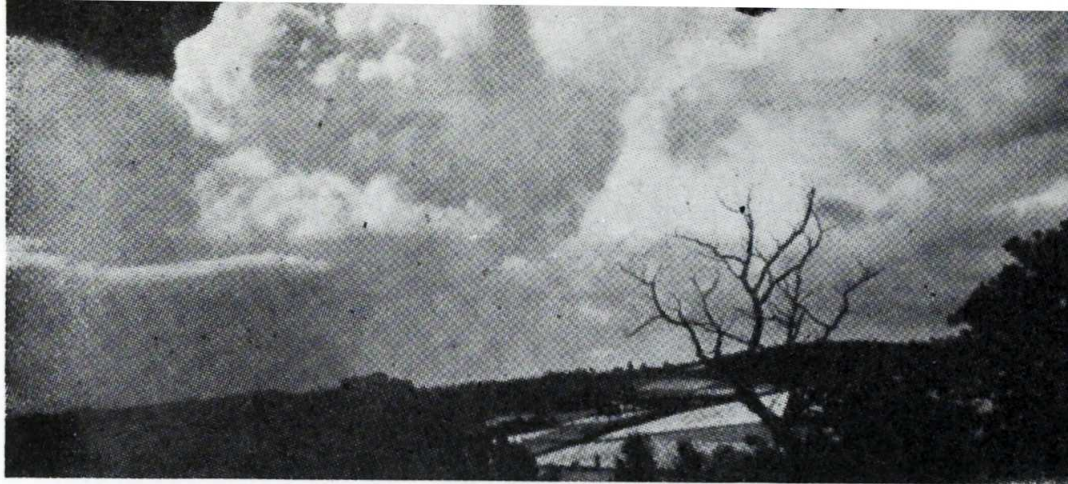


LA DEFENSA ANTIGRANIZO EN UNA COMARCA ESPAÑOLA



EN España, como en otros países, existen comarcas que sufren con relativa frecuencia los efectos de devastadoras granizadas.

No es extraño, por lo tanto, que en varias ocasiones, hablando con otros compañeros, haya surgido en la conversación el tema del pedrisco y que éstos se hayan interesado por conocer detalles relativos al sistema de defensa, puesto en funcionamiento en la comarca de Requena-Utiel y zonas limítrofes, para luchar contra esta adversidad climatológica.

Estas razones me han movido a escribir unas líneas sobre esta actividad en la que colaboré cuando trabajaba en aquella comarca y cuya evolución posterior he seguido con interés durante los tres años que llevo fuera de ella; porque un Agente de Extensión no puede nunca olvidar a los hombres de las comarcas donde actuó, ni tampoco despreocuparse por completo de los problemas que aquéllos tenían planteados cuando él los tuvo que dejar.

EL GRANIZO Y LAS NUBES

Antes de describir el sistema de defensa antigranizo utilizado en la comarca indicada conviene resumir de forma breve ciertos conocimientos relativos a la formación del granizo, y para ello voy a extractar algunas de las ideas recogidas en los cuadernos publicados por la «Association d'Etudes des Moyens de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques» y de la que forman parte destacados investigadores franceses.

Estos conocimientos permitirán comprender mejor el fundamento científico del sis-

tema de defensa allí empleado con carácter experimental.

El granizo es agua congelada, en forma de granos más o menos gruesos y duros, que caen de las nubes con violencia.

Los cúmulo-nimbos son las nubes tormentosas en las que tiene lugar la formación del granizo.

Los cúmulo-nimbos tienen un desarrollo vertical enorme; en ocasiones van desde el suelo hasta 14 ó 16.000 metros, según se ha podido comprobar haciendo uso del radar.

En el cúmulo-nimbo pueden encontrarse tres zonas diferentes: una baja, llamada base; una zona intermedia, denominada chimenea, en la que hay fuertes corrientes de aire ascendentes, y una cima de aspecto algodonoso al principio y que después se vuelve plana y adquiere la forma de un yunque.

La formación del cúmulo-nimbo se inicia al ser calentadas por el sol masas de aire más o menos próximas al suelo, las cuales contienen una cierta cantidad de vapor de agua. Como consecuencia del aumento de temperatura dichas masas de aire ascienden a zonas más elevadas y este ascenso lleva consigo un enfriamiento progresivo que determina la condensación del vapor de agua que contiene la masa de aire y da lugar a la formación de pequeñas gotitas. Al suceder esto es cuando se aprecia la formación de la nube, y el fenómeno tiene lugar a una altura comprendida entre los 1.000 y 2.000 metros, donde la temperatura del aire es de unos 10° C.

Por diversas causas, que no es del caso describir, la masa de aire sigue elevándose

y, por lo tanto, continúa disminuyendo su temperatura, lo que determina un aumento del tamaño de las gotitas. En contra de lo que cabría suponer, cuando la temperatura del aire ascendente llega a 0° , lo que sucede a unos 3.000 metros sobre el nivel del suelo, las gotas de agua no se transforman en cristales de hielo, sino que se mantienen en estado líquido, aunque su temperatura sea inferior a 0° . Se dice entonces que se encuentran en estado de «sobrefusión».

El proceso descrito continúa, y las gotas sobrefundidas son arrastradas por fuertes corrientes que circulan por la «chimenea» del cúmulo-nimbo, alcanzando cada vez mayor altura y, al mismo tiempo, siendo cada vez más baja su temperatura, la cual desciende desde -4° C hasta -40° C. Entonces, cuando la temperatura del agua es de -4° C, lo cual suele ocurrir a alturas próximas a los 5.000 metros, aparecen los primeros cristales de hielo, cuyo número va aumentando a medida que va descendiendo la temperatura. La congelación del agua es total cuando se encuentra a unos 10.000 metros sobre el nivel del suelo y la temperatura es de -40° C.

En la zona de la nube en la que la temperatura es de -15° C el número de cristales que se forman depende de la existencia de unos núcleos llamados hielógenos y que actúan como puntos alrededor de los cuales se van acumulando las gotitas de agua sobrefundida, aumentando progresivamente de tamaño.

Lógicamente, si hay muchos núcleos hielógenos se formarán muchos cristales de hielo, pero éstos serán de pequeño tamaño, porque el agua sobrefundida de la nube queda muy repartida entre todos ellos; en cambio, si en la nube hay pocos núcleos hieló-

genos, el número de cristales de hielo que se forme será muy reducido y el agua sobrefundida que se vaya depositando sobre tales cristales los hará engrosar hasta constituir piedras de gran tamaño, que son precisamente las que causan el daño al caer.

LOS PROCEDIMIENTOS DE DEFENSA ANTIGRANIZO

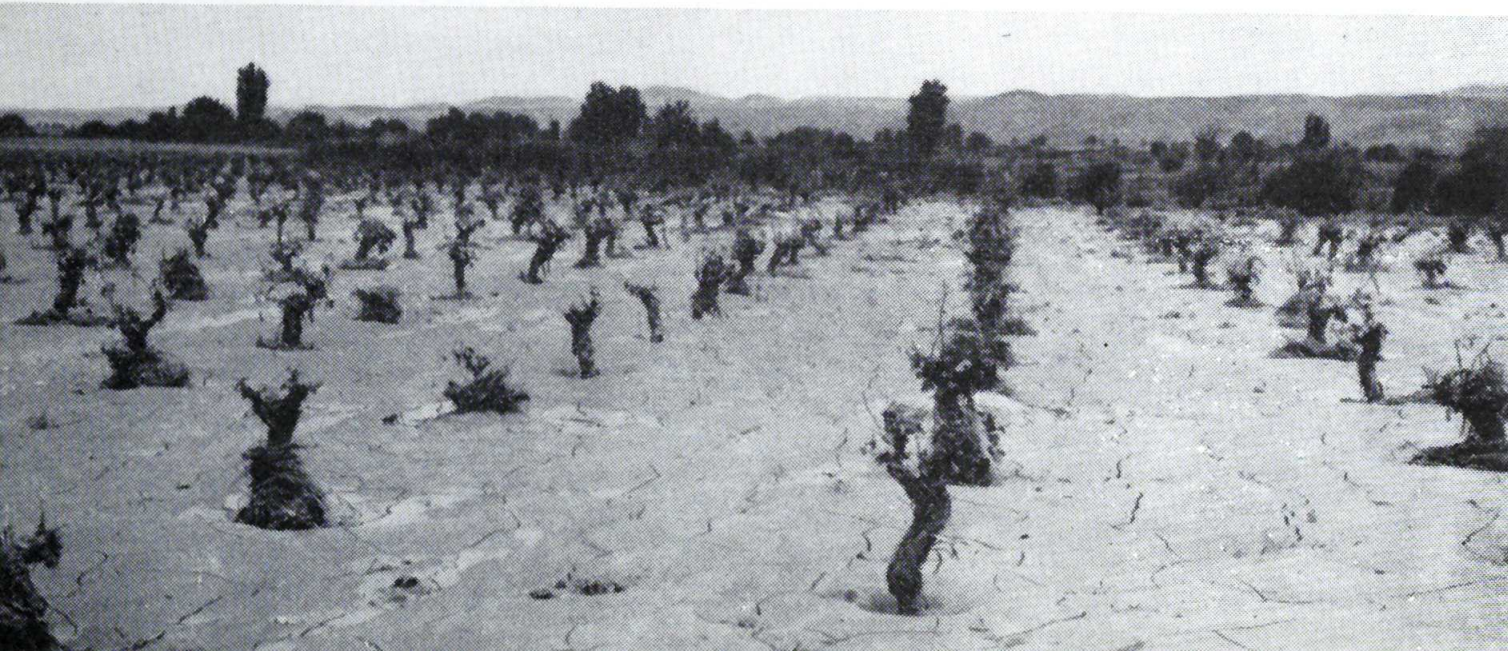
Los procedimientos actualmente empleados para luchar contra el granizo son:

a) Lanzamiento de cohetes dotados de una carga explosiva de mayor o menor potencia. La efectividad de este método se considera que reside en que la onda expansiva creada por la explosión tiene poder suficiente para deshacer o romper las nubes tormentosas.

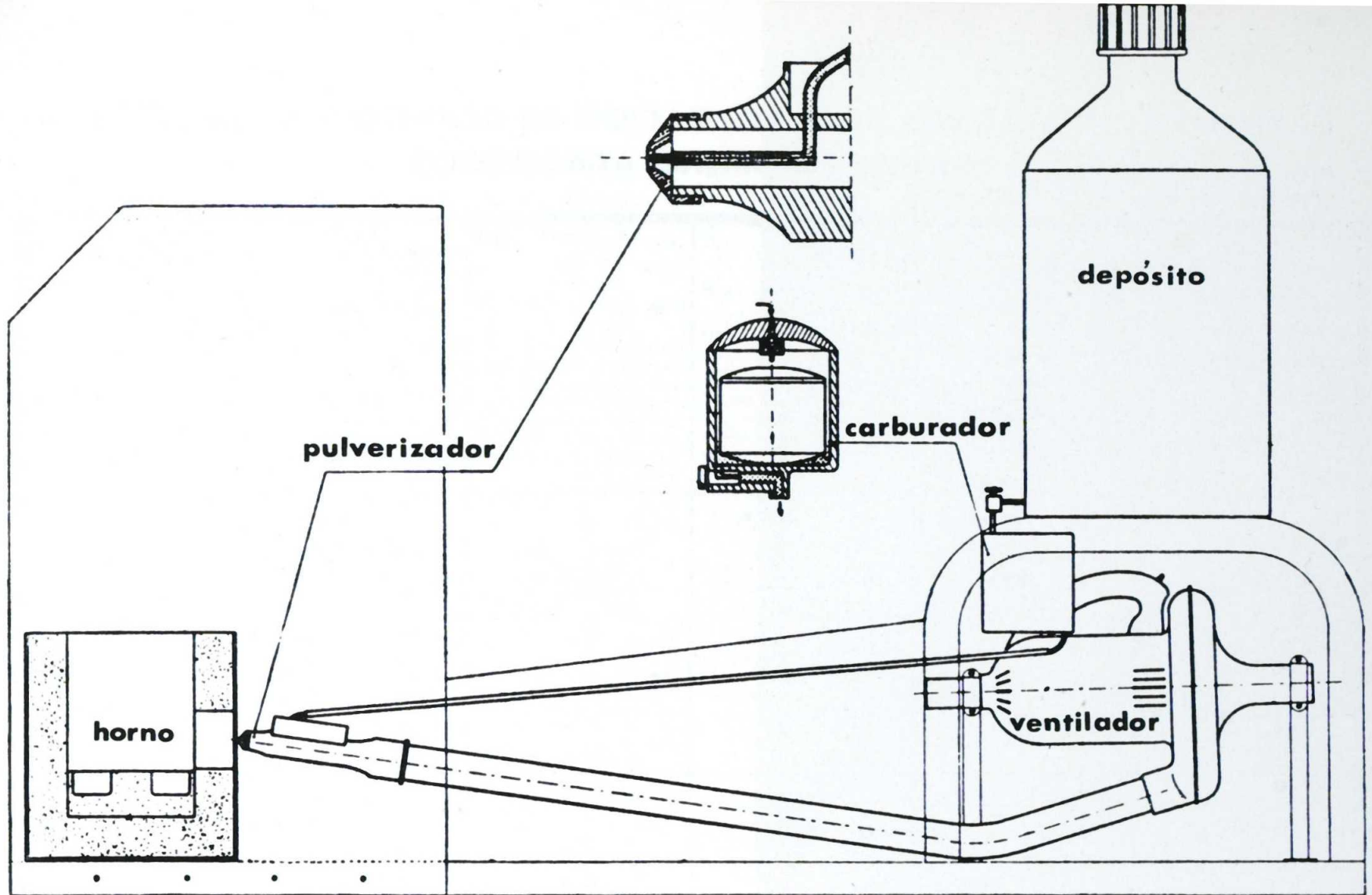
b) Siembra en la atmósfera, realizada desde el suelo, de núcleos higroscópicos o de condensación que influyen en la evolución de las nubes tormentosas, favoreciendo la formación de gotas de agua y, por lo tanto, impidiendo que ésta llegue a constituir granizos destructores.

c) Un tercer método, que podría considerarse como mixto de los dos anteriores, es el que utiliza cohetes que llevan una carga especial de una sustancia higroscópica. Estos cohetes, al hacer explosión a una altura de unos 1.000 a 1.500 metros, liberan y diseminan en la atmósfera núcleos de condensación formados a partir de la carga indicada, que son absorbidos por las corrientes internas de la nube y que facilitan, lo mismo que en el caso anterior, la formación de gotitas de agua.

No vamos a indicar si nos parece más efectivo un procedimiento u otro, pues para



Efectos del pedrisco y la riada en una viña brotada recientemente.



Esquema de un generador de núcleos de yoduro de plata utilizado en Francia.

ello tendríamos que hacer una exposición exhaustiva de las opiniones que los distintos investigadores han dado sobre las ventajas e inconvenientes de cada método. Sin embargo, conviene recordar que el primer procedimiento está prácticamente descartado científicamente, y que en la actualidad las investigaciones, ensayos y prácticas en gran escala se realizan sobre los dos sistemas últimamente enumerados: la siembra en la atmósfera de núcleos de condensación, realizada desde el suelo o por medio de cohetes que los colocan en principio a una altura de unos 1.000 a 1.300 metros.


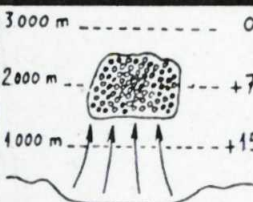
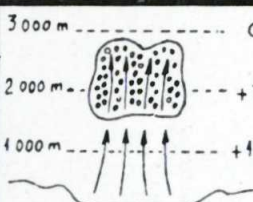

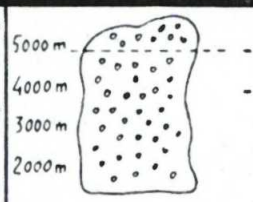
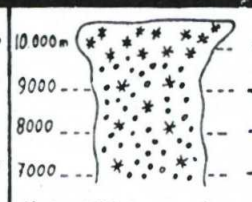


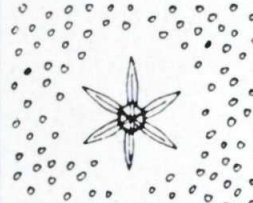

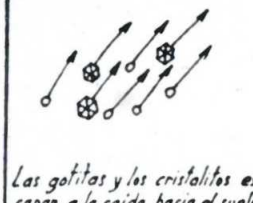




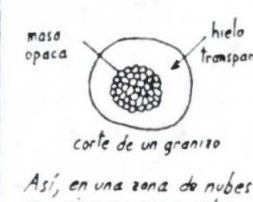

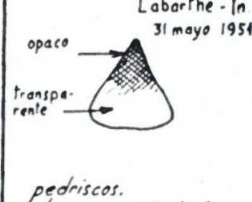


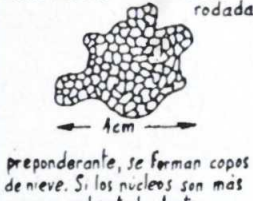





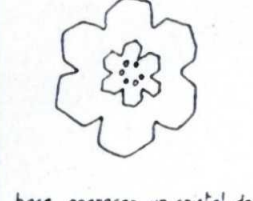
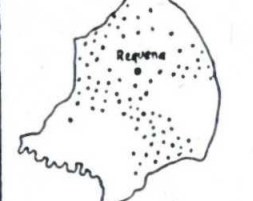


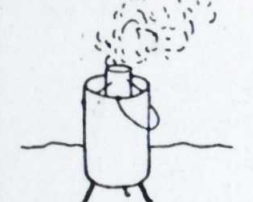

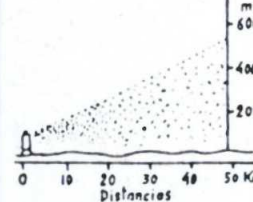

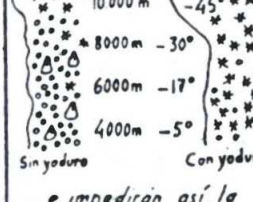

EL SISTEMA DE DEFENSA EMPLEADO EN LA COMARCA DE REQUENA-UTIEL

El día 19 de mayo del año 1959 se celebró en Requena una reunión para estudiar la organización de un sistema de defensa antigranizo que protegiera a los términos municipales de Requena, Utiel y otros pueblos próximos de los daños que el pedrisco causaba con gran frecuencia en aquella comarca.

En dicha reunión, organizada por la Agencia Comarcal del Servicio de Extensión Agraria, intervinieron investigadores franceses de la «Association d'Etudes des Moyens de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques y del Observatoire de Physique du Globe de Puy de Dôme», que expusieron cómo estaba organizada la red antigranizo en el Suroeste de Francia y los fundamentos del sistema por ellos empleado, consistente en sembrar homogénea y precozmente la atmósfera con núcleos artificiales de congelación de yoduro de plata, los cuales son emitidos, desde puestos generadores convenientemente emplazados en el suelo, cuando hay riesgo de tormentas de granizo.

La reunión indicada despertó gran interés, tanto en la comarca como en las zonas limítrofes, pero no llevó de momento a adoptar la decisión de crear un sistema de defensa contra el pedrisco en la comarca, aunque sólo fuera a título experimental. Sin embargo, fue el germen que sirvió para que tres años más tarde, en vista de que los daños causados por el pedrisco iban en aumento, se pudiese en funcionamiento, tras

GRAFICOS COMPARATIVOS DE LA FORMACION DE GRANIZO Y DE LA DEFENSA DE ESTE FENOMENO ATMOSFERICO

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|
|  <p>El principio de la formación del granizo tiene lugar en una llanura soleada, abrigada de los vientos. El aire caliente toma un momento ascendente.</p> |  <p>Ganando altura el aire se enfría. Pronto el invisible vapor de agua que el contiene se condensa en gotitas y forma nubes. Estas minúsculas esferas, estas bolitas...</p> |  <p>de agua son 100 veces más pequeñas que las del dibujo. La condensación produce calor y acelera la corriente ascendente en la nube.</p> |  <p>La temperatura del aire que contiene las gotitas descendiendo a medida que la altura aumenta. Al pasar a cero grados, esperamos en vano la aparición de cristales de hielo. Pero, incluso desde 5° bajo cero hasta 10° bajo cero, las gotitas quedan líquidas,.....</p> |  <p>"sobrefundidas", como dicen los físicos. Es este retraso en la congelación de las gotitas lo que ocasiona la piedra.</p> |  <p>Hacia 15° bajo cero, algunos cristales de hielo acaban por aparecer en la multitud de gotitas, su número aumenta en las mayores alturas pero hace falta esperar a 40° bajo cero para que todas las gotitas...</p> |
|  <p>hayan dado lugar a cristales. Los cúmulos donde evidentemente están los cristales de hielo se llaman "cumulonimbus".</p> |  <p>Los cristales que se forman hacia los 15° bajo cero son debidos a la intervención de partículas llamadas <u>núcleos de hielo</u>.</p> |  <p>Desde que un cristal aparece entre las gotitas sobrefundidas estas se evaporan a su lado al mismo tiempo que el cristal.....</p> |  <p>aumenta y se transforma en copos de nieve. Hay transmisión de agua de la gotita al cristal por mediación del vapor de agua.</p> |  <p>Las gotitas y los cristallitos escapan a la caída hacia el suelo y son llevados por las corrientes de aire; pero los grandes cristales y las copos de nieve son sensibles a la atracción terrestre. Incluso si las corrientes ascendentes son....</p> |  <p>bastante fuertes para obligarles a subir, los cristales gruesos son continuamente sobrepasados por los gotitas. Esta diferencia de movimientos provoca numerosos encuentros entre cristales y gotitas.</p> |
|  <p>Si las gotitas sobrefundidas no son demasiadas numerosas, se congelan al impacto sobre el cristal o el copo. Así se forma un bloque granudo, llamado <u>nieve rodada</u>, constituyendo un granizo de hielo opaco, ligero y blando.</p> |  <p>80 calorías por gota de agua congelada. La congelación de las gotas captadas por el granizo, desprende calor; si el ritmo de captación es rápido, este calor se evacua lentamente en el aire y.....</p> |  <p>...el granizo se recalienta en la superficie hasta cero grados; se encuentra entonces rodeado de agua que se congelará progresivamente bajo la forma de hielo transparente.</p> |  <p>Así, en una zona de nubes muy rica en agua sobrefundida, el granizo se recubre de una capa de hielo transparente, densa y dura.</p> |  <p>Clermond - Fd 15 junio 1954, 19 h. opaco 4cm</p> <p>La congelación progresiva de una capa de agua permite a los granizos adherirse entre ellos dando lugar a la formación de granizos de formas bicornes o irregulares, observados en los grandes....</p> |  <p>Labarthe - In 31 mayo 1954 opaco transparente</p> <p>pedriscos. Las capas de hielo opaco, o transparente, permiten así reconstruir la historia del granizo.</p> |
|  <p>Volviendo a las causas que motivaron las congelaciones, estudiemos de nuevo la proporción relativa de agua sobrefundida y de cristales; es el número de cristales.....</p> |  <p>Muchos núcleos → copos de nieve ...que aparecen hacia los 15° bajo cero lo que da el número de núcleos de hielo presentes en un m³ de aire, que determina el tipo de precipitación; si los núcleos son numerosos, la primera forma de crecimientos de cristales es....</p> |  <p>Pocos núcleos → nieve rodada preponderante, se forman copos de nieve. Si los núcleos son más escasos, subsiste bastante agua sobrefundida para que el mecanismo de la producción de la nieve rodada se disperse, esos "granizos dulces" son susceptibles de....</p> |  <p>Ningún núcleo → granizos grandes fundirse antes de llegar al suelo. Si, en fin, los núcleos son escasos o nulos, la nieve rebosa agua sobrefundida y se forman grandes granizos de hielo duro que asolan las cosechas.</p> |  <p>En el Puy de Dôme en 1 litro de aire 14 mayo 1954 0 núcleos 28 mayo 1954 100 núcleos naturales La primera esperanza científica de prevenir el granizo nació hace 40 años, de los descubrimientos siguientes: 1° El número de núcleos del aire varía enormemente de un día a otro.</p> |  <p>Preparación de yoduro de plata a partir de plata y de yodo en la acetona 2° Es posible fabricar núcleos de hielo artificiales más eficaces que los núcleos naturales. Puesto que el granizo destructivo es debido a una carencia de estos núcleos naturales.....</p> |
|  <p>el remedio consistirá en paliar esta carencia por emisiones masivas de núcleos artificiales. Con solo un miligramo de yoduro de plata se puede obtener....</p> |  <p>varias decenas de millares de núcleos. Las experiencias de laboratorio y al aire libre han demostrado que cada uno de esos núcleos.....</p> |  <p>hace aparecer un cristal de hielo en toda nube donde la temperatura esté por debajo de 4° bajo cero.</p> |  <p>Conviene, pues, realizar una vasta polución regional de núcleos de yoduro de plata, con la ayuda de una red constituida por 90 estaciones de emisión de humos.</p> |  <p>En cada una de las estaciones, personal de este servicio está alerta cuando una posibilidad de tormenta con granizo es anunciada por.....</p> |  <p>Radio Nacional: Encienden el hornillo a su cargo.</p> |
|  <p>El carbón, al arder, volatiliza el yoduro de plata.</p> |  <p>El vapor de yoduro se escapa con los humos del carbón y se recondensa en partículas ultramicroscópicas.</p> |  <p>Estos granos de humo son muy pequeños para recoger al suelo, arrastrados por el aire, forman inmensas e invisibles penachos.</p> |  <p>Toda ascension, fuente de cúmulos, llevara hacia lo alto, con el aire húmedo, los núcleos de yoduro de plata, que se opondrán a la sobrefusión de las gotitas.....</p> |  <p>e impedirán así, la formación de granizos destructores. Si un resultado tan grandioso les parece todavía fuera del alcance....</p> |  <p>...piensen que en un minuto, una de nuestras 90 estaciones libera más núcleos que abejas hay en mil millones de colmenas superpobladas.</p> |

Dibujos publicados en el cuaderno núm. 5 de la «Association d'Etudes des moyens de lutte contre les Fléaux Atmosphériques» y adaptados para las memorias-informe de la Hermandad de Labradores de Requena, correspondientes a los años 1962 y 1963.

laboriosas gestiones, un sistema de defensa antigranizo similar al organizado en Francia y que había sido dado a conocer en la reunión celebrada el año 1959.

Para montar el sistema de defensa mencionado intervinieron conjunta y estrechamente las Hermandades de Labradores de los pueblos de toda la comarca, la Estación de Viticultura y Enología de Requena, la Agencia Comarcal del Servicio de Extensión Agraria de Requena-Utiel, técnicos de una casa comercial encargada de suministrar el producto activo a partir del cual se forman los núcleos de yoduro de plata y representantes de otras entidades y organismos provinciales.

LA RED DEFENSIVA

Se instalaron 86 quemadores distribuidos por toda la comarca, en parajes y lugares convenientemente elegidos.

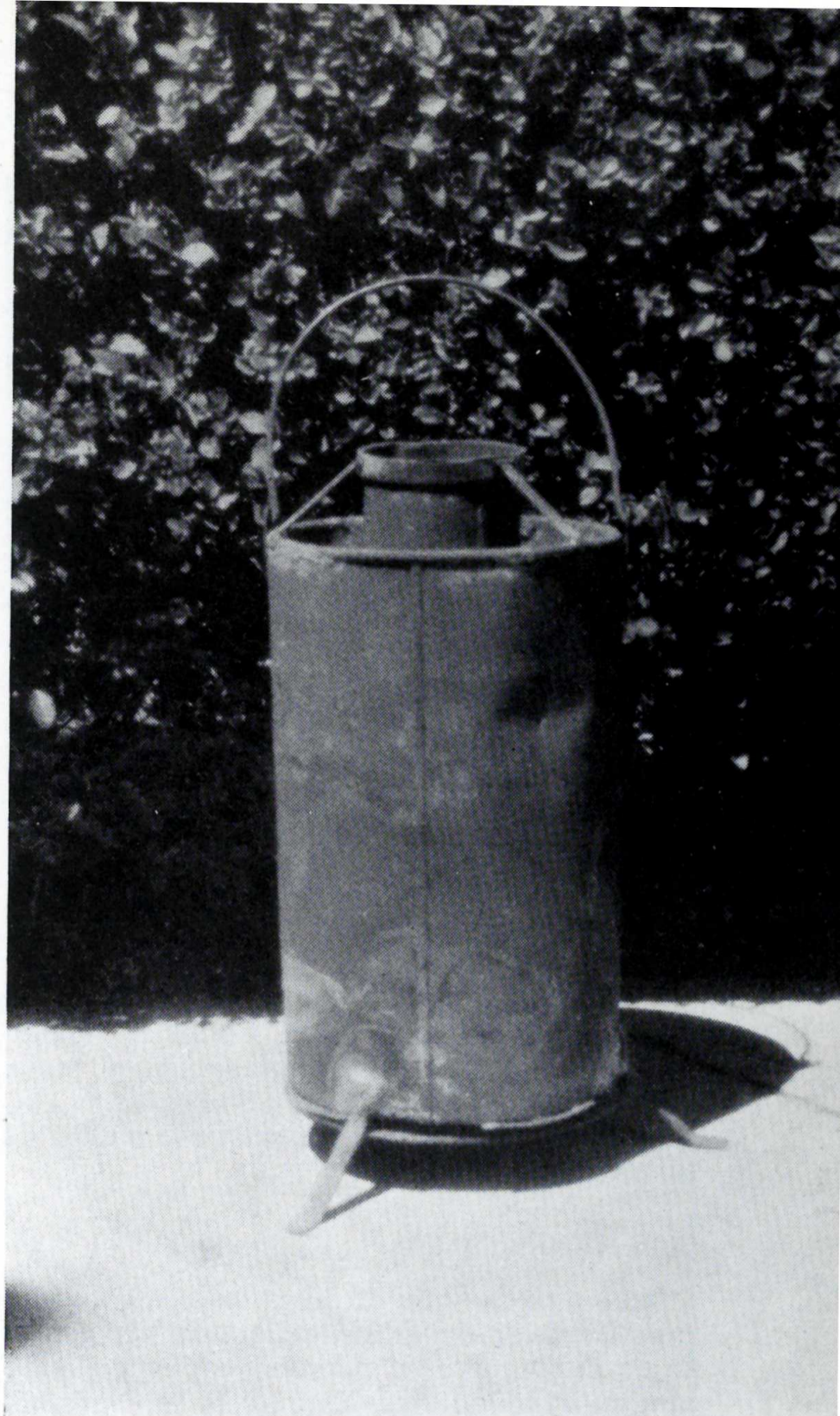
Los quemadores citados consisten, como puede verse en la fotografía, en dos cilindros de chapa colocados uno dentro de otro, concéntricamente.

La carga de estos quemadores u hornillos se realiza de la siguiente forma: se llena de carbón vegetal el espacio que queda entre los dos cilindros y dentro del cilindro interior se coloca carbón de cok, activado con yoduro de plata al 2 por 100.

Para ponerlos en funcionamiento se prende fuego al carbón vegetal por la parte inferior del hornillo. Este, al arder con llama, pone al rojo el tubo interior donde se encuentra el carbón activado con yoduro de plata. Poco a poco el carbón activado va entrando en combustión; es una combustión lenta que al mismo tiempo va liberando millones de núcleos de yoduro de plata. Los núcleos salen bajo la forma de un humo blanquecino, ascienden por la atmósfera y penetran en las nubes tormentosas, arrastrados por las corrientes de aire que éstas originan. Alrededor de estos núcleos se agrupan las gotas de agua de la nube, impidiéndose así que pasen al estado de sobrefusión y formen granizos destructores.

CUANDO DEBEN FUNCIONAR LOS HORNILLOS.

Teniendo en cuenta que los núcleos de yoduro de plata pueden servir para impedir



Quemador utilizado en la zona Requena-Utiel para prevenir la formación de granizo.

que se formen granizos, pero no para deshacer éstos si ya están formados, fácilmente se comprende que habrá que lanzarlos a la atmósfera cuando se sospeche que hay riesgo de tormenta, pero antes de que ésta se forme.

Para poder poner oportunamente en marcha los hornillos se hicieron gestiones con el Servicio Meteorológico Nacional de Valencia y con la Emisora de Radio Nacional de esta capital. El primero facilitaba todos los días por la mañana un parte en el que indicaba el riesgo de tormenta en la comarca y la segunda difundía el parte alrededor



Obsérvese el tamaño que pueden adquirir los granizos.

de las nueve de la mañana. Todos los encargados de los hornillos debían oírlo e inmediatamente poner en funcionamiento los quemadores siempre que existiese riesgo de tormenta.

LOS RESULTADOS

No se piense que durante los años que ha funcionado el Servicio de Defensa Antigranizo en la comarca, el pedrisco no ha causado ningún daño en ella. Esto sería una utopía. Sin embargo, los resultados no son desalentadores, ni mucho menos.

Todos los años se publica un resumen de los resultados de la campaña. No nos es posible reproducir los datos reflejados en dichos resúmenes, pero de ellos se deduce que las pérdidas se han reducido sensiblemente en varios de los términos municipales defendidos.

Por otra parte, la continuidad del Servicio que no ha dejado de funcionar un solo año desde que lo hizo en el verano de 1962, parecen confirmar una esperanzadora eficacia.

También es significativo el que algunos de los pedriscos caídos en las temporadas en que lleva actuando el sistema de defensa hayan coincidido con días en los que por

diversas causas los quemadores no funcionaron con la regularidad que debieron hacerlo.

Otro hecho destacable es que en algunos de los pedriscos caídos en días que funcionó el sistema de defensa se ha comprobado que el granizo era menos duro de lo normal y los daños que causó fueron menores de lo que cabía esperar. Es lógico suponer que la formación de un granizo de tales características fue debida al funcionamiento de la red defensiva, la cual, aunque no anuló completamente los daños, logró al menos disminuirlos sensiblemente.

Sin embargo, estamos seguros de que los resultados obtenidos pueden mejorarse. Medios para lograrlo son, sin duda alguna, los siguientes:

— Sustituir los actuales quemadores por otros generadores más modernos empleados hace ya varios años en Francia y que funcionan con soluciones acetónicas de yoduro de plata. En estos aparatos la producción de núcleos es más constante y elevada.

— Utilizar mayor número de quemadores.

— Corregir las deficiencias que puedan existir en el funcionamiento de la actual red de defensa (manejo deficiente de los hornillos, descuidos de los encargados, etc.).

COMENTARIO FINAL

No queremos terminar sin destacar de forma breve los siguientes puntos que de forma clara o velada han quedado reflejados a lo largo de este artículo.

— La lucha contra el pedrisco es una preocupación que acapara actualmente la atención de numerosos investigadores.

— Los procedimientos empleados para luchar contra el pedrisco están todavía en una fase experimental, en la que se obtienen resultados esperanzadores.

— En la lucha contra el pedrisco, como en otras muchas facetas de la actividad agraria, poco o nada valen los desvelos de cada agricultor aislado. En cambio, el pequeño esfuerzo de todos y cada uno de los agricultores de una comarca debidamente conjuntada hacen posible la creación de un sistema de defensa antigranizo, aunque sólo sea en plan experimental, como el que funciona desde hace ya cinco años en la zona Requena-Utiel.

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ BENEDÍ