

MODIFICACION DEL TIEMPO ATMOSFERICO

YA HAY FUTUROLOGOS QUE PREDICEN UN
CONTROL DEL CLIMA TERRESTRE PARA EL
AÑO 2.050

SI SE LOGRA, AUNQUE SOLAMENTE SEA EN
MICROZONAS, LA TIERRA ALBERGARA UNA
HUMANIDAD SIN HAMBRE

Murcia
[Signature]
23-XI-79

ZELTIA AGRARIA, S.A.
DPTO. DE NUEVAS TECNOLOGIAS
MADRID - ESPAÑA

¿POR QUE MODIFICAR EL TIEMPO?

Desde la más remota antigüedad, el hombre a veces ha sufrido las consecuencias de los fenómenos atmosféricos; ni que decir tiene que también se ha beneficiado de ellos.

De cualquier forma, al hombre siempre le ha interesado controlar la cantidad de agua que ha podido recoger; a veces le ha podido interesar controlar el viento, las mareas, la temperatura y otros factores en relación con la climatología que tan cruelmente le han perjudicado.

¿Por qué modificar el tiempo?. Esta es una pregunta que actualmente puede contestarse. Los humanos necesitan una serie de medios cada vez mayores, no sólo para subsistir, sino para vivir de una manera cada vez más cómoda y más fácil.

El tiempo atmosférico, y dentro de él el control de la lluvia, decide una parte de esta comodidad y de este bien vivir al que se alude anteriormente.

El poder disponer de agua en momentos de escasez, el poder hacer que llueva, el poder eliminar una niebla de un aeropuerto en momentos de intenso tráfico, evitar daños a los cultivos por una fuerte granizada, y otra serie de intervenciones del hombre en la meteorología, es a lo que llamamos modificar el tiempo. (ver fotos n^os 00 y 0).

Esta modificación ha sido fruto de muchos estudios, sobre todo por parte de los países más avanzados en este tipo de tecnología.

Desde que los primeros experimentos con calificación de *sofisticados* se realizaron en 1946 por un grupo de técnicos americanos, del Servicio del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, se han proseguido experimentando nuevos sistemas, todos ellos conducentes a modificar el estado atmosférico. Ya en 1896 se ensayaron en Europa, por M. STIGER, los "cañones anti-granizo", primeros modificadores del estado atmosférico construidos por el hombre.

En Francia también han tenido gran auge estas aplicaciones de la ciencia, traduciéndose en una serie de técnicas con las que actualmente cuenta este país, así como Italia, Rusia, Israel, Méjico, y Canadá, entre las naciones más destacadas.

Los experimentos, concretamente la inducción de lluvia, han demostrado en Israel que se pueden convertir zonas desérticas en zonas donde los cultivos surjan con gran fuerza. GAJIN, meteorólogo e ingeniero israelita, ha sido uno de los principales técnicos que ha colaborado a este efecto.

También se han realizado diversos programas de modificación atmosférica al Sur de Florida, por SIMPSON y otros colaboradores, demostrándose que los beneficios obtenidos al modificar el tiempo atmosférico controlando la lluvia en esta zona, proporcionaban ventajas económicas de hasta 60 veces la inversión. Otros programas han sido elaborados por el Dr. Larry G. DAVIS, de Colorado International Corporation, actualmente la figura de mayor prestigio en el campo de la modificación meteorológica. También ha sido de gran trascendencia el llamado *Programa Flagstaff*, acometido por Huze y Traction, calculando que en todos ellos el beneficio o relación entre cantidad de agua producida y coste del experimento es de 60 e incluso de 70 a 1.

LA AGRICULTURA, EL AGUA Y EL GRANIZO

Las técnicas que se han desarrollado pueden dividirse en tres grupos, todos ellos en relación con la modificación del tiempo atmosférico, pero dirigidos en dos sentidos principalmente: la **lucha anti-granizo** y la **producción de lluvia artificial**. El tercero se concreta en el grupo de acción anti-niebla, control de fuegos forestales, etc.

Por otra parte, se hace notar que las técnicas de las que hablábamos anteriormente son: a) Técnicas de Utilización de Generadores, b) Técnicas de Uso de Cohetes y c) Técnicas basadas en el Empleo de Aeronaves.

Las dos primeras, usadas profusamente por todo el mundo, y en la agricultura de amplísimas zonas, que ya cubren actualmente varios cientos de millones de hectáreas, han dado unos resultados experimentales esperanzadores; pero de lo que tratamos es de que estos resultados sean ampliamente superados con nuevas técnicas aportadas por otros países más desarrollados en este sentido. Precisamente, la utilización de aeronaves es actualmente la gran esperanza en el desarrollo de este tipo de tecnología.

La justificación del uso de aeronaves para este tipo de modificación del estado atmosférico, se basa en el profundo conocimiento de la meteorología zonal, combinado con unas técnicas de situación de distintos productos, la mayoría de ellos de origen químico, en un determinado lugar de las nubes.

LAS TECNICAS EMPLEADAS

Desde un punto de vista que abarque toda la experimentación realizada en este campo a lo largo y ancho de nuestro planeta, y haciendo un resumen por partes, se ofrece al lector el siguiente cuadro de situación. No se puede en estos momentos precisar cuál es la trascendencia de cada

proyecto, ni si en esta sinopsis están todos los países y regiones en las que actualmente se está trabajando, sólomente dará una idea de las actividades en marcha, ya realizadas, o en proyecto.

PAISES	TIPO	No DE PROYECTOS (1976) Patrocinados por	AÑO DE COMIENZO
Alemania Occidental	ip — sg	1 — SO — or	1976
Argentina	sg	1 — SO — or	1970
Brasil	ip	2 — SO — inv	1971
Bulgaria	sg	1 — SO — or	1969
Canadá	sg	1 — SO — or+inv	1970
	ip	1 — SO — or	1975
Cuba	ip	1 — SO — or	1968
Checoslovaquia	ip — sg	1 — SO — or	—
España (*)	sg	1 — SO — inv	1978
Estados Unidos	ip	9 — SO — or	1954
		10 — P — or	1954
		5 — SO — inv	1960
	nb	2 — SO — inv	1965
		10 — P — or	1969
		3 — SO — or	1972
	sg	5 — SO — or	1970
		3 — P — or	1970
Filipinas	ip	1 — SO — inv	1976
Hungría	ip — sg	1 — SO — or+inv	1976
Israel	ip	2 — SO — or+inv	1960
Italia	ip	1 — SO — or	1967
	sg	2 — SO — or	1969
Malasia	ci	1 — SO — or	1973
México	ip	1 — SO — inv	1974
	ip	2 — SO — or	1970
Nicaragua	ip	1 — SO — or	1972
Niger	ip	1 — SO — or	1973

Noruega	nb	1 – SO – or	1965
Rumania	ip	1 – SO – or	1969
Rusia	sg	9 – SO – or+ inv	1965
	ip	11 – SO – inv	
		6 – SO – or+inv	
Suiza	sg	1 – SO – inv	1976
Thailandia	ip	1 – SO – or	1970
Turquía	ip	1 – SO – inv	1976

(*) Proyecto anti-granizo llevado a cabo por el Ministerio de Agricultura en la zona de Levante.

Lectura:

- ip = incremento de precipitaciones
- sg = supresión de granizo
- nb = control de niebla en aeropuertos
- ci = control de inundaciones
- SO = Servicios Oficiales
- P = iniciativa privada
- or = operación realizada
- inv = en investigación

Una vez comprendida la magnitud de los trabajos en marcha y en gestación, conviene comentar y criticar los tres sistemas o técnicas empleados para modificar el estado atmosférico.

Bien es verdad que para poder, por ejemplo, producir llover o bien "ordeñar" una nube, lo primero que es preciso es que exista esa nube y que tenga unas características determinadas. Que tenga una "actividad dinámica" relativamente alta, y que, en definitiva, pertenezca al grupo denominado *cúmulos*, o *cúmulo-nimbos*. Una vez dicho esto, y para poder comprender el concepto de "actividad dinámica", será preciso intuir aquello que ocurre en un metro cúbico, u otra unidad de volumen, dentro de la nube. Las partículas que se mueven en el seno de una célula cúmulo-núbica lo harán de acuerdo con las leyes de la Termodinámica y de la microfísica de nubes; si son pocas aquellas partículas y se aglutinan intensamente, producirán pocos núcleos y grandes -granizo grandes y difícil de licuarse en la caída-; si son muchas, todo lo contrario -producción de lluvia-. Por lo tanto, es necesario, para intervenir en el proceso dinámico de esa nube y de forma general "aumentar el número de núcleos de condensación o de englamamiento por unidad de volumen".

Es claro que hay sustratos como el humo, el polvo y otros, que pueden causar el efecto deseado y de hecho son agentes productores de aumento de nucleación celular. También la onda expansiva

de un cañonazo produce efectos alteradores de la situación dinámica de la nube. Ahora bien, experimentalmente y ya hace muchos años, se conocen productos químicos que tienen estas mismas propiedades, son de mucha mayor efectividad y pueden situarse por diversos procesos mecánicos en las coordenadas de mayor acción, dentro de las nubes. Estos "núcleos artificiales de englamamiento o "materiales higroscópicos" pertenecen al grupo de sustancias que por sus propiedades son las idóneas para alterar la física de las formaciones nubosas. Así, el Ioduro de Plata a la cabeza, el Ioduro de Plomo, y otras sales de metales pesados cumplen este objetivo. A veces se emplean mezclas más efectivas aún, recibiendo el nombre de "activantes" los destinados a tal fin. Todavía algunos de ellos pertenecen al secreto de los experimentadores, y otros como el Cesio y el Manganeso son bien conocidos. De otro lado, los materiales higroscópicos están encuadrados dentro del grupo activo del Nitrógeno, y como tales actúan el Nitrato Amónico, Sulfato Amónico, Urea y otros. A veces se utiliza el Anhidrido carbónico (hielo seco), aplicado en pastillas a -80°C .

Los generadores de tierra son quemadores de una mezcla de ioduro de plata y acetona, produciendo vapores que al elevarse llegan a alcanzar las células de convección de las nubes produciendo alteraciones útiles al hombre. Este sistema se viene empleando, por ejemplo, en Colorado (USA), para la producción de nieve en las zonas en las que se practica el deporte del esquí; también en España el Ministerio de Agricultura tiene instalada una red de quemadores que cubre alrededor de siete millones de hectáreas, protegiendo a los cultivos contra el granizo o pedrisco. (Ver fotos nos. 1, 2 y 3).

En los países del Este, Checoslovaquia, Yugoslavia, URRS, etc., se viene empleando el procedimiento de la localización de núcleos de ioduro de plomo por medio de cohetes. El proceso de análisis previo de las nubes se hace con radares meteorológicos, pero el sistema de lanzamiento del producto es muy discutible. Corresponde a una técnica no muy avanzada y aunque los equipos eyectores están a la cabeza en cuanto a mecánica, los resultados no han sido esperanzadores.

Este trabajo de divulgación pretende analizar el sistema de modificación atmosférica encuadrado en el apartado c), es decir, en técnicas basadas en el empleo de aeronaves.

ANTECEDENTES DE LA JUSTIFICACION TECNICA

Los meteorólogos todavía no están de acuerdo en los fundamentos físicos de la dinámica interna de las nubes, sobre todo en nubes cuyas variaciones de las características mecánicas y químicas son muy grandes. Tomando por ejemplo el caso de los "cúmulo-nimbos", se cree y es la opinión más generalizada, que la actividad dinámica en el interior de una nube de este tipo, situada a unos 6 ó 7.000 metros de altura, está constituida por el desarrollo de una serie de núcleos, llamados de con-

densación; dentro de una unidad de volumen, como se indicaba anteriormente, el número de núcleos y las características de los mismos serían los que definen precisamente esta actividad dinámica.

El controlar de un modo estadísticamente aproximado el número de núcleos de condensación por unidad de volumen en una nube de actividad dinámica grande es precisamente el problema principal. Cuando un núcleo de condensación que está a una temperatura baja atrae por diversas fuerzas a otra serie de núcleos, la formación de partículas en estado sólido en la nube y su posterior caída es evidente. Precisamente si se consigue que este número de núcleos aumente por unidad de volumen, el núcleo sólido formado será de menor tamaño y por lo tanto, más fácil será su desintegración y su transformación en materia líquida durante su caída hacia el suelo, produciendo en unos casos la aparición de lluvia y en otros evitando los daños que pudieran producir estos núcleos solidificados al caer en los cultivos. (Ver fotos 4 y 5).

En esencia, y resumiendo todo lo que actualmente se sabe o se cree saber en cuanto a este control del número de núcleos de condensación por unidad de volumen, entendemos que son una serie de productos químicos, tales como el ioduro de plata, ioduro de plomo, urea, nitrato amónico y en general compuestos nitrogenados e incluso sales de metales pesados, los que producen, en contacto con la dinámica de este tipo de formaciones nubosas, ese deseado aumento de núcleos de condensación. Insistir en esta idea es la base del conocimiento de estos sistemas, y no resulta reiterativo.

El situar estos productos en el interior de la nube en una serie de puntos clave para que produzcan el efecto antes citado, es el verdadero problema tecnológico del hombre en estos trabajos.

Por eso anteriormente se indicaba, que de los tres sistemas conocidos: el de generadores, (que elevan de diversas formas estos productos hacia la nube), el de cohetes (que sitúan de una forma mucho más precisa que los anteriores, pero también defectuosa, estos productos), son dos procedimientos que se cree están por debajo de las posibilidades de los basados en la localización por procedimientos aeronáuticos.

EL SISTEMA RADAR-COMPUTO-AERONAVE

Precisamente analizando los resultados de los profesores DAVIS y MALDEIVE, elaborados en 1959, en cuanto a la situación de estas partículas en el interior de la nube, se basa este sistema que actualmente representa el de mayor fiabilidad, por los numerosos éxitos obtenidos en distintas partes del mundo.

Los procedimientos físicos comprenden el aumento de los núcleos congelantes en los cúmulo-nimbos con el propósito de lograr no menos de cien núcleos por litro. Con esta concentración de núcleos congelantes y la congelación resultante de las gotitas superenfriadas y el escape térmico, la fuerza ascensional de las nubes y las velocidades de las corrientes ascendentes aumentan.

El sistema comprende una serie de características tecnológicas, que vamos a analizar a continuación.

TRES UNIDADES DE TRABAJO

- 1) La primera unidad de trabajo comprende dos secciones: en primer lugar la Sección de Análisis Meteorológicos, que pueden: *a)* ser directos, a base de datos tomados del radiosonda en el momento de la experiencia y de datos meteorológicos acumulados durante años anteriores por equipos de toma propios del país donde se realicen los trabajos; *b)* el análisis característico de la nube que está entrando en el medio de acción del equipo de radares meteorológicos del que se dispone en esta primera unidad de trabajo. Es decir, la primera unidad de trabajo corresponde al manejo y análisis de los datos que recoge un radar meteorológico, a ser posible, de los llamados de longitud de onda de 8/10 cms. Con este tipo de radar se puede analizar incluso un cúmulo-nimbo que esté situado detrás y alejado de otro incluso de dimensiones notables. (Ver fotos nos. 6 y 7).
- 2) Los radares dan estos datos, y en este momento entra en actuación la segunda unidad de trabajo, que es la de Análisis de Cálculo y que está integrada por: *a)* un ordenador electrónico en el cual se han introducido con anterioridad las fórmulas (modelos matemáticos de cálculo), que permiten elaborar estos datos, tales como presión, temperatura, altitud, velocidad del viento, etc., etc., y llegar a dar una solución a una serie de incógnitas, que son: número de núcleos por m^3 , situación de los núcleos más importantes, velocidad a que debe volar el avión que situará los productos en el interior de la nube, frecuencia de disparos de los cartuchos desde el avión, y algunas otras incógnitas, e incluso la ruta que debe seguir este avión, de forma que se pueden transmitir a la tercera unidad de trabajo. *b)* El segundo equipo de la unidad de trabajo de cálculo y almacenaje está integrado por un pupitre con pantalla para la introducción de preguntas de forma digital, visualización de secciones de nubes, dibujo de curvas características y reproducción automática sobre papel. (Ver fotos nos. 8 y 9).
- 3) La tercera unidad está constituida fundamentalmente por dos modelos de aeronaves, de diferente concepción, equipadas con dos tipos distintos de distribuidores para situar los productos.

Los datos característicos en un punto definido de las nubes, nos permiten dividir las en dos grandes grupos, *a)* nubes frías, y *b)* nubes calientes.

Se llaman nubes frías aquellas en las que un determinado punto elegido por el meteorólogo con unas premisas, la temperatura sea inferior a los 6° C bajo cero, aunque originariamente se fijó este punto en 0° C. Se denominan nubes calientes aquellas que están precisamente por encima de estos 6° C bajo cero.

Cuando, una vez determinado el tipo de nube, se da la orden a los pilotos para que sitúen su carga en el interior de aquella, puede que la orden sea recibida por los aviones precisamente que llevan el equipo de siembra para nubes calientes, o ser recibida por los aviones que llevan equipo para siembra de nubes frías. Estos dispositivos son totalmente diferentes. En el caso de siembra de nubes frías, los aviones deben ser mucho más rápidos, preferiblemente reactores, ya que la dinámica de estas nubes, incluso a temperaturas muy bajas, puede ser muy peligrosa, no sólo para los pilotos y para los aviones, sino que además este requerimiento de velocidad es fundamental porque son nubes en general que vienen siendo movidas por vientos mucho más fríos y más rápidos. (Ver fotos nos. 10 y 11).

FORMA DE ACTUAR

Una vez conocida la integración de estos ingenios mecánicos y electrónicos dentro de toda la experiencia y también conocidas cuáles son sus características de actuación, el sistema de trabajo consiste cada día en evaluar las posibilidades que existen para sembrar una nube o para no sembrarla, tanto si se trata de lucha anti-granizo como si se trata de lluvia artificial. Esta evaluación la realizan los equipos de radar (es decir, la primera unidad de trabajo), pasando los datos al equipo de computadores con su correspondiente memorizador y archivo, y la subsiguiente orden se producirá en el caso de que las nubes que tengamos dentro de la zona sean sembrables o no.

Normalmente, cada cartucho pirotécnico que se utiliza en el caso de siembra con reactores produce 50 gramos de humo de ioduro de plata. Los cohetes se queman aproximadamente durante 60 segundos, durante los cuales recorren 2.500 metros. En general, cuando las temperaturas de las nubes son más altas, se deberá elevar más el número de núcleos de condensación.

En el caso de nubes calientes la siembra se realiza por medio de atomizadores muy parecidos a los que se utilizan en fumigaciones agrícolas (Ver foto no. 12). Proporcionan una dosificación muy uniforme de microgotas de la solución correspondiente (normalmente de urea o de nitrato amónico, e incluso de otros productos), y que, como decíamos, van montados en aviones de potencia media

por norma general, bimotores turboalimentados.

EQUIPO Y MATERIAL DE SIEMBRA

Llamamos material de siembra a todo aquello que nos haga lograr el poder situar una determinada cantidad de ioduro de plata o de otro producto en el interior de una nube.

Los componentes del equipo principal que podrían utilizar en cualquiera de estos programas son: un avión o varios del tipo Piper-Azteca, que son los más adecuados para estos trabajos, o bien de otra marca y características análogas; un radar atmosférico con posibilidades de localización del avión, un calculador digital y un equipo de memoria y almacén de datos; una dotación de cartuchos de ioduro de plata u otros productos y un local donde puedan albergarse todos estos equipos, que deberá reunir una serie de condiciones y características, que como es natural, deberán ser de limpieza, de control de temperatura, ausencia de polvo, etc.

a) Los aviones

Ya decíamos antes que se pueden utilizar dos tipos de aviones, el Piper Azteca, como bimotor para siembra en general de nubes calientes con equipo de atomización "Becomist", o bien los aviones reactores del tipo "Learjet", o similares, para siembra directa de nubes frías.

El éxito de cualquier programa de siembra de nubes depende sumamente de la capacidad de situar el material de siembra en el lugar apropiado y en el momento apropiado. Cualquier falta de una ejecución esmerada en este sentido puede arriesgar seriamente el éxito del programa.

Se necesita, por tanto, una velocidad de ascensión suficiente para reaccionar a cualquier situación tan pronto como aparezca; se necesita también una capacidad de elevación en los aviones suficiente para alcanzar las altitudes requeridas por el diseño del programa, y se requiere protección del avión por medio de equipos anti-hielo, para descongelar el avión después de la penetración en las nubes; se requiere también una fuerte estructura para resistir la turbulencia experimentada en la penetración en las celdas de convección, es decir, en los lugares donde están núcleos de condensación más densificados y en realidad no se necesita un avión grande, puesto que la carga total para sembrar por cada vuelo no excederá de aproximadamente los 300-350 Kgs. (Ver fotos nos. 13 y 14).

b) Radar atmosférico con equipo para la localización de aviones

Un detalle muy importante en la vigilancia de los resultados de los proyectos, es la evaluación de la cantidad de lluvia caída a través del uso del radar. El radar que normalmente se utiliza es el WR-100 banda de 5/6 cms., o incluso de 10 cms.

Este radar es capaz de calcular la cantidad de lluvia caída en áreas de hasta 150 Kms. de diámetro. Pertenece al tipo instalado por Bélgica y Alemania para extender un sistema de radar atmosférico por toda Europa Central. El sistema emplea la isohipsa del isoeco y la integración de la televisión digital para análisis.

También va instalado un IFR, conjunto de los elementos del radar atmosférico para localización del avión en el momento que está trabajando y dirigirlo convenientemente al área de acumulación de nubes.

c) Calculador Digital

Normalmente se utiliza un calculador digital NOVA como un elemento principal del análisis, y que incluso nos servirá para evaluar los resultados.

En este calculador se pueden introducir los datos, y tiene una capacidad de memoria de 12.000 palabras. La reproducción de entrada se debe manejar a través de un teleimpresor ASR-33. Como es natural, todos estos equipos van dotados del consiguiente stock de recambios, etc. (Ver foto no. 15).

d) Materiales y equipo para siembra

Las cabinas situadas en los aviones son capaces de contener gran cantidad de cohetes disparadores de yoduro de plata, y normalmente van instaladas en el fuselaje del avión. El tablero de control de fuego va en la cabina, entre el piloto y el copiloto; cada cohete se consume completamente mientras cae, evitando cualquier tipo de contaminación; produce 50 grs. de yoduro de plata, liberando aproximadamente 10^{14} núcleos por gramo a -10°C .

e) Locales

Es necesario para albergar todo este material un local de operaciones y análisis, en el centro

estratégico de cada proyecto.

En este local se instalará el radar, el calculador electrónico, equipo de radio VHF y equipo de análisis. Será suficiente un local de aproximadamente 100 ó 120 m² para albergar todo este material. Se requiere también para este local un abastecimiento seguro de energía eléctrica y deberá estar exento de polvo y con aire acondicionado. (Ver foto no. 16).

f) Equipos anejos

Es preciso también y para cada trabajo se proveerá del mismo, el siguiente equipo adicional: *a)* una radioemisora VHF para comunicación local con el avión o aviones de siembra, *b)* un equipo fotográfico para ayuda del radar y fotografía, piezas de repuesto, herramientas, documentación escrita, etc.

Todo este equipo está controlado por un director del programa y una serie de técnicos, material humano altamente especializado que manejará todos los aparatos.

Como condición indispensable, el director del proyecto debe ser meteorólogo y preferentemente también deberá ser piloto especializado para estos trabajos. El radarista, de gran experiencia, el encargado del computador y del memorizador, los mecánicos, pilotos, son imprescindibles a la hora de buscar un éxito en cualquier proyecto.

El radar deberá ser manejado por un ingeniero especialista, que también será un experto en conservación del radar y de la calculadora.

A continuación se incluye un Organigrama de la rutina diaria de trabajo y otro Organigrama de trabajo en general de todo el equipo.

Al final de cada trabajo se elaborará el informe correspondiente y se entregará a las autoridades competentes para su control y archivo.

EVALUACION DE RESULTADOS. LASER.

Diferentes son los criterios que se siguen para conocer la efectividad de un sistema de modificación meteorológica. Se pueden distinguir dos casos de forma nítida, como supone la evaluación de una pequeña campaña anti-granizo o la correspondiente a un proyecto de lluvia artificial. Estos dos son los fines que con carácter estadístico se persiguen después de una serie de meses de trabajo, tiempo durante el cual, intuitivamente, va perfilándose una idea del éxito, del fracaso o de las muchas posiciones intermedias que se ofrecen como resultados.

En el primer caso (granizo), no existe mejor método de valoración que la encuesta a nivel del agricultor y consecuentemente la toma de datos de los ficheros existentes en las Compañías de Seguros. Una vez conocida la época más idónea para la formación de granizo y durante varios años (se proponen de 5 a 10) se evalúan los daños por estos dos procedimientos, llegándose a una cifra total. Aplicando uno de los procedimientos citados, igualmente a lo largo de varias campañas, se comprueba que el daño disminuyó en tal o cual índice el problema. Por ejemplo, con el sistema RADAR-COMPUTO-AERONAVE se llega a conseguir un ahorro en daños que oscila entre el 40 % y el 60 % del importe en moneda a los correspondientes períodos testigo. Esto quiere decir, por ejemplo, para España, que de los 5 a 7 mil millones de pesetas de pérdidas por pedrisco que se producen anualmente, el ahorro podría llegar a ser de 3 a 4 mil millones para evaluaciones medias durante varios años.

El incremento de la pluviometría hay que evaluarlo igualmente en períodos de varios años. La conexión del equipo evaluatorio y los Servicios Meteorológicos de los países donde se trabaja para producción de lluvia es fundamental. Una vez conocida la estadística definitoria de las variables pluviométricas durante este tiempo, se procede a la recogida de datos del mayor número de pluviómetros fiables de la zona tratada. Igual que en el caso del granizo, pero ahora manejando unidades volumétricas en vez de moneda, puede comprobarse que la precipitación aumentó o varió en tal medida. Con el uso del sistema antes citado se han logrado incrementos de hasta un 30 % en medias igualmente de 5 a 10 años. El valor de este incremento de lluvia produce cifras (según el lugar donde se valore) asombrosas con repercusiones de tipo social enormes.

La tecnología ha llegado en estos momentos a su mayor auge al usarse también los rayos LASER para comprobaciones climáticas. Un pequeño equipo Laser de CO₂ (pero muy costoso, cerca de 200.000 \$ USA) instalado en la panza de un reactor Learjet 24 D (ver foto no. 17), es capaz de analizar la estructura cristalina de la nube al atravesarla. Si se ha producido alguna variación, podrá observarse en el video que recibe esta señal, dentro del avión. Incluso pueden sacarse copias de esta

Imagen en papel para su posterior estudio. De esta forma se comprueba si una nube sembrada cambió su textura ya en el mismo momento de la siembra. En algunos proyectos se considera imprescindible el uso del Laser para estos fines. (Ver foto no. 18).

LA ASOCIACION PARA LA MODIFICACION DEL TIEMPO ATMOSFERICO

Finalmente, y a la vista del enorme interés suscitado por esta maravillosa y hasta casi mágica manifestación de la tecnología aplicada a modificar nuestro clima, un grupo de personas han fundado la "Weather Modification Association".

Esta Asociación, con carácter universal, tiene la intención de centralizar los esfuerzos de orden técnico para su conocimiento y divulgación. Además recibe documentación e informa a Instituciones Estatales y Privadas por ahora mayoritariamente estadounidenses. Así, están en este caso la U.S. Air Force, U.S. Dept. of Agriculture, U.S. Department of Commerce, U.S. Dept. of Interior, U.S. Navy, National Science Foundation, y, por supuesto, la World Meteorological Organization, con sede en Ginebra (Suiza).

Se ocupa también la Asociación (W.M.A.) de contactar posibles organizaciones que puedan ser usuarios con empresas privadas dedicadas a la modificación meteorológica. Un boletín que publicó con motivo de su fundación incluye listas de Miembros de esta Asociación, de Instituciones Educativas que pertenecen asimismo a la Asociación y un sinnúmero de direcciones y datos, así como un curioso trabajo sobre "las preguntas más comunes que se plantean en torno al tema", con una serie de contestaciones equilibradas y objetivas.

Por todas estas razones es lógico aplaudir esta iniciativa, que se produciría sin duda antes o después, pero que afortunadamente ya existe.

Para aquellos que aún desconociendo esta apasionante aventura, comparable a la mayor gesta, y que sientan en principio curiosidad de conocer las posibilidades de esta tecnología, va dedicada esta pequeña muestra del esfuerzo realizado en pro del bienestar de toda la humanidad.

Julio Aragonés de Inés
Director del Dpto. de NUEVAS TECNOLOGIAS
DE ZELTIA AGRARIA, S.A.