional. És autor de nombroses publicacions en revistes científiques i convencions internacionals. És membre del comitè d'experts del Plan Nacional de Investigación (comitè de ciències atmosfèriques).

Danys en un camp de panís.

Estimació de la lluita contra la pedra a Lleida: comparació dels períodes amb o sense lluita

Resum: *L'avaluació del projecte de lluita contra la pedra a Lleida presenta unes característiques especials. Per una banda, es tracta d'una àrea petita, cosa que dificulta l'aplicació del mètode utilitzat a França. Però el fet que es puguin comparar dos períodes (2001-2004 i 2005-2009), un amb lluita i l'altre sense, però tots dos amb el mateix seguiment de la precipitació, permet extreure algunes conclusions: l'aportació d'AgI disminueix l'energia cinètica d'una pedregada entre el 27% i el 43% i el nombre de pedres entre el 10% i el 28%. També s'observa una disminució del diàmetre de la pedra.*

Com podem avaluar les actuacions de la lluita contra la pedra? Una primera possibilitat seria poder modelitzar dues tempestes iguals i informàticament introduir modificacions per veure si hi ha diferències entre elles, però a la natura no tenim mai dues tempestes iguals. Una altra possibilitat és fer un model de núvols, però la modelització no sempre respon a la realitat. També es podria fer una sembra aleatòria, és a dir, durant un llarg període de temps, els dies en els quals hi hagi pronòstic de perill de pedra, es decideix per atzar si aquell dia hi haurà actuació de lluita o no. Encara que aquest darrer mètode és científicament i estadística correcte, és molt poc realista. El que cal és buscar evidències que la utilització de l'AgI en la lluita contra la pedra disminueix les precipitacions de pedra.

La zona de Lleida és l'única en el món on podem comparar dos períodes, amb i sense sembra, ja que quan es van interrompre les actuacions amb AgI, es va seguir mantenint el control a terra. Cal agrair a l'ADV Terres de Ponent i al Servei Meteorològic de Catalunya l'esforç per poder seguir controlant les situacions de pedra a la zona, amb l'ajut de la Universitat de Lleó. Aquesta circumstància excepcional ens permet utilitzar una metodologia molt semblant a la utilitzada a França pel professor Dessens, però adaptada a un territori més petit.

Compararem dos períodes:

- 2001-2004: període de lluita, amb un bon control de les tempestes, tant per radar com per la xarxa de granímetres.

- 2005-2009: període sense lluita, però amb control de la precipitació mitjançant la xarxa de granímetres.

El primer que cal saber per comparar dues sèries és si aquests dos períodes són homogenis i per tant comparables. Es tracta d'aplicar uns criteris semblants als que utilitzaríem en el cas de voler comparar dues regions agrícoles: nombre d'agricultors, superfície cultivada, cultius més habituals, etc. Només seran susceptibles de comparació dues regions amb una estructura agrícola similar.

En meteorologia s'utilitza el que s'anomena índexs meteorològics, que presenten la capacitat de caracteritzar l'atmosfera en situacions convectives que donen com a resultat situacions de tempesta. Si els diferents índexs són homogenis, els períodes a estudiar són comparables.

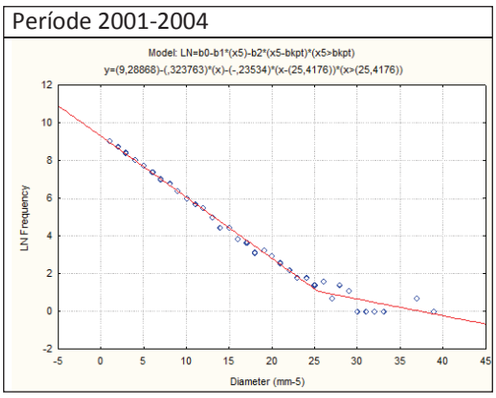
Variable	Mitjana 01-04	Mitjana 05-09	Desviació estàndard 01-04	Desviació estàndard 05-09	Diferències significatives 99%
CAPE (J/kg)	62	63	192.8	163.1	NO
TT	41	42	7.3	7.9	NO
LI	4	4	4,2	4.1	NO
K	15	16	13.5	16.0	NO
Showalter	5	5	3.9	4.1	NO
Màx.T (ºC) (mitjana)	30.0	30.1	4.8	4.3	NO
Mín. T (ºC) (mitjana)	15.3	15.7	3.8	3.6	NO
T (ºC) (mitjana)	22.7	22.8	4.1	3.7	NO
Total precipitació (mm) (mitjana diària)	1.06	0.95	4.19	3.91	NO

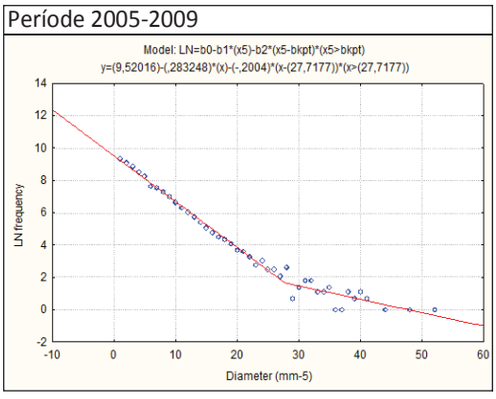
Figura 1. Comparativa d'índexs meteorològics.

La columna de l'esquerra del quadre anterior refereix tots els índexs meteorològics sotmesos a comparació. La columna de la dreta ens mostra si hi ha diferències significatives per a cada índex entre els dos períodes. En no mostrar diferències significatives, ens permet comparar els dos períodes proposats.

Si apliquem el que en estadística es denomina distribució bimodal, podrem comparar dades obtingudes en dos processos diferents, amb sembra i sense. Es pot observar a simple vista que les dues sèries són diferents.

Figura 2. Distribució bimodal de la freqüència de pedra per diàmetres superiors a 5 mm.





Període	Mida de la mostra	Mitjana (mm)	Desviació estàndard
01-04	29979	8.0	3.0
05-09	46579	8.4	3.4

Si comparem les dades de terra, el primer que observem és que el nombre de pedres és superior en el període 05-09 i que la mida de la pedra és també superior en aquest segon període. En aquest segon cas, pot semblar que la diferència de 0,4 mm és molt poc important, però aquesta s'incrementa quan es tradueix en energia cinètica i en definitiva en danys en els conreus. Finalment, aplicat el test d'homogeneïtat al nombre de pedres caigudes en cada un dels períodes, s'han observat diferències significatives entre ells.

Una altra diferència observada entre els dos períodes és el tipus de pedra que precipita. Ja hem establert que tenen una mida mitjana superior en el segon període, però també es poden observar pedres de diàmetre més gran. La mida de la pedra caiguda en el segon període té un comportament bimodal, és a dir, fins a un cert diàmetre, el creixement de la pedra és d'un tipus i en mides més grans, la pedra és en realitat un conglomerat de moltes pedres unides.

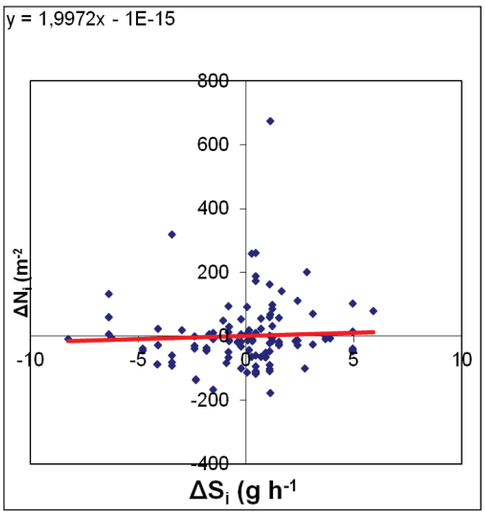
El nombre de pedres, la seva mida i forma en cada un dels períodes sembla indicar que l'AgI actua d'alguna manera, però hi ha una correlació entre aquestes constatacions i la quantitat de producte sembrat? O dit d'una altra manera, la petja d'AgI és més clara a partir d'una certa quantitat de producte emès? Per poder respondre a aquesta important qüestió, cal analitzar cada dia de tempesta i tenir present alguns aspectes generals de cada dia d'estudi: direcció del vent, correcte funcionament dels generadors implicats, etc.

Abans d'acceptar a estudi un dia de tempesta en concret, s'han de complir uns certs condicionants:

- La tempesta ha d'estar ben definida en el radar meteorològic.

- Els granímetres han d'estar afectats per una sola tempesta.

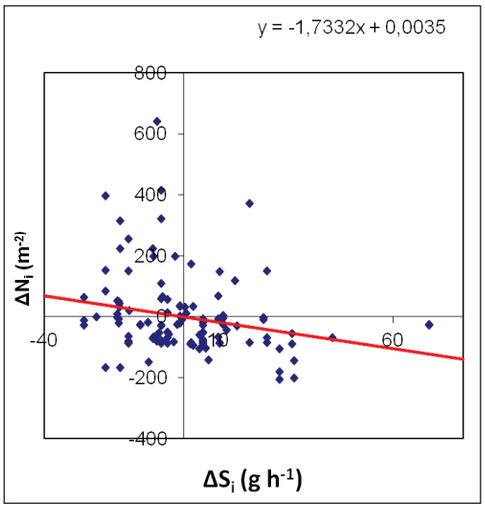
- Considerem que una tempesta ha estat sembrada quan els generadors han actuat com a mínim 30 minuts abans de la caiguda de la pedra.



- En el cas del període de no sembra, podem assumir les mateixes condicions anteriors.

Si fem una anàlisi dels dos períodes tot seguint la metodologia francesa, podem dibuixar la gràfica corresponent a cada període, en la qual ΔNi és la diferència entre el nombre de pedres de calamarsa en aquest punt i la mitjana de la tempesta, i ΔSi és la densitat de sembra emesa almenys 30 minuts abans de l'arribada de la tempesta a aquest punt i la taxa mitjana de sembra del dia.

Gràfica 1. Relació entre el nombre de pedres i la densitat de sembra en un punt (2005-2009).



Gràfica 2. Relació entre el nombre de pedres i la densitat de sembra en un punt (2001-2004).

Període 2005-2009:

La línia vermella és pràcticament plana, és a dir, no hi ha cap relació entre les dues variables.

Període 2001-2004:

En aquest cas, la línia vermella té un clar pendent negatiu, que indica que el nombre de pedres disminueix en incrementar la densitat de la sembra d'AgI.

Tot l'exposat fins ara ens remet a:

- Els períodes 2001-2004 i 2005-2009 són comparables entre ells.

- S'observa una major quantitat de pedres en el període de no sembra que en el de sembra.

- S'observa una disminució en el nombre de pedres relacionada amb l'increment de la taxa de sembra.

I això ens permet extreure les següents conclusions:

- La lluita pretén disminuir el nombre de pedres de l'àrea tractada i la seva energia de precipitació.

- Malgrat que és més complicada l'aplicació del mètode d'avaluació francès en una àrea petita com la de Lleida, podem concloure que l'energia disminueix entre el 27% i el 43% i en nombre de pedres, entre el 10% i el 28%.

Miquel Esteban Cortada, catedràtic de Química Analítica del Departament de Química Analítica de la Universitat de Barcelona. Director del Grup d'Electroanàlisi que s'ha ocupat de l'estudi electroanalític de les interaccions entre ions metàl·lics pesants i molècules d'interès ambiental i biològic. Autor de nombroses publicacions científiques, ha participat en congressos i simpòsiums tant nacionals com internacionals. És coautor de l'*Informe sobre l'impacte ambiental de l'ús del Iodur de Plata a les campanyes de lluita anticalamarsa a Catalunya (2001).*

Danys en una vinya.

Efectes del iodur de plata sobre el medi ambient

Resum: *Davant de la visió catastrofista sobre els efectes del iodur de plata que ens pot aportar una recerca indiscriminada per Internet, una visió científica responsable, basada en les característiques químiques del producte, com són el producte de solubilitat i la seva biodisponibilitat, i en els diferents estudis sobre l'impacte exotoxicològic dels diversos projectes realitzats arreu del món, ens permet concloure que en l'actualitat no hi ha cap evidència que l'ús de l'AgI representi un problema ambiental.*

Per respondre a la pregunta: és realment l'AgI un perill ambiental?, un ciutadà preocupat pot accedir a qualsevol buscador d'Internet i amb el tema "AgI, sembra de núvols" trobarà molts enllaços a documents que tracten el tema. El problema és que no es discrimina la informació i es parla de plata en general, quan la quantitat que s'utilitza per la sembra de núvols representa el 0,02% de la plata total utilitzada en múltiples aplicacions. També es parla de la seva alta toxicitat, però el problema és que generalment aquests estudis es realitzen amb nitrat de plata i els nitrats són molt més solubles que el iodur de plata. Pel que fa als nivells de plata, caldria especificar el tipus de plata de què s'està parlant, ja que no és el mateix la plata sòlida, lliure, en dissolució, etc. I finalment també podem llegir que l'AgI és un producte artificial, quan en realitat no ho és, ja que tant el iode com la plata són productes naturals. El fet que la seva formulació conjunta sigui poc habitual, no el converteix en un producte artificial. En definitiva, una cerca indiscriminada per Internet ens pot portar a una confusió tal que ens permetrà mantenir la idea inicial que l'AgI és un producte altament perillós.

Però la realitat és una altra. L'AgI és una sal molt insoluble. Aquesta propietat ve donada per una constant química anomenada producte de solubilitat i que ens indica la concentració màxima del ió plata (Ag^+), que es dissocia en un medi líquid com podria ser l'aigua. En aquest cas és inferior a 1 microgram per litre. En el cas d'existir una concentració superior, precipitaria a AgI. Per tant, el iodur de plata és una font extremadament pobra de plata.

Fent una cerca en literatura científica, està documentat que en àrees no contaminades el nivell de ió plata és generalment 10 vegades inferior al màxim acceptat i que en àrees urbanes i industrialitzades, que podem considerar teòricament contaminades, la concentració se situa entre 0,01 i 0,1 micrograms per litre. És a dir, en tots els casos el nivell de plata està per sota del seu producte de solubilitat. Aquest ió Ag^+ pot reaccionar amb altres productes i precipitar. La seva vida, segons està recollit en publicacions científiques acceptades, és molt curta i es calcula que el 50% de la plata precipita en 1-2 setmanes.

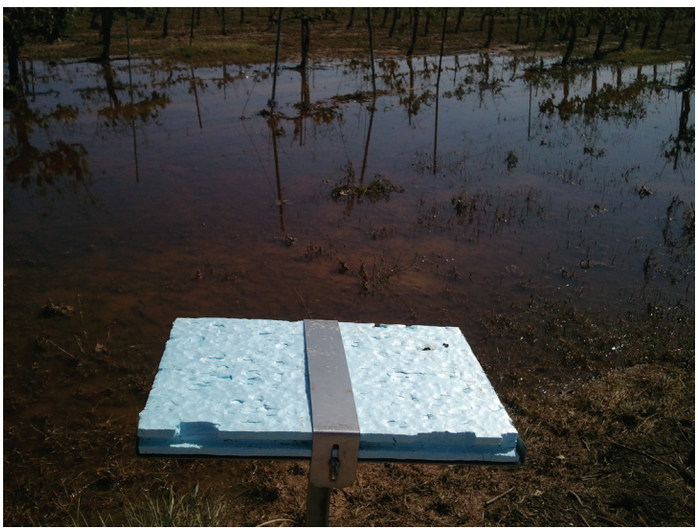
La toxicitat d'un element està relacionada amb la seva biodisponibilitat, que es defineix com la quantitat d'un element absorbible per l'organisme. Està relacionada amb la concentració del ió lliure i que, en aquest cas, és extremadament baixa per la insolubilitat de l'AgI. La presència en el medi d'altres elements, com sulfurs, altres compostos de sofre, lligands orgànics (húmics per exemple), matèria en suspensió (amb capacitat d'adsorció) i pH elevats (medis poc o gens àcids) disminueixen la disponibilitat dels metalls, ja que en faciliten la precipitació.

Quan es parla de la toxicitat de la plata en un determinat medi (sòlid o líquid), generalment ens referim a la concentració total del metall, però en realitat és molt important determinar les diferents formes en què es troba. És el que es denomina especiació.

Si hom consulta fonts autoritzades com revistes científiques, en les quals qualsevol publicació ha de passar uns filtres de qualitat, el tipus d'informació que podem obtenir és diferent i menys catastrofista que la que es pot trobar per Internet.

La utilització de l'AgI durant diferents períodes de temps, en zones diverses del món, presenta unes conclusions sempre en la mateixa línia i com a mostra presentem les d'un estudi recent, publicat l'any 2009, que es refereix a un projecte realitzat a Austràlia, país amb prestigiosos instituts de ciències ambientals. Després d'un estudi sobre un projecte de sembra d'AgI en el període 2004-2008, la seva conclusió és que tots els resultats del seguiment d'aquest projecte fins a l'actualitat han donat concentracions mitjanes totals de plata situades per sota de qualsevol impacte ecotoxicològic, resultant que l'ús d'AgI en aquest projecte és negligible. Conclusions semblants podem trobar en estudis realitzats en altres països, com França, Argentina, els Estats Units, etc.

Per tant, davant de tots aquests estudis seriosos publicats, la meva conclusió és que no hi ha cap evidència actual que indiqui que l'ús de l'AgI representi un problema ambiental.



Granímetre impactat i camp anegat.

Fruita a terra després d'una pedregada.

Maite Torà i Solsona, enginyera tècnica agrícola per ETSEA de Lleida, postgrau en Agrometeorologia i màster en Gestió Ambiental. Des de 1984 és la directora tècnica de l'ADV Terres de Ponent. Ha col·laborat en diversos projectes d'investigació sobre la lluita contra la pedra, ha participat en congressos i jornades, tant nacionals com internacionals, i ha publicat diversos articles sobre el tema.

Danys en una plantació de nectarina.

Actuacions amb AgI a Lleida: algunes dades de consum

Resum: *La plata no és un element estrany en les nostres vides. A part de ser un metall relativament freqüent en l'escorça terrestre, s'utilitza en molts processos industrials. A les comarques de Lleida, la quantitat d'aquest element emesa per la lluita contra la pedra era de 0,00111 g/hora/ha. El total de plata consumida entre els anys 1990 i 2004 és de 8 g/ha. El Servei de Salut Pública dels Estats Units estableix el llindar per la presència de plata en l'aigua de pluja en 0,05 mg/l. En cap de les analítiques realitzades en el nostre país la concentració observada s'aproxima a aquesta quantitat.*

La plata no és un element estrany en les nostres vides. A part de ser el 66è element més abundant a l'escorça terrestre, es fa servir, naturalment en joieria i fabricació de monedes, però també en decoració, fabricació de components elèctrics i bateries. També el trobem en confiteria amb el nom concret d'E-174. Fins i tot es fan servir sals de plata per potabilitzar l'aigua. Potser l'ús que més ens pot sorprendre és per a tractaments terapèutics.

Però si ens centrem en el seu ús com a iodur de plata per la lluita contra les pedregades, primer cal tenir una idea de la seva magnitud pel que fa a la quantitat de concentració.

La lluita contra la pedra a les comarques de Lleida, es realitzava en 77 municipis de les comarques del Segrià, el Pla d'Urgell, l'Urgell, la Noguera i les Garrigues. El total representa una superfície de 240.000 ha, es a dir 2400 km^2. El producte utilitzat era una solució cetònica d'AgI en concentració de 290 g en 25 litres de dissolució. Això suposa un concentració de plata de 133,2 g en 25 litres. El consum de cada aparell era d'1 litre de solució per hora de funcionament.

A primer cop d'ull, pot semblar un consum molt alt i ho seria si tinguéssim tots els generadors tancats en un magatzem. Però els aparells estaven repartits en una superfície de 240.000 ha.

Si fem el càlcul d'aquest consum per ha ens trobem que la quantitat d'AgI que es consumeix per ha i hora és de 0,0024166 g i d'aquesta quantitat 0,00111 g són de plata.

La campanya de lluita es desenvolupava d'abril a octubre i això són més de 180 dies, però afortunadament no tots els dies de la primavera i l'estiu són dies amb perill de pedra. L'encesa dels aparells es feia en coordinació amb l'INM, que era el que decidia si un dia tenia les condicions d'inestabilitat necessàries per la formació de tempestes amb calamarsa/pedra i dins de quin rang horari. Els dies de perill anual se situen entre els 32 i els 71 i la seva mitjana anual és de 40 dies. Pel que fa a les hores d'actuació, se situa entre 182 i 469, essent la seva mitjana 254 hores.

ANY	CONSUM TOTAL (litres)	CONSUM AgI (Kg)	CONSUM Ag (Kg)	CONSUM AgI/(g)/ha	CONSUM Ag (g)/ha
90	18.225	211	97	0.87	0.40
91	13.905	161	74	0.67	0.30
92	21.105	244	112	1.00	0.46
93	8.955	103	47	0.42	0.18
94	8.910	103	47	0.42	0.18
95	13.315	154	71	0.64	0.29
96	8.485	98	45	0.40	0.18
97	9.266	107	49	0.44	0.20
98	10.785	125	57	0.52	0.24
99	12.140	140	64	0.58	0.26
00	8.575	99	45	0.41	0.18
01	12.291	142	65	0.59	0.27
02	13.005	151	69	0.62	0.28
03	8.200	119	55	0.47	0.21
04	8.595	99	44	0.44	0.20
Total		2056	941	8.0	3.8

El resum dels darrers 15 anys de funcionament dels aparells està resumit en aquest quadre:

Com podem observar, des de l'any 93 es produeix una disminució dels dies de perill i per tant de les hores de funcionament. Això coincideix amb la posada en marxa de l'encesa automàtica dels generadors i, per tant, amb una flexibilització en l'hora d'encesa i de tancament dels generadors.

En resum, podem dir:

Bé, això és el que es llançava. Però sabem què hi ha al terra o a l'aigua?

	Iodur de plata	**Plata**
Màxim consum	1 g/ha/any	0,46 g/ha/any
Mínim consum	0,4 g/ha/any	0,18 g/ha/any
Mitjana consum	0,56 g/ha/ant	0,25 g/ha/any
Total consum 90-04	8 g/ha/any	3,8 g/ha/any

L'any 2004, després de diversos intents que el Departament de Medi Ambient fes unes analítiques de diverses mostres de sòl, l'ADV va encomanar al Departament d'Agricultura la presa d'unes mostres que posteriorment van ser analitzades pel Departament d'Anàlisi i Fertilitat del Sòl de la Diputació de Lleida. En tractar-se d'un element relativament poc mòbil en el sòl i que tendeix a acumular-se superficialment, la profunditat de les mostres va ser de 0-10 cm.

Referència mostra	Localització	Ús del sòl	Resultats analítics mg/kg
Lleida1	Horta de Lleida	Fruiters	0,15
Lleida2	Horta de Lleida	Fruiters	0,28
Els Alamús	Els Alamús	Erm	0,11
Sidamon	Sidamon	Erm	0,10

Els resultats tenen una gran variabilitat però estan dins del que es considera els marges dels continguts de plata en el sòl (0,01 i 5 mg/kg.).

Pel que fa a les aigües subterrànies, CHE 2001 fa analítiques sistemàtiques de les aigües. L'any 2001, en una mostra de la Partida de Rufea a Lleida:

Tipus	Localització	Data	Darrer dia sembra	Plata	Iode elemental
Aigua subterrània	Partida de Rufea a Lleida	18/07/2001	15/07/2001	0,0 mg/l	0,001904 mg/l

El Laboratori de Física de l'Atmosfera de Lleó ha publicat un estudi fet amb 177 mostres de pluja (88 de dies de sembra i 89 de dies sense sembra), en què s'obté com a conclusió que la quantitat de plata en l'aigua de pluja de manera natural és variable i se situa al voltant de 4,6 ppb (parts per bilió). En el cas d'un dia de sembra, aquesta quantitat s'incrementa fins a situar-se al voltant de 14,8 ppb.

Fins ara hem estat parlant de quantitats que ens semblen petites, per no dir molt petites: 0,28 mg/kg, 0,01 mg/l i fins i tot hem parlat de ppb (entenent un bilió com a mil milions).

Però, és veritat que aquestes concentracions són poc importants o sobrepassen algun llindar?

En primer lloc, cal dir que la Unió Europea i, per tant, Espanya no tenen una legislació que marqui la concentració admissible de plata o de iodur de plata. Als Estats Units, país on aquest producte es fa servir en projectes d'increment de pluja o de disminució de la pedra, el Servei de Salut Pública estableix el llindar per la presència de plata en l'aigua de pluja en 0,05 mg/l.

La *Weather Modification Association,* amb seu als Estats Units i especialitzada en el seguiment i control de les tècniques de modificació atmosfèrica, afirma que: "no s'han observat efectes negatius fins i tot en projectes que ja tenen quaranta anys de durada. La proporció de plata en l'aigua de pluja és pràcticament indetectable i, en conseqüència, està molt per sota dels 50 micrograms (0,05 mg) per litre que va establir el Servei de Salut Pública dels Estats Units. La dosi de iode de la sal iodada de cuina és superior a la que s'ha trobat en l'aigua dels núvols sembrats".

Granímetre.

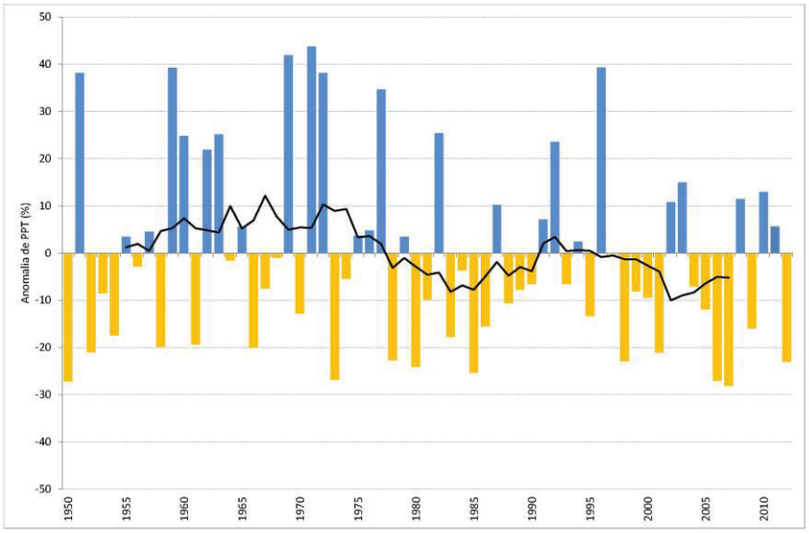
Marc Prohom i Duran és llicenciat en Geografia per la Universitat de Barcelona (UB) i doctor en Geografia per la mateixa universitat. Des del 1999 al 2002 ha realitzat diverses estades a centres de recerca estrangers: Climatic Research Unit, a la Universitat d'East Anglia (Norwich, Regne Unit) i Climate System Research Center, a la Universitat de Massachusetts (EUA).

Danys en una plantació de pereres.

Evolució recent de la precipitació i del fenomen de la calamarsa al pla de Lleida

Resum: *La precipitació mitjana a les terres de Ponent des del 1950 tendeix a disminuir, especialment durant l'estiu i no s'observen tendències concloents pel que fa a extrems de precipitació. Malgrat les dificultats per a l'obtenció de sèries d'observació de calamarsa/pedra, se'n detecta un lleuger increment des del 1980. La xarxa de granímetres ha permès la validació de les aproximacions dels radars i dels models meteorològics, així com determinar de manera més objectiva la freqüència i l'abast territorial de la calamarsa/pedra. L'estiu de 2013, ha estat pluviomètricament humit a Ponent, especialment el juliol. La situació sinòptica fou anòmala durant aquest mes, afavorint la inestabilitat i la freqüència de les tempestes.*

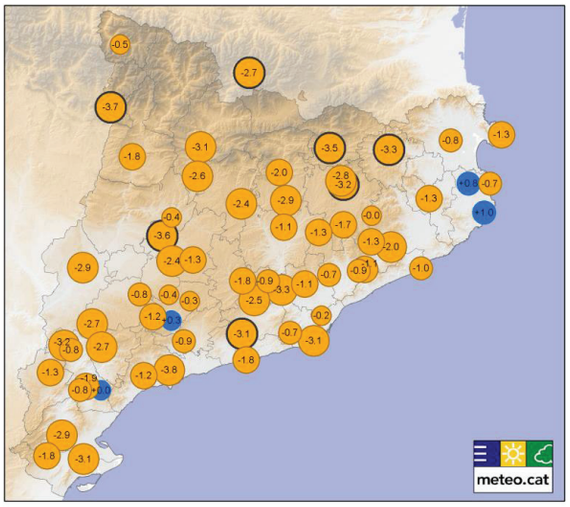
Una de les tasques que té encomanades per llei el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) és el monitoratge del clima, és a dir, seguir l'evolució experimentada pel clima en les seves diferents variables i avaluar la seva evolució futura.



En un primer bloc, analitzarem la precipitació d'una manera genèrica i la seva evolució des del 1950 fins a l'actualitat, utilitzant el butlletí dels indicadors climàtics que anualment emet el SMC i que vol ser una radiografia de l'evolució del clima.

En el cas de la precipitació, s'han analitzat un conjunt de 65 sèries climàtiques de tot el territori.

Figura 1. Anomalia de la precipitació.



En aquesta gràfica podem veure una lleugera tendència a una major presència d'anys secs (de color taronja), sobretot en períodes recents.

Figura 2. Tendència de la precipitació (1950-2012: mitjanes).

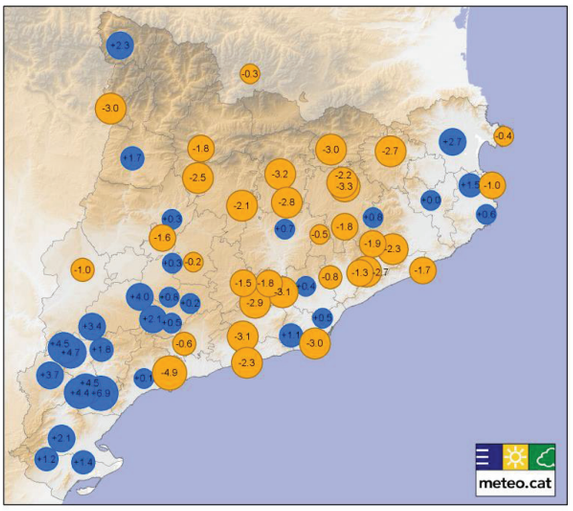


Figura 3. Tendència de la precipitació (1950-2012: primavera).

La variació percentual de la pluja cada deu anys a nivell de territori presenta una lleugera tendència global al descens, que està al voltant del 10%-12% en el cas de les terres de Ponent.

Si fem una aproximació estacional:

L'àrea dels cercles representa el percentatge de canvi per dècada.
Precipitació: blau = positiu, taronja = negatiu
El contorn del cercle en negre indica tendència estadísticament significativa: p<0.05

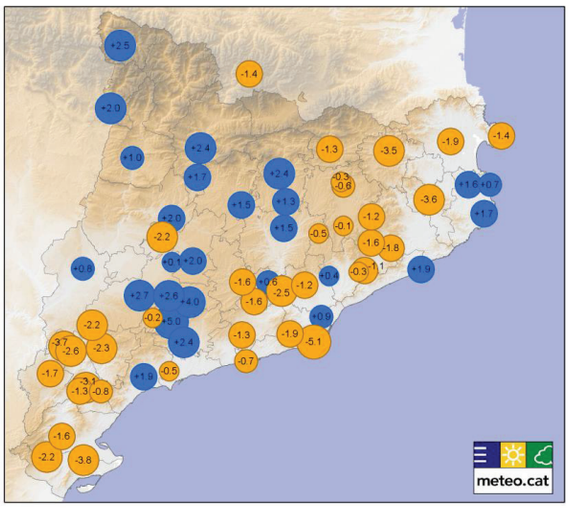


Figura 4. Tendència de la precipitació (1950-2012: tardor).

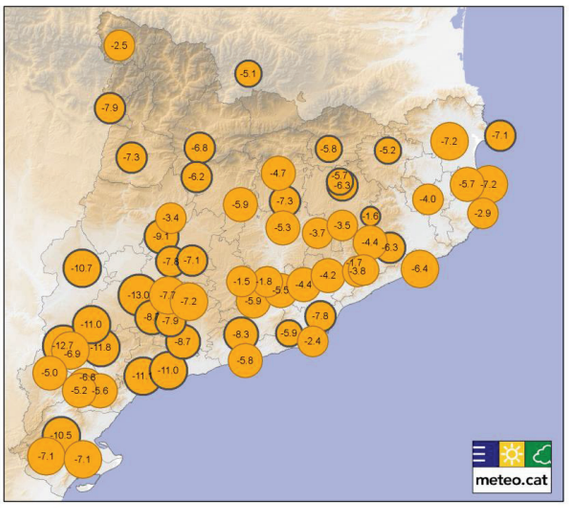
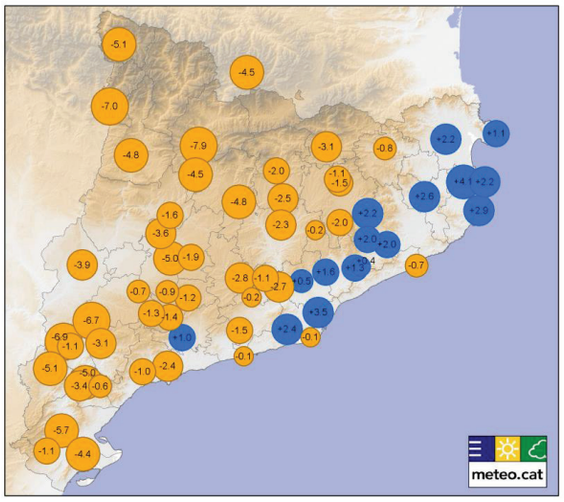


Figura 5. Tendència de la precipitació (1950-2012: estiu).

Podem observar que la primavera i la tardor tenen un comportament una mica caòtic, amb zones d'increment i descens, però sense significació estadística.



L'àrea dels cercles representa el percentatge de canvi per dècada.
Precipitació: blau = positiu, taronja = negatiu
El contorn del cercle en negre indica tendència estadísticament significativa: p<0.05

Pel que fa a l'estiu, s'obté un resultat més concloent i s'observa una clara tendència no deguda a l'atzar.

Els hiverns a la zona de Ponent són lleugerament més secs.

Figura 6. Tendència de la precipitació (1950-2012: hivern).

En el cas de voler estudiar l'evolució dels episodis extrems: episodis torrencials, el nombre de dies de precipitació, amplitud de períodes de sequera, etc., cal estudiar les sèries diàries. El principal problema que es presenta és la quantitat i la qualitat d'aquestes sèries.

Si observem els dies de precipitació superiors a 10 i 20 mm:

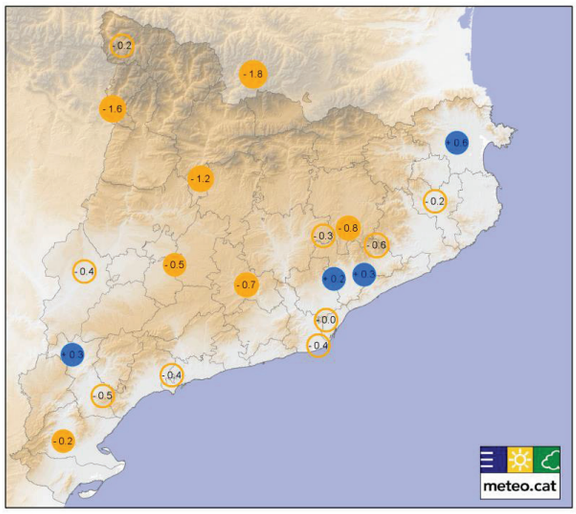


Figura 7. Tendència de la precipitació > 10 mm (1950-2012: extrems).

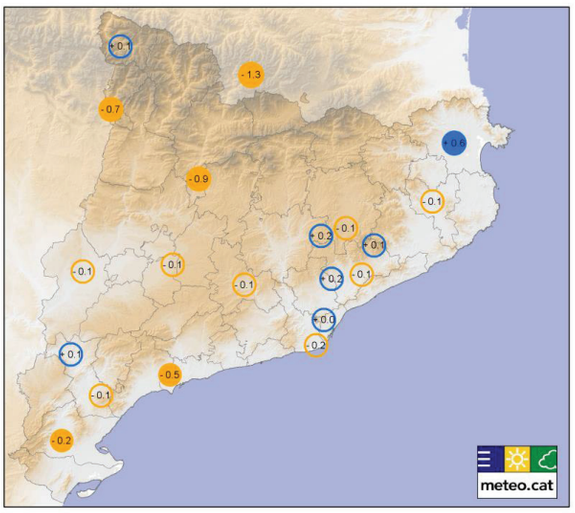


Figura 8. Tendència de la precipitació > 20 mm (1950-2012: extrems).

L'àrea dels cercles representa el percentatge de canvi per dècada.
Precipitació: blau = positiu, taronja = negatiu
El contorn del cercle en negre indica tendència estadísticament significativa: p<0.05

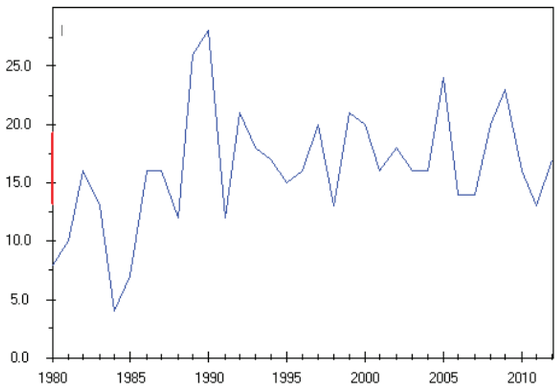
Podem veure que en quasi tots els casos hi ha una tendència lleugera cap al descens, però sense significació.

Els resultats són més concloents si observem la durada de la ratxa seca, és a dir, la durada del període sense precipitació que tendeix a ser més ample. A tall d'exemple, a Tàrrega s'observa un increment d'aquesta dada de 3 dies per dècada. Pel que fa a les ratxes humides, és a dir, dies seguits amb precipitació, no presenten cap tendència.

En el cas de la calamarsa/pedra, cal fer esment que presenta problemes d'observació. Actualment, es disposa de moltes eines d'observació, com per exemple el radar, que ens permeten monitoritzar el fenomen, però el problema està en les sèries històriques. La tipologia del fenomen, de caràcter local, de curta durada i susceptible de subjectivitat pel que fa al diàmetre de la calamarsa, dificulta l'existència de sèries de llarga durada i fiables. Malgrat tot, des del SMC s'han fet esforços per detectar sèries contínues i homogènies que ens permetin tenir una bona visió del fenomen.

En el període 1980-2012, globalment s'han incrementat els dies de calamarsa a raó de dos dies per dècada.

Figura 9. Tendència del nombre de dies de calamarsa/pedra per dècada (1980-2012: abril-setembre).



Aquest increment és molt més clar en la dècada dels 80 i després tendeix a estabilitzar-se. Aquests resultats són coincidents amb els obtinguts a l'Aragó i altres llocs.

Figura 10. Evolució temporal dels dies de calamarsa/pedra (1980-2012: Lleida).

Afortunadament des de fa uns anys, a part de les sèries climàtiques, altres eines meteorològiques i de teledetecció ens aporten informació per detectar els dies de calamarsa. Aquestes eines s'han pogut calibrar gràcies a la informació aportada per la xarxa de granímetres que l'ADV Terres de Ponent té a la zona de Lleida. Amb totes aquestes eines podem elaborar mapes amb dies de calamarsa i detectar zones amb més freqüència del fenomen.

Si ens centrem en l'estiu del 2013, podem observar:

- Zona de Ponent, Prepirineu i Pirineu occidental amb precipitacions superiors a la mitjana (tonalitats blavoses). Aquest increment és molt més visible el mes de juliol.

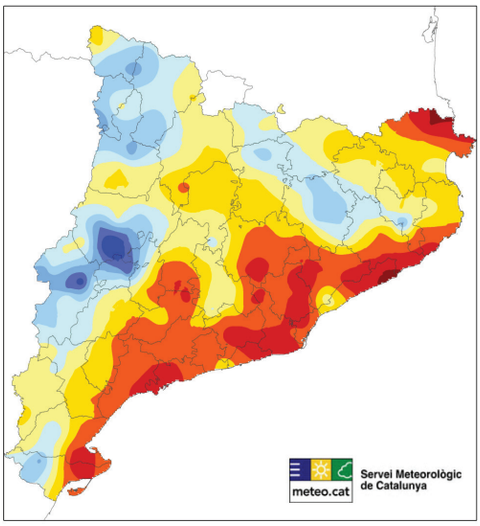


Figura 11. Precipitació acumulada respecte a la mitjana. Estiu 2013.

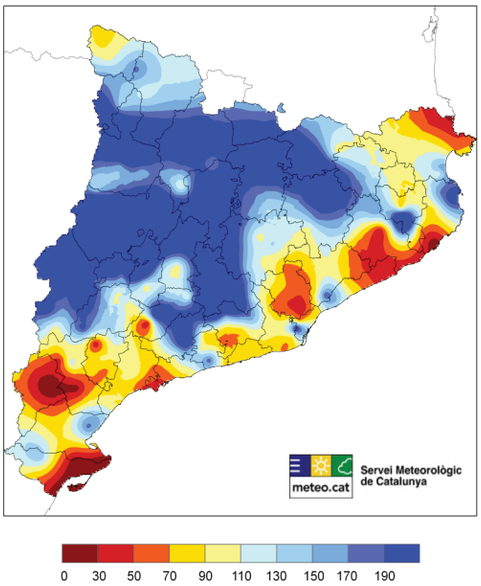


Figura 12. Precipitació acumulada respecte a la mitjana. Juliol 2013.

- Pel que fa a la calamarsa podem observar determinats punts del Solsonès i la Noguera que han tingut 9-10 dies de calamarsa (de maig a agost), sobretot durant el mes de juliol.

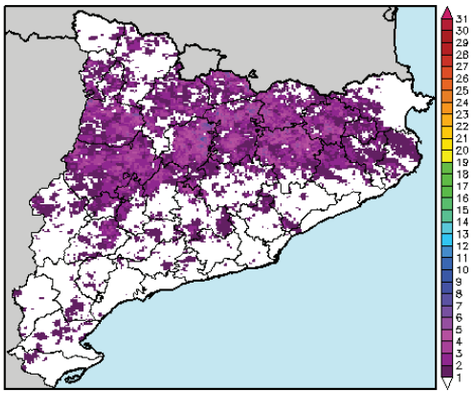


Figura 13. Dies de probabilitat de calamarsa superior al 90% (maig-agost 2013).

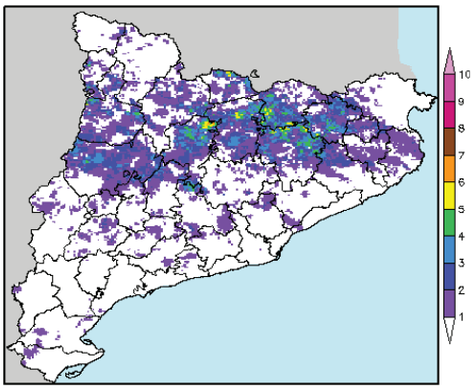


Figura 14. Dies de probabilitat de calamarsa superior al 90% (juliol 2013).

Però la qüestió és: per què l'estiu de 2013 es caracteritza per una major freqüència d'episodis de precipitació i calamarsa, amb fenòmens molt recurrents i estàtics?

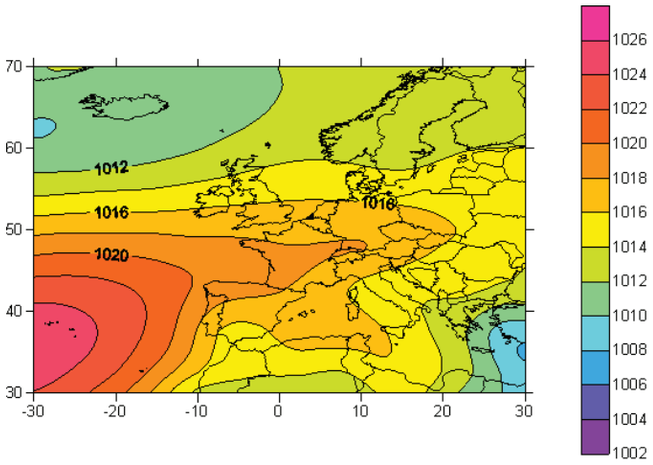


Figura 15. Pressió mitjana de juliol a nivell del mar (1871-2008).

Si observem el mapa de superfície de la mitjana del període 1871-2008, podem observar que sobre les Illes Açores se situa un anticicló que envia una falca a l'Europa occidental. És el que podem considerar la típica situació sinòptica del mes de juliol. L'any 2013 es va produir una anomalia. L'anticicló es va desplaçar a les Illes Britàniques i hi va estar més de 13 dies localitzat. Aquesta situació permetia petites irrupcions d'aire fred que afavorien el creixement de núvols convectius que es mantenien estàtics durant moltes hores i provocaven calamarsades freqüents. Va ser un mes de juliol anòmal, en el qual el SMC, per primer cop en la seva història, va haver de donar 16 avisos consecutius de fenòmens extrems.

Claude Berthet és enginyera agrònoma especialista en experimentació vegetal per l'Escola Nacional Superior d'Agronomia de Rennes. Després d'haver treballat per diverses empreses de llavors, accedeix a la direcció d'ANELFA l'any 2000, completant la seva formació meteorològica a Météo-France. Disposa d'una experiència de 13 anys en el camp de la modificació del temps i és la responsable de la gestió administrativa i financera de l'associació juntament amb el consell d'administració.

Mesura d'un impacte de pedra en un granímetre.

Experiències d'utilització del iodur de plata: França

Resum: *ANELFA és, des del 1951, l'associació encarregada de la lluita contra la pedra, així com de l'estudi científic dels núvols i de la modificació del temps. En l'actualitat, està formada per una federació de 13 associacions departamentals que suposa una xarxa de 734 generadors cetònics d'AgI. El seu pressupost anual és cobert per diferents agents: governs departamentals, regionals i municipals; sindicats agrícoles, bancs, asseguradores i cooperatives; i empreses privades, ja que consideren que els danys que produeix la pedra no afecta només el món agrari.*

L'Association Nationale d'Étude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques (ANELFA), amb seu administrativa a Tolosa (França), és una associació sense ànim de lucre fundada el 17 de novembre de 1951. Aquesta associació té, des de fa 60 anys, dos objectius:

- Desenvolupar la recerca científica en el camp de la física de núvols i de la modificació del temps.

- Perfeccionar un mètode de tractament de les tempestes, amb la finalitat de reduir els danys ocasionats per la pedra.

Les activitats de lluita contra la pedra es van iniciar l'any 1952 amb la instal·lació de 19 generadors de terra, que l'any 1985 eren 508 i que en l'actualitat són 734. S'utilitza un generador d'encesa manual, que crema una solució cetònica de iodur de plata, tot seguint les recomanacions de l'American Society of Civil Engineers, tot adaptant-les a les condicions franceses i mesurant l'eficàcia del dispositiu.

En el terreny dels estudis científics, podem destacar la realització de tres projectes:

- Posada a punt d'un mètode per poder fer un recompte dels nuclis de gel emesos pels generadors i avaluar-ne així la seva eficiència (Soulage, 1953).

- Estudi de la difusió dels nuclis de iodur de plata a l'aire i dins els núvols, realitzat amb l'ajut d'un helicòpter i un avió (Dessens i alt. 1968).

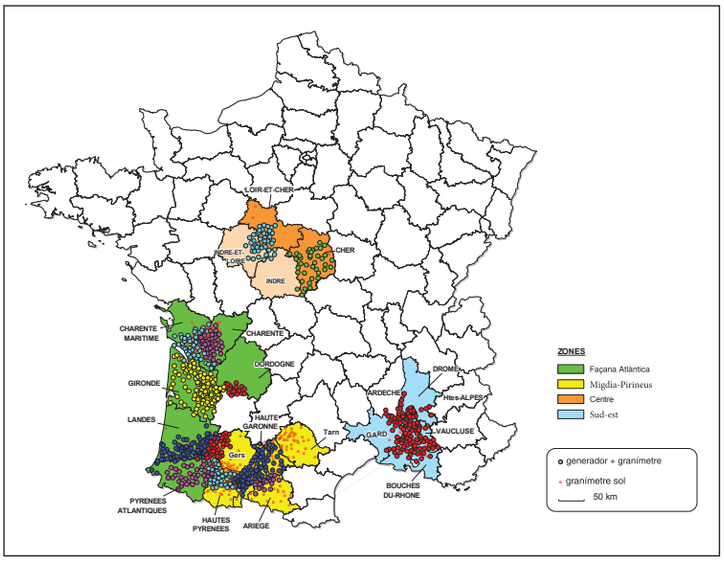


Figura 1. Distribució dels generadors d'AgI i dels granímetres.

- Estudi de la capa límit atmosfèrica: Avaluació i millora de les prestacions d'un radar UHF (Puygrenier V., 2002-2005).

ANELFA es pot considerar com una federació de 13 associacions presents en diversos departaments molt preocupats per les pèrdues ocasionades per la pedra. Els membres d'aquestes associacions departamentals són polítics, agricultors i personalitats del món agrícola.

Cada estructura local està organitzada com una associació, administrada per un president i el seu consell d'administració. Disposa també d'un tècnic que supervisa en cada xarxa departamental la feina dels voluntaris que tenen cura de l'encesa dels generadors.

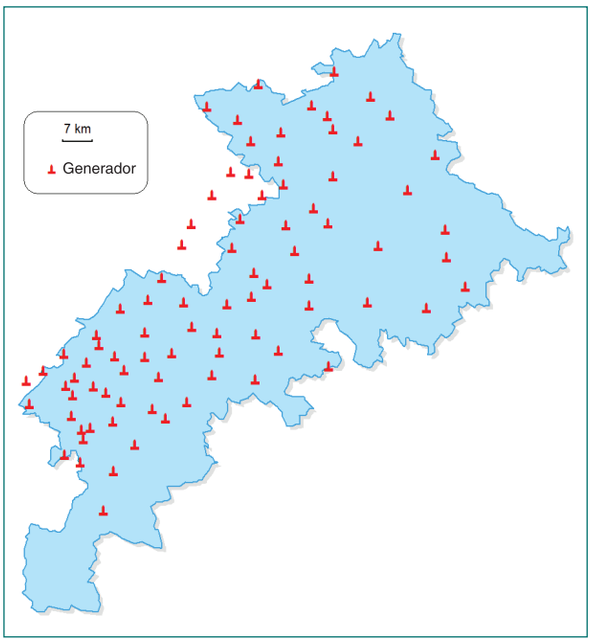


Figura 2. Distribució dels generadors d'AgI al departament d'Alta Garona.

El mapa de la xarxa situada al departament de l'Alta Garona permet visualitzar el repartiment dels generadors en una malla de 10 km aproximadament.

El finançament de les associacions locals és variable, però els principals finançadors són:

- Administracions: consells generals o regionals, municipis i mancomunitats de municipis.

- Estructures relacionades amb el món agrícola: sindicats agrícoles, asseguradores, bancs i cooperatives.

- Empreses privades (AIRBUS a l'Alta Garona), ja que la pedra no només afecta el món agrícola.

ANELFA posa a disposició de cada associació local els generadors i s'encarrega d'organitzar la coordinació de les campanyes de previsió i també de mesurar l'eficàcia del dispositiu. Amb aquesta finalitat, ha establert convenis amb organismes de previsió (Météo-France i Keraunos), té un sistema d'alerta telefònica informatitzada (Viappel) i es l'encarregada del recompte de les mides de la pedra obtinguda de la xarxa de granímetres. Al centre tècnic d'ANELFA a Lannemezan, es procedeix a muntar els generadors i es fabrica la solució cetònica a utilitzar (per tal d'assegurar-ne la qualitat).

En contrapartida, cada associació departamental contribueix al funcionament d'ANELFA fent-se càrrec de:

- Les despeses fixes que es reparteixen proporcionalment al nombre de generadors en funcionament en cada xarxa local.

- Les despeses variables per la compra de productes i peces de recanvi.

És l'assemblea general d'ANELFA, formada pels representants de les associacions locals adherides, la que fixa l'import de les contribucions en funció d'un pressupost provisional. Els consellers científics independents de l'associació estableixen les recomanacions per les operacions que s'han de dur a terme.

Efectes dels cops de pedra a la fruita.

Fernando Peligero Domeque, llicenciat en Dret. Entre el 2002 i el 2007 fou el gerent de la Mancomunitat per a la lluita antipedregades a l'Aragó. L'any 2008, amb la creació del Consorci per a la lluita antipedregades d'aquesta comunitat, se'n converteix en el director gerent.

Danys en una plantació de pomeres.

Experiències d'utilització del iodur de plata: Aragó

Resum: *La lluita contra la pedra a la zona d'Aragó s'inicià a principis del segle XX, encara que l'ús dels generadors de iodur de plata data dels anys 70. Actualment, el Consorci per a la lluita antipedregades de l'Aragó és l'ens jurídic que agrupa 7 comarques on es realitza la lluita. El cost anual de la lluita és assumit en gran part per les comarques del Consorci (90% en funció de l'IBI rústic i 10% en funció de la població), complementat per una ajuda del Govern d'Aragó (50% per a assessorament científic i 50% per a despeses comunes) i per ajudes de les diputacions provincials, principalment la de Saragossa.*

Una prova evident de la inquietud del sector agrícola pel problema que representa la pedra en els cultius d'Aragó i que està latent en el seu territori, és el fet que a principis del segle XX s'inicia l'ús de sistemes de lluita contra aquest agent meteorològic (inicialment amb generadors d'ones electromagnètiques). Actualment, aquesta problemàtica continua vigent però, actualment, s'utilitzen sistemes moderns de predicció, anàlisi i execució de tecnologies més contrastades i eficients que les anteriors.

Als anys 70, el Servei contra Plagues del Ministeri d'Agricultura va posar en marxa a la zona de Gallocanta un mètode basat en l'emissió de iodur de plata utilitzant els generadors "Dessens", que seguien el model utilitzat a França. Aquesta iniciativa de l'administració pública va propiciar que, a través de les antigues Cambres Agràries Locals i amb la direcció tècnica del Centre de Protecció Vegetal del Govern d'Aragó, s'estructurés una organització que ha estat la llavor de l'actual lluita contra la pedra a l'Aragó. La sensibilitat del sector va ser recollida per l'administració pública. La necessitat de modernitzar i dotar el sistema d'una base més científica, així com les dificultats administratives que suposava l'organització a base de petites entitats sense suport jurídic clar, va fer que es plantegés la possibilitat de la creació d'una entitat de caràcter administratiu en la qual es poguessin integrar els diferents municipis interessats en la defensa dels seus cultius agrícoles.

Aquest projecte va ser impulsat pel Departament d'Agricultura d'Aragó, que va realitzar una important despesa econòmica, prop d'un milió d'euros, per la compra de material i infraestructures i juntament amb la Diputació Provincial de Saragossa van posar en marxa la Mancomunitat per la lluita antipedregades a l'Aragó, primer organisme amb règim jurídic d'entitat local. Es va constituir el 6 de setembre de 2002, amb 14 municipis inicials, que es van incrementar fins a 148, xifra que representa un 20% del total dels municipis de l'Aragó. La forma d'adhesió era mitjançant acord plenari del consistori adoptat per majoria absoluta. El gran nombre de municipis que van arribar a formar part de la mancomunitat va suposar una dificultat a nivell organitzatiu i, després de diversos treballs previs i d'un gran nombre de reunions, es va decidir aprofitar el sistema d'organització territorial de l'Aragó a través d'entitats comarcals i la Mancomunitat es va convertir en un consorci de comarques fins que l'any 2007 va quedar constituït el Consorci antipedregades de l'Aragó.

El Consorci està integrat actualment per les comunitats del Campo de Cariñena, Comunitat de Calatayud, Campo de Daroca, Valdejalón, Bajo Aragón i Bajo Aragón Caspe. La junta general està composta per 12 membres que escullen el president, i aquest elegeix la comissió de govern. Com a personal propi, el Consorci té un director gerent i un secretari a temps parcial. En els seus estatuts es recullen els aspectes fonamentals que dirigeixen les seves actuacions, la delimitació dels membres que en poden formar part, bàsicament administracions públiques, però deixant la porta oberta a ens privats sense ànim de lucre amb interessos concurrents. També s'hi es-

tableix que la delimitació territorial queda circumscrita al territori d'Aragó. Un altre dels aspectes que recullen els estatuts és el sistema de finançament i l'aprovació anual dels pressupostos.

En els pressupostos anuals s'estableix una quota comarcal pel finançament del Consorci, variable per cada comarca. La participació del Govern d'Aragó, en funció de la disponibilitat pressupostària, es destina en un 50% a l'assessorament científic (recomanacions de situació de generadors, elaboració de prediccions, estudis d'afectació i incidència de danys, etc.) i un 50% a despeses generals. Puntualment, també es perceben ajuts de les diputacions provincials, fonamentalment de la de Saragossa. El pressupost anual està comprès entre 500.000 i 350.000 euros.

Per la determinació de la quota de cada comarca membre s'estableix un doble criteri, que intenta aproximar la despesa financera de cada una al benefici teòric que suposa la protecció pel seu territori i població. Així, aquesta quota s'estableix en base a dues variables:

- La base imposable de l'impost sobre béns immobles rústics del total dels municipis de la comarca i que determina el 90% de la quota. S'estableix el criteri de l'IBI rústic, per tal que les comarques amb una riquesa agrícola superior i per tant amb un major valor econòmic a protegir aportin una quantitat superior.

- La població comarcal, que determina el 10% restant de la quota. La introducció d'aquest criteri vol evidenciar que la protecció contra la pedra també es fa sobre béns no agrícoles.

La utilització d'aquests dos índexs pel càlcul de les quotes comarcals es deu a la voluntat d'establir una relació el més equitativa possible entre aportació i benefici econòmic. Cada comarca decideix com afronta aquesta despesa, és a dir, si són els municipis o els propis agricultors els que l'assumeixen.

El cost per a protegir-la durant els darrers 5 anys ha estat entre 0,54 i 0,79 euros/ha. Entenem que, si bé el sistema no proporciona un cobertura per al 100% dels cultius, podem assegurar que la relació entre el percentatge de protecció que s'aconsegueix, segons demostren les darreres avaluacions, i el cost que suposa és la més avantatjosa entre tots els mètodes de protecció contra la pedra.

Durant la campanya 2013, s'han protegit des del Consorci 633.800 ha, amb un total de 40 generadors d'emissió de nuclis de iodur de plata. La seva ubicació va ser determinada pel professor José Luis Sánchez dins dels serveis d'assessoria científica. Un cop efectuada la instal·lació i la comprovació de tots els equips en la seva situació, s'efectuen les proves de funcionament per tal que, des de l'1 de maig fins al 30 de setembre, la xarxa estigui a punt per al seu funcionament els dies de perill. Diàriament, es remet a l'oficina de control central del Consorci informació meteorològica, així com la recomanació d'encesa o tancament dels aparells quan les condicions són

apropiades per la precipitació de la pedra o quan considerin que aquestes han desaparegut. Una empresa especialitzada és l'encarregada dels equips antipedregades, així com d'efectuar les reparacions necessàries en el cas que es produeixi una avaria en els aparells per tal d'aconseguir la major efectivitat en els dies en què és necessària la sembra amb iodur de plata.

Danys en un camp de panís.

Antonio Vega, director de Sistemas Lógicos SL, empresa dedicada al desenvolupament d'instrumentació científica i sistemes per a la modificació atmosfèrica. Fruit de la seva col·laboració amb la Universitat de Lleó, ha desenvolupat els generadors de darrera generació que en aquests moments estan utilitzant a l'Aragó.

Danys en un camp de pereres.

Tecnologia associada a la sembra de núvols. Aplicació a la lluita contra la pedra

Resum: *Per obtenir una bona eficàcia en la lluita contra la pedra, cal utilitzar el producte de sembra en funció d'on, com, quan i quant s'ha de realitzar. Actualment, la sembra des de terra es pot fer amb dos tipus d'aparells: els generadors cetònics i el que s'anomena supergeneradors, a base de bengales que cremen una gran quantitat d'AgI. La solució seria poder instal·lar xarxes mixtes, col·locant les torres de bengales en les zones més conflictives i generadors cetònics en la resta.*

La sembra de núvols es defineix com la introducció de nuclis de congelació i/o condensació, de manera artificial dins del núvol, amb la finalitat de modificar els processos de precipitació. Aquesta acció està determinada per la modificació de la microestructura del núvol mitjançant la introducció de materials higroscòpics o glaciogènics. Si bé realitzar estudis en laboratori amb una cambra de núvols no presenta massa problemes, tant pel que fa a la seva realització com a la mesura de la seva efectivitat, el veritable desafiament és introduir aquests materials en els núvols. Les dimensions i la complexitat de l'atmosfera fa que, en condicions reals, aquesta no sigui una feina fàcil. El desenvolupament tecnològic no pot deslligar-se del desenvolupament científic. Diu l'OMM (Organització Mundial de Meteorologia): "Hi ha considerables evidències que la microestructura dels núvols pot ser modificada mitjançant la sembra amb materials higroscòpics o glaciogènics". Altres organitzacions com l'Organització Meteorològica Americana ja ho havien expressat, però el reconeixement en un document de l'OMM és de gran importància.

Un cop acceptada per la comunitat científica la possibilitat de modificar l'estructura dels núvols mitjançant la sembra, el desafiament està en com fer-ho i, a més, fer-la efectiva, és a dir, introduir els nuclis en el lloc i l'instant precís i en la quantitat necessària, és a dir, on, com, quan i quant.

Els núvols tenen una estructura complexa i no totes les seves parts són susceptibles de ser sembrades o no se n'obté la mateixa eficàcia. Al mateix temps, evolucionen i per exemple actuar quan es troba en procés de precipitació o ha entrat en fase de maduresa no té cap sentit. També cal assegurar-se que la quantitat de nuclis generats sigui suficient per poder fer una lluita eficient.

Des del punt de vista tecnològic, la sembra es pot realitzar des de l'aire o des de terra. Des de l'aire, la utilització d'avions dirigits per un radar meteorològic a la zona del núvol on es vol actuar, és la manera més directa i precisa, però també comporta una gran complexitat operativa i els seus costos són elevats. També presenta un cert risc per l'avió i el seu pilot, ja que els núvols convectius i l'orografia del terreny poden fer molt complicada la navegació. A Europa en general i a Espanya en particular, genera molts problemes l'obtenció de permisos aeris per l'enlairament i això pot comportar no poder realitzar la sembra en el moment adequat.

Un mètode més senzill i econòmic és la sembra des de terra. El seu principal inconvenient és la dificultat per determinar si s'està realitzant correctament, és a dir, si es fa en el lloc i el moment adequat i en la quantitat suficient. Ens centrarem en aquest segon mètode, més factible per les condicions dels núvols i de la zona on es pretén actuar.

Un dels sistemes més provat i utilitzat al llarg dels anys per la sembra de núvols des de terra és el dels generadors cetònics de nuclis de iodur de plata, basats en la combustió cetònica d'aquest element. Partint d'aquesta base, els diferents generadors operatius a Espanya i França presenten petites diferències (utilització de gas

propà o aire comprimit com a impulsor, encesa automàtica o manual), però el seu funcionament és similar.

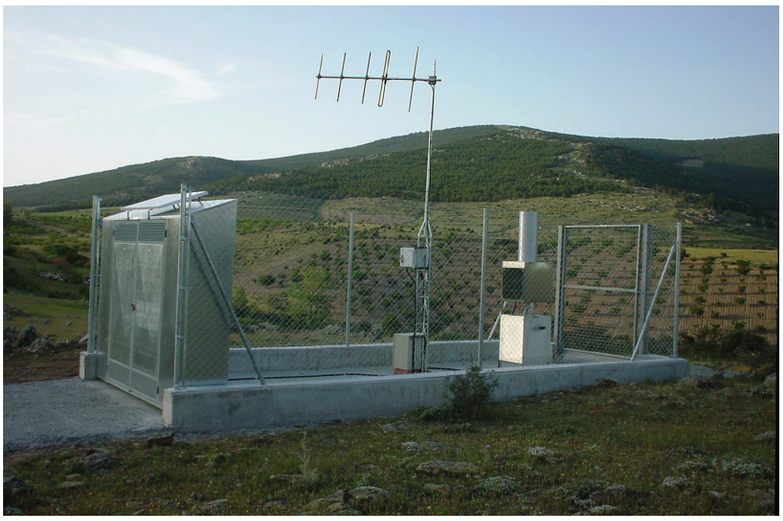


Figura 1. Generador d'AgI utilitzat actualment a l'Aragó.

En aquesta imatge, podem veure un generador que en aquests moments s'està utilitzant a l'Aragó. Està situat en un recinte tancat i està format pel propi generador/emissor de nuclis d'AgI, que consta d'un dipòsit d'acer inoxidable per emmagatzemar el producte, una part central amb tots els equips de control (reguladors de pressió, electrovàlvules per regular el flux del gas, bombes que impulsen la solució d'AgI, un circuit d'ignició que provoca l'encesa del circuit i un detector de flama que ens n'informa en cas que l'equip s'apagui o tingui alguna mena de problema). A la part superior podem veure la xemeneia, que és on es produeix l'emissió dels nuclis a l'atmosfera. Té un atomitzador amb la missió de provocar la dissolució de la solució en microgotes de cetona i així afavorir la combustió i millorar l'emissió del producte. El sistema general de funcionament està controlat per un microprocessador que té capacitat d'autoregulació. El control general de l'equip es fa a través d'un sistema de comunicacions SCADA, que envia les dades a una estació central, on es monitoritza l'estat de l'equip i es poden emetre les ordres de funcionament.

La segona opció suposa una evolució dels actuals generadors i els anomenem supergeneradors. És un sistema que ja s'està utilitzant als Estats Units i a l'Amèrica del Sud i que es basa en la combustió *in situ* (no es llancen) d'una sèrie de bengales que contenen AgI en pols. Es tracta d'una torreta de subjecció on les bengales són subjectades per uns racs, semblants als utilitzats en la lluita amb avions. Estan dotades d'un microprocessador que permet determinar la seqüència d'encesa de les bengales i la seva comunicació amb l'equip central. Hi hem incorporat una estació meteorològica per mesurar tres paràmetres importants: precipitació, velocitat i direcció del vent. El sistema de control remot és el mateix que l'utilitzat en els generadors convencionals. La part més important de tot l'equip són les bengales pirotècniques. Tenen una quantitat variable d'AgI (entre 60 i 150 g), encara que en el cas de lluita contra la pedra s'aconsella utilitzar les de 150 g. Cada bengala tarda aproximadament 4 minuts en cremar, és a dir, que poden arribar a cremar 2 kg de producte en una hora, enfront dels 14 g d'un generador convencional. A manera de resum, podem dir que són més eficaços, en poder aportar de manera ràpida i quantiosa el producte i podem

decidir quines bengales activar segons les condicions meteorològiques. També són més fàcils de transportar i mantenir.

A manera de conclusió, direm que potser el sistema ideal seria una combinació dels dos tipus de generadors. Es pot crear una xarxa de generadors híbrida, construint una barrera de sembra formada pels supergeneradors en zones de difícil accés o en zones crítiques per a la formació o el pas de tempestes i deixar els generadors cetònics per a la resta de zones.

Figura 2. Supergenerador d'AgI.

GLOSSARI

A continuació, s'ofereix la definició d'alguns termes específics usats en aquesta publicació:

AgI	Fórmula química del iodur de plata.
ANELFA	Association Nationale d'Étude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques. És una associació francesa creada l'any 1951 amb una doble finalitat: desenvolupar la recerca científica en el camp de la física dels núvols i la modificació atmosfèrica i perfeccionar un mètode de tractament dels núvols per reduir els danys causats per les pedregades.
Condensació	Canvi físic d'una substància en passar de gas o vapor a líquid.
Corba de doble massa	S'utilitza per comparar dues sèries i determinar-ne l'homogeneïtat.
CuI	Fórmula química del iodur de coure.
Desviació estàndard	Mesura del grau de dispersió d'una sèrie respecte del valor mitjà. També es coneix amb el nom de desviació típica.
Distribució bimodal	Distribució de probabilitat contínua amb dos modes diferents que apareixen com a pics diferents en funció de la densitat de probabilitat. Es presenta com a dues distribucions separades i s'utilitza quan hi ha dades de dos processos diferents. Exemple: distribució bimodal de la presència de pedra de diàmetre superior a 5 mm.
Generador	Aparell utilitzat per a la sembra de núvols des de terra amb la finalitat de reduir l'impacte de les pedregades. Generalment, utilitza com a producte una barreja de iodur de plata amb acetona.
Granímetre	Aparell proveït d'una placa de poliestirè expandit en què, en cas de pedregada, queden marcats els impactes, per tal d'efectuar la recollida sistemàtica de dades de terra.
Nuclis de condensació	Petites partícules sobre les quals es produeix la transició de vapor a líquid dins del núvol.
Sembra de núvols	Introducció de manera artificial de nuclis de condensació dins del núvol. Generalment, el producte utilitzat és el iodur de plata.
Significació estadística	Un resultat és estadísticament significatiu quan no és probable que sigui degut a l'atzar.
SMC	Servei Meteorològic de Catalunya.
Subfusió	Estat de l'aigua que continua sent líquida a temperatures inferiors a 0ºC.
Supercèl·lula	Tempesta que es caracteritza per un fort corrent ascendent i que té un moviment de rotació al seu interior. Les supercèl·lules són responsables de vents violents, grans pedregades, fortes pluges i fins i tot tornados.
Weather Modification Association (WMA)	Neix l'any 1950 amb la finalitat d'aprofundir en el coneixement i la comprensió dels processos i les tècniques de modificació, el seu impacte i promoure la conducta ètica professional. Edita una de les revistes més prestigioses sobre el tema, *Journal of Weather Modification*, i elabora diferents documents que serveixen de base per a la presa de decisions en l'àmbit mundial.

Diputació de Lleida

municipis, territori i tu

Amb la col·laboració de:

ADV TERRES DE PONENT