

**ACADEMIA NACIONAL
DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

BUENOS AIRES

REPUBLICA ARGENTINA

**Comunicación
del Académico Correspondiente
Ing. Agr. JORGE A. LUQUE
sobre
UNA EXPERIENCIA INEDITA EN LA ARGENTINA:
MODIFICACION ARTIFICIAL DE LAS PRECIPITACIONES
CON FINES AGRICOLAS - OPERATIVO "LAG"**



SESION ORDINARIA
del
10 de Setiembre de 1987

ACADEMIA NACIONAL
DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

Fundada el 16 de Octubre de 1909

Buenos Aires — Avenida Alvear 1711 - 2º — República Argentina

MESA DIRECTIVA

Presidente	Dr. NORBERTO P. RAS
Vicepresidente	Ing. Agr. DIEGO J. IBARBIA
Secretario General	Dr. ALFREDO MANZULLO
Secretario de Actas	Ing. Agr. RAFAEL GARCIA MATA
Tesorero	Dr. ENRIQUE GARCIA MATA
Protesorero	Ing. Agr. MILAN J. DIMITRI

ACADEMICOS DE NUMERO

Dr. HECTOR G. ARAMBURU	Dr. ALFREDO MANZULLO
Ing. Agr. HECTOR O. ARRIAGA	Ing. Agr. ICHIRO MIZUNO
Dr. RAUL BUIDE	Ing. Agr. EDGARDO R. MONTALDI
Ing. Agr. JUAN J. BURGOS	Dr. EMILIO G. MORINI
Dr. ANGEL L. CABRERA	Dr. RODOLFO M. PEROTTI
Ing. Agr. MILAN J. DIMITRI	Dr. ANTONIO PIRES
Ing. Agr. EWALD A. FAVRET	Ing. Agr. EDUARDO POUS PEÑA
Ing. Agr. MANUEL V. FERNANDEZ	Dr. JOSE MARIA R. QUEVEDO
VALIELA	Ing. Agr. ARTURO E. RAGONESE
Dr. GUILLERMO G. GALLO	Dr. NORBERTO P. RAS
Dr. ENRIQUE GARCIA MATA	Ing. Agr. MANFREDO A. L. REICHART
Ing. Agr. RAFAEL GARCIA MATA	Ing. Agr. LUIS DE SANTIS
Ing. Agr. JUAN H. HUNZIKER	Ing. Agr. ALBERTO SORIANO
Ing. Agr. DIEGO J. IBARBIA	Dr. EZEQUIEL C. TAGLE
Ing. Agr. WALTER F. KUGLER	

PRESIDENTE HONORARIO

Dr. ANTONIO PIRES

ACADEMICO HONORARIO

Ing. Agr. Dr. NORMAN E. BORLAUG

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES

Dr. TELESFORO BONADONNA (Italia)	Dr. OSCAR LOMBARDERO (Argentina)
Ing. Agr. RUY BARBOSA (Chile)	Dr. JORGE A. LUQUE (Argentina)
Ing. Agr. EDMUNDO CERRIZUELA (Argentina)	Dr. HORACIO F. MAYER (Argentina)
Ing. Agr. GUILLERMO COVAS (Argentina)	Dr. MILTON T. DE MELLO (Brasil)
Ing. Agr. JOSE CRNKO (Argentina)	Ing. Agr. ANTONIO M. NASCA (Argentina)
Dr. CARLOS L. DE CUENCA (España)	Ing. Agr. LEON NIJENSOHN (Argentina)
Dr. LUIS A. DARLAN (Argentina)	Ing. Agr. RAFAEL PONTIS VIDELA (Argentina)
Sir WILLIAM M. HENDERSON (Gran Bretaña)	Dr. CHARLES C. POPPENSIEK (Estados Unidos)
Ing. Agr. SERGIO NOME HUESPE (Argentina)	Ing. Agr. JUAN PAPADAKIS (Grecia)
Ing. Agr. ARMANDO T. HUNZIKER (Argentina)	Lic. RAMON RUSSELL (Argentina)
Dr. LUIS E. R. IWAN (Argentina)	Ing. Agr. ALBERTO A. SANTIAGO (Brasil)
Ing. Agr. ANTONIO KRAPOVICKAS (Argentina)	Ing. Agr. VICTORIO S. TRIPPI (Argentina)
Ing. Agr. NESTOR R. LEDESMA (Argentina)	Dr. JOAO BARISSON VILLARES (Brasil)

DIRECTOR DE PUBLICACIONES

Dr. HECTOR G. ARAMBURU

THE ARTIFICIAL MODIFICATION OF PRECIPITATIONS FOR AGRICULTURAL PURPOSES BY THE FIGHT AGAINST HAIL

Summary

The artificial modification of precipitations for hail control is being studied in an area of approximately 160.000 hectares in Mendoza, Argentina.

In the early 50s the problem was seriously considered in many countries. Two basic methodologies were tested: a) the burning of coal on land and, b) the seeding with rockets within the hail-containing clouds of condensation nuclei made out of silver iodine.

The rocket system consists of a central radar station – connected to

several radio probes, assigned-post, which help to characterize and locate the hail clouds. There are also several observation and rocket launching sites, the ramps.

The two types of rockets used can reach either 5.000 or 10.000 meters guided by azimuth and height indicators, operated through VHF intercommunicators.

Experiments made in other countries as well as results obtained in Mendoza grant the success of this modern and important agricultural technology.

LA MODIFICACION ARTIFICIAL DE LAS PRECIPITACIONES CON FINES AGRICOLAS MEDIANTE EL OPERATIVO DE LUCHA ANTIGRANIZO

Resumen

Se viene llevando a cabo en territorio de la Pcia. de Mendoza, Argentina, una investigación relacionada con la modificación artificial de las precipitaciones de granizo, en un área de aproximadamente 160.000 hectáreas.

Desde la década de los años cincuenta ya se puso de manifiesto en varios países la inquietud por atenuar o controlar este flagelo de la agricultura. Se perfeccionaron las dos metodologías básicas, a) el uso de quemadores de carbón en tierra y el empleo de cohetes antigranizo, sustentadas ambas en un objetivo: siembra masiva de núcleos de condensación en el interior de las "nubes graniceras", cuya sustancia química de ataque es el ioduro de Plata.

El sistema se compone de una base central donde funciona el Radar que localiza y caracteriza las masas nubosas, apoyado por un equipo de Radiosonda.

Un número determinado de puestos de observación y operación, con sus correspondientes rampas de lanzamiento, guardan y operan los cohetes que serán lanzados sobre la nube seleccionada por el radar. Los dos tipos, el de mediano alcance de hasta 5.000 metros de altura aproximadamente y el de largo alcance con algo más de 10.000 metros, son operados desde la rampa de lanzamiento siguiendo las indicaciones de azimut y altura que reciben del cuartel general a través de un intercomunicador VHF.

Hasta el presente y de acuerdo asimismo a las experiencias realizadas en sus dos países de origen, se estima exitoso el resultado de esta moderna metodología para el control de dicho accidente meteorológico, muy común en la época de verano en la región seleccionada para la instalación y puesta en marcha del operativo.

Introducción

La presente publicación tiende a difundir uno de los proyectos de investigación más singulares y ambiciosos que en estos momentos se está llevando a cabo en la región sur de la provincia de Mendoza, República Argentina.

Aparte de otra zona de estudios ubicada también en la misma provincia, en toda Latinoamérica no se cumple ningún otro proyecto de este tipo. El actual programa de LUCHA ANTIGRANIZO "LAG" encarado con alto nivel técnico, consti-

tuye un hito en el campo de la Hidrometeorología.

Se debe dejar constancia que ello no hubiera sido posible sin el notable entusiasmo y empeño que en todo momento demuestra el joven personal técnico comprometido en el proyecto. Todavía sin medios suficientes, se han superado instancias muy comprometidas.

Para ellos es nuestro reconocimiento y estimo que el de todos los productores agrarios de la región.

UNA EXPERIENCIA INEDITA EN LA ARGENTINA: MODIFICACION ARTIFICIAL DE LAS PRECIPITACIONES CON FINES AGRICOLAS - OPERATIVO "LAG"

Ing. Agr. JORGE A. LUQUE

Las investigaciones que se llevan a cabo en el sur de la provincia de Mendoza en torno a procedimientos de "Lucha Antigranizo", adquieren profunda significación si se considera que, de toda Latinoamérica, únicamente en dicha provincia y en dos grandes áreas de alrededor de ciento sesenta mil hectáreas cada una, se investiga y controla el granizo.

Desde hace más de dos décadas, la provincia de Mendoza en razón de sus extensos viñedos y montes frutales, ha mantenido la inquietud de luchar contra este temible flagelo meteorológico.

Corrientemente, este accidente climático, la "piedra", se origina en la región en masas nubosas de cierta profundidad y altura que, por lo común derivan desde el oeste y están "sobre-enfriadas", siendo del tipo "nimbus" y/o "cumulus-nimbus". Por diversas circunstancias, las gotas de agua son atrapadas por corrientes ascensionales, se solidifican, engrosan su diámetro en capas y se resuelven en granizo cuyo tamaño es variable pero que, a veces, supera los tres a cinco centímetros de "espesor".

Desde la década de los años cincuenta varios países han comenzado a investigar y estudiar más intensamente esta circunstancia climática adversa, efectuándose experiencias

de diverso tipo con diferentes elementos portadores de "material de siembra", sobre todo en Canadá, Italia, Francia, Estados Unidos, Alemania y la Unión Soviética. Efectuando ensayos para el control o disminución de este flagelo, se llegó a la conclusión que, "sembrando" por algún medio las nubes productoras de granizo, sobre todo en el área de las "celdas graniceras", con abundantes núcleos de condensación, se multiplicaba la posibilidad de generar gotas de agua "acelerando la precipitación" y frenando en cierta medida los flujos ascendentes que favorecen la formación del granizo en capas.

Considerando el momento de la "siembra", el granizo que ya está formado caerá en igual condición pero se evita que el mismo se siga generando o, al densificar notablemente en el medio los núcleos que atrapan la humedad, podría formarse quizás un granizo muy pequeño, inofensivo o, lo más general, resolverse en lluvia.

Para el logro de tales propósitos, se probaron varios métodos tratando de hallar el de mayor eficiencia, es decir, con menor porcentaje de riesgo, ya que debe recordarse que se trata de interferir sobre un sistema natural y, más aún, de notable magnitud como lo son las masas de

nubes, por lo que lógicamente se está frente a un planteo aleatorio, es decir, estadístico.

Procedimientos de lucha

A fin de dar una idea de la notable magnitud con que ha de enfrentarse el "Operador de LAG" (Lucha Antigranizo), recuérdese que, por ejemplo, es habitual que una masa de nubes "cumulus" podría tener un frente de 5000 metros, un ancho de 2000 metros y un espesor de otros 5000 metros, es decir, que su volumen sería: $5 \times 2 \times 5 = 50 \text{ km}^3$ y, puesto que el m^3 de aire pesa alrededor de 1,2 a 1,3 kg, enfrentáramos una masa de aire de por lo menos 5×10^7 toneladas. (Este valor disminuye con la altura.)

Asumiendo que dicha masa posee un contenido medio de 1 por mil de humedad atmosférica (agua), esto nos llevaría a un valor de: $5 \times 10^7 \div 1 \times 10^3 = 5 \times 10^4$ toneladas probable de agua en esa sola masa de nube, es decir, **50.000 toneladas de agua** (de convertirse toda en agua líquida.)

Estos valores hablan por sí solos de la magnitud de la empresa a encarar en la "Lucha Antigranizo".

Desde la década de los años setenta se intensificaron las investigaciones orientadas hacia los dos caminos que se consideraban más viables:

a) **Siembra masiva de núcleos de condensación con sistemas de "quemadores"** de carbón dispuestos en cortina, de modo tal de impregnar dicho material combustible con la sustancia provista de núcleos de condensación, en un medio adecuado. Al arder, el humo forma nubes a modo de "plumas" que llegan aparentemente hasta la masa mayor del cumulus, etc.

La sustancia que probó ser más efectiva, fue el loduro de plata en medio acético

Logicamente, es difícil dirigir el humo hacia el lugar adecuado y mucho depende, por supuesto, de la dirección y velocidad del viento.

Aparentemente no demostró ser muy efectivo ya que en los primeros ensayos efectuados en la provincia, se hablaba de una eficiencia que no pasaba el veinte por ciento, con un costo bastante alto.

b) **Siembra masiva, pero dirigida, de núcleos mediante el uso de cohetes** especialmente adaptados a este proceso antigranizo.

Al principio se comenzó con cohetes menores que alcanzaban una altura no mayor de los 1500 metros y que portaban una cierta cantidad de sustancia "sembradora", también loduro de plata, explotando y dispersando las partículas al alcanzar su máxima altura.

Como se observó, tenían limitaciones físicas; se lanzaban mediante un tubo "lanza-cohetes" y la cápsula no se destruía una vez efectuada la siembra.

Por otra parte, aún no se empleaba el radar como auxiliar indispensable y punto de partida para la localización y caracterización de las nubes graniceras.

Fue recién en la década de los años setenta cuando se generalizó simultáneamente en varios países europeos, Estados Unidos y la Argentina la metodología de ataque y "siembra".

Cabe destacar que en Latinoamérica la Argentina es por el momento el único país que adoptó estas tecnologías y acumula experiencia mediante la aplicación de la **Lucha Antigranizo en grandes áreas**.

Definido el "targeting" o área de cubrimiento y de defensa, la primera

etapa se apoya en la instalación de un **radar** de observación, situado estratégicamente de modo tal que permita cortes satisfactorios "horizontales" de las masas nubosas.

El análisis de las **reflectividades** como elemento básico para el conocimiento de la **densidad** y **composición** de la masa nubosa, por medio del radar, pasa a ser así el punto de partida de toda una secuencia de trabajo.

Básicamente, los bloques principales de un aparato de esta naturaleza son:

a) La **antena** y el **guiador** de onda con su llave de antena.

b) El sistema **transmisor-receptor**.

c) El **sincronizador** con el osciloscopio que obra como indicador de amplitud, es decir, sobre el eje "x" la distancia y, sobre el eje "y" la amplitud de la masa.

d) Los **Indicadores** permiten comprender mejor este análisis.

El **Indicador "PPI"** es un tubo de haz electrónico que refleja la imagen y su situación, en pantalla, trabajando con coordenadas polares mediante un haz que se desplaza en circunferencia.

El **Indicador "RHI"** que limita el haz a cierta posición, acciona con un radio-eco, es decir, como si se hiciera un corte vertical a la nube y se la mirara de costado.

Pero recuérdese que el primero de estos indicadores también acciona en forma más o menos similar, pero obrando como si el corte fuera horizontal y visto desde arriba.

Puede definirse así el "volumen de reflexión de la masa nubosa".

De tal forma, es posible ubicar, caracterizar y definir la nube granicera, con:

- a) Posición en coordenadas.
- b) Altura de base, espesor y altura total.
- c) Distancia en línea recta (hipotenusa) al sensor o radar.
- d) Distancia por superficie (cateto mayor).
- e) Densidad y tipo dentro de una determinada escala.

El tipo de radar corrientemente empleado para este sistema operativo "LAG" es sumamente útil para dicho propósito y comienza a detectar masas nubosas (y ciertos objetos), desde unos 300 kilómetros de distancia, es decir, a modo de "radio" de la pantalla circular.

Dicho sistema está adaptado para llevar a cabo la "siembra" masiva de núcleos de condensación, mediante el lanzamiento de "cohetes anti-granizo" cuyas características veremos, desde "Plataformas" ubicadas en los respectivos "Puestos de Lanzamiento" (PL).

Continuando con la secuencia de los principios básicos en que se apoya el Operativo "LAG", cabe considerar los:

Puestos de Lanzamiento de cohetes. Están distribuidos a lo largo (y en cierto modo a lo ancho) de la zona o área a defender, ubicados estratégicamente y en número tal que pueda cubrirse la superficie deseada.

Como cada puesto va provisto de una **Rampa de lanzamiento múltiple** (de 12 cohetes), se ha definido el alcance máximo de los mismos, que se establece en 8 kilómetros de radio.

Puesto que se debe cubrir toda la superficie, en el sistema de distribución y "al trasbolillo" respetando la distancia anterior, se cubriría holgadamente el área, pero tal dis-

tancia significa una cierta densidad, bastante alta y, ello sería factible en zonas de alta frecuencia de granizo; de lo contrario, los puestos y/o rampas pueden espaciarse hasta unos 13 kilómetros entre sí; es decir, que se observan puestos ubicados corrientemente al "tresbolillo", pero a distancias algo variables de 8, 10, 12 y 13 kilómetros.

Para la zona en cuestión que se analiza, el sur de la provincia de Mendoza, el sistema cubre unas 160.000 hectáreas de los departamentos de San Rafael y General Alvear, con 34 puestos y rampas de lanzamiento.

Cada puesto "PL" consta de:

Una **Rampa compuesta de 12 guías de lanzamientos** dispuestas en dos grandes "canastos" laterales que a su vez se subdividen en dos secciones; luego cada sección porta y lanza 3 cohetes; cada canasto, 6 cohetes y cada rampa, 12 cohetes. Cada sección y/o cada canasto puede llevar un determinado tipo de cohete, diferente por ejemplo, al del otro canasto, de modo tal de estar preparado por si en ciertos casos se necesita lanzar cohetes: a) de menor alcance (entre 4500 y 5000 metros) o b) de mayor alcance (entre 9500 y 10.000 metros).

Todo el sistema apoya en un eje giratorio con una columna central y:

a) **Disco lateral de "altura"** (graduación manual), que se acciona entre 20° a 80° , con disparos corrientes entre 50° a 65° de elevación en la vertical. Hasta que no adquiere cierta elevación, todo el sistema eléctrico permanece inactivado.

Por ello los cohetes se colocan con baja elevación.

b) **Disco horizontal de base** (ídem manual), graduado con relación al

Norte magnético o mejor con el Norte geográfico. El puesto recibe así la orden previa de elevación para el operativo y de la posición en Azimut ("X grados oeste-sur-oeste") poco antes del lanzamiento de la salva (corrientemente de 3 ó 6 cohetes).

Un detalle interesante es que cada grupo de tres guías que obra a modo de "tubos lanza-cohetes", tiene el tubo superior derecho u orientado a 0° , el que le sigue con inclinación de 5° a la derecha y finalmente el tercero, -5° a la izquierda. De tal forma la "siembra" es una superficie más que un punto.

Cada guía a su vez va provista lateralmente de dos "aletas interiores" o púas metálicas que raspan lateralmente cada cohete y lo activan eléctricamente a través de un par de anillas, de modo tal que quede habilitado el mecanismo de autodestrucción una vez cumplida la función de siembra.

Tiene importancia la **ubicación de las rampas de lanzamiento** con relación al área a proteger, no sólo en razón de la distancia que deben guardar entre sí, sino también en función de la situación de toda la masa de puestos de lanzamiento, acorde con la entrada estadísticamente más frecuente al área y la deriva de las nubes; ello responde a un criterio de probabilidad estadística basado en datos acumulados de viento en superficie y, de frecuencia de masas nubosas por radar.

Como se verá más adelante, tanto el ángulo de lanzamiento como el tipo de cohete empleado, se relacionan con la **altura más favorable para la mayor siembra**, que para el loduro de plata es aquella que corresponde a una temperatura de la masa nubosa sobre-enfriada, de $-6,0^{\circ}$ a $-6,5^{\circ}$.

La relación "altura/temperatura" se ha obtenido previamente por **radio-sondeo**. En el área que nos ocupa ya está prácticamente en funciones el sistema de radio-sondeo previo; mientras tanto se usan datos paralelos de la unidad Mendoza-ciudad.

Recuérdese que el radio-sondeo permite accionar con tres sensores: **humedad, presión y temperatura**. Se cuenta asimismo con el apoyo de gráficos "adiabáticos" que permiten analizar las adiabáticas "secas" y "húmedas" y su relación con los parámetros anteriores.

Continuando con el detalle de los puestos, cabe consignar:

Una **construcción corriente** de dos ambientes, provista de antena y equipo transmisor-receptor "VHF". Asimismo allí se encuentra el mecanismo automático de disparo, con su correspondiente fuente eléctrica.

Hay elementos para que pernocten los dos técnicos que, una vez iniciada la temporada de primavera-verano de operación, hacen guardias continuas de 48 horas cada una.

Finalmente existe el **Polvorín**, una construcción en cemento y tierra en el que se almacena la dotación de cohetes del tipo empleado, en cajas de transporte y en estantes laterales.

Hay otros elementos como la lámina fija que obra a modo de "Medidor de impacto de granizo", etc., y caminos hormigonados entre todos ellos para poder transitar, cargar la rampa y demás en días de lluvia.

La parte activa más definitoria de todo el sistema la constituyen los **Cohetes antigranizo**, especialmente diseñados para tal propósito.

Su objetivo es colocar o "sembrar" una cierta cantidad de reactivo químico dentro de la nube se-

leccionada, corrientemente en la parte delantera o "nariz" de acuerdo a las instrucciones que se reciben del Centro de observación y control.

Básicamente se cuenta con dos tipos de cohete:

1. Modelo "ALAZAN I" (o CAG. 1)

Compuesto de "cabeza" "motor cohete de una etapa" y sus elementos: cámara de combustión, toberas, iniciador o ignitor y, propulsante sólido. Posee además un "sistema estabilizador de 4 aletas", el "sistema eléctrico de ignición" y el "sistema de autodestrucción".

Otras especificaciones básicas de estos cohetes, importados de la Unión Soviética por el momento pero en vías de ser fabricados en el país, son:

- Longitud: 89 cm.
- Diámetro: 8,25 cm.
- Peso del cartucho con reactivo químico de I_2Ag : 1,30 kg.
- Cantidad de núcleos glaciales como agentes de siembra: 2×10^{12} .
- Altura máxima alcanzada. Con 45° : 4800 metros. Con 85° : 4300 metros.
- Tiempo desde el momento que deja la rampa y comienza a sembrar: 7 segundos.
- Tiempo desde el momento en que deja la rampa hasta que se autodestruye: 47 segundos.
- Una corriente de 1 ampere ya activa los circuitos.

Para el cargado de la rampa, con el circuito no activado, el ángulo de elevación se mantiene entre los 20° y los 45° . Los ángulos de disparo se ubican corrientemente desde 55° hasta 65° , con un máximo de 85° .

La tensión eléctrica del tablero de disparo es de unos 30 volts y la frecuencia puede ser de un cohete cada 2 segundos. Se observa que la cubierta del cohete es de material plástico sólido, con anillas metálicas de contacto.

2. Modelo "ALAZAN II" (o CAG. 2)

Similar al anterior, pero con motor de dos etapas, es decir, dos secciones del propulsante sólido.

De tal forma:

- Longitud: 135 cm.
- Diámetro: 8,25 cm.
- Peso del cartucho con reactivo: 1,3 kg.
- Cantidad de núcleos: 2×10^{12} .
- Altura máxima alcanzada. Con 45° : 10.500 metros. Con 85° : 9200 metros.
- Los tiempos de 7 segundos y 47 segundos son iguales.

Se comprueba en consecuencia que el Cohete "ALAZAN II" logra prácticamente una **doble altura**, en función de la presencia de un motor igual, pero con **dos etapas similares**. Se asegura que el quemado del material propulsante se lleve a cabo a baja presión, que la primera etapa se consuma totalmente y que de allí, pase a la segunda etapa; esto es así porque el "conector" entre ambos posee un sistema de adecuación y retardo, que alcanza unos 5 segundos.

Por otra parte, en la base de las guías lanzadoras se encuentra un **mecanismo que "fija" el cohete** y lo retiene, hasta que vence una fuerza equivalente a un peso de aproximadamente 50 kilogramos. De tal forma, éste saldrá con fuerza de la plataforma y, en caso de alteración del disparo o accidente, no caerá cerca de la rampa, pues ya ha quedado

"activado" para explotar y desintegrarse a los 43 segundos, de acuerdo a la carga de cerca de medio kilo de "trotíl" que lleva.

La **cabeza** es la que posee un sistema que se activa por el flujo de aire que entra por las toberas laterales, haciendo que a los 7 segundos aproximadamente, se "perfore" la cubierta semi-metálica de la cápsula y comience a **producir "humo-reactivo"**, iniciando así la siembra; calcúlese que en el momento de máxima velocidad el cohete puede alcanzar 1,5 mach, alrededor de 1800 km/hora.

Continúa sembrando luego de haber alcanzado su altura máxima autodestruyéndose luego.

La composición pirotécnica adoptada se comporta acorde con la cantidad de núcleos de condensación que debe entregar en función del tiempo; pero el cartucho de reactivo posee a su vez un canal central con un elemento "fusible" de retardo, que está preparado para lanzar un chorro de llama al elemento de transferencia que a su vez activa el cartucho explosivo de destrucción. Luego, por dos medios, pulso eléctrico de salida y por fusible de llama, se activa el mecanismo de autodestrucción en cada cohete.

Finalmente, el **sistema eléctrico** conecta y acciona las guías lanzacohetes de la rampa de lanzamiento, el tablero de disparo habilitado a través de una llave de seguridad, el pulsador y los selectores de grupo o canasto y de guías.

Secuencia del accionar del sistema

Partiendo del conocimiento de los elementos anteriores muy sumariamente descritos, cabe considerar una **"secuencia de trabajo"** hasta llegar a la siembra masiva en la masa nubosa.

El punto de partida lo constituye la observación continuada de **radar**, barriendo la circunferencia para el logro de la imagen reflejada, con el Indicador "PPI".

Ubicada la nube, con este mismo elemento se puede llevar a cabo una observación de eco en forma de "corte de tipo horizontal", definiendo densidades y características, aparte de distancias y demás.

Luego con el Indicador "RHI" se trata de cuantificar y definir mediante un eco que permite como un corte vertical de la masa nubosa.

Quedan más definidas las coordenadas, altura, espesor, relación con la temperatura y presión, etc., y caracterizada la **nube granicera** o **celda**. (Recuérdese que PPI: indicador de posición en plano y, RHI: indicador de radio de altura.)

Mediante un **reticulado** se definen las líneas de distancia.

Inmediatamente los datos de radar se pasan a una **microcomputadora** que sigue procesando las coordenadas y deriva, definiendo los límites de borde de la celda. Los datos obtenidos se entregan a su vez al graficador ubicado sobre la **Plancheta Antigranizo** que abarca el área bajo protección y relaciona las coordenadas geográficas y parámetros correlacionados con la ubicación de los puestos y rampas de lanzamiento, así como con las localidades.

Rápidamente se fija la posición sobre el **tablero** o ubicación "real" de la "celda granicera" que se pretende combatir, definiéndose los "PL" o puestos de lanzamiento comprometidos.

De allí parte la orden al locutor a cargo del sistema de transmisión "VHF" quien **se comunica** con el puesto que corresponde y da la **orden**:

- a) Azimut: "X grados O.N.O. para PL. 15".
- b) Confirmación de ángulo de altura (se ha definido con anterioridad procesando datos de radiosonda.
- c) Número o cantidad y tipo de cohete a lanzar: "seis ALAZAN II".
- d) Orden de: "Disparo".

Los disparos se suceden cada 2 segundos.

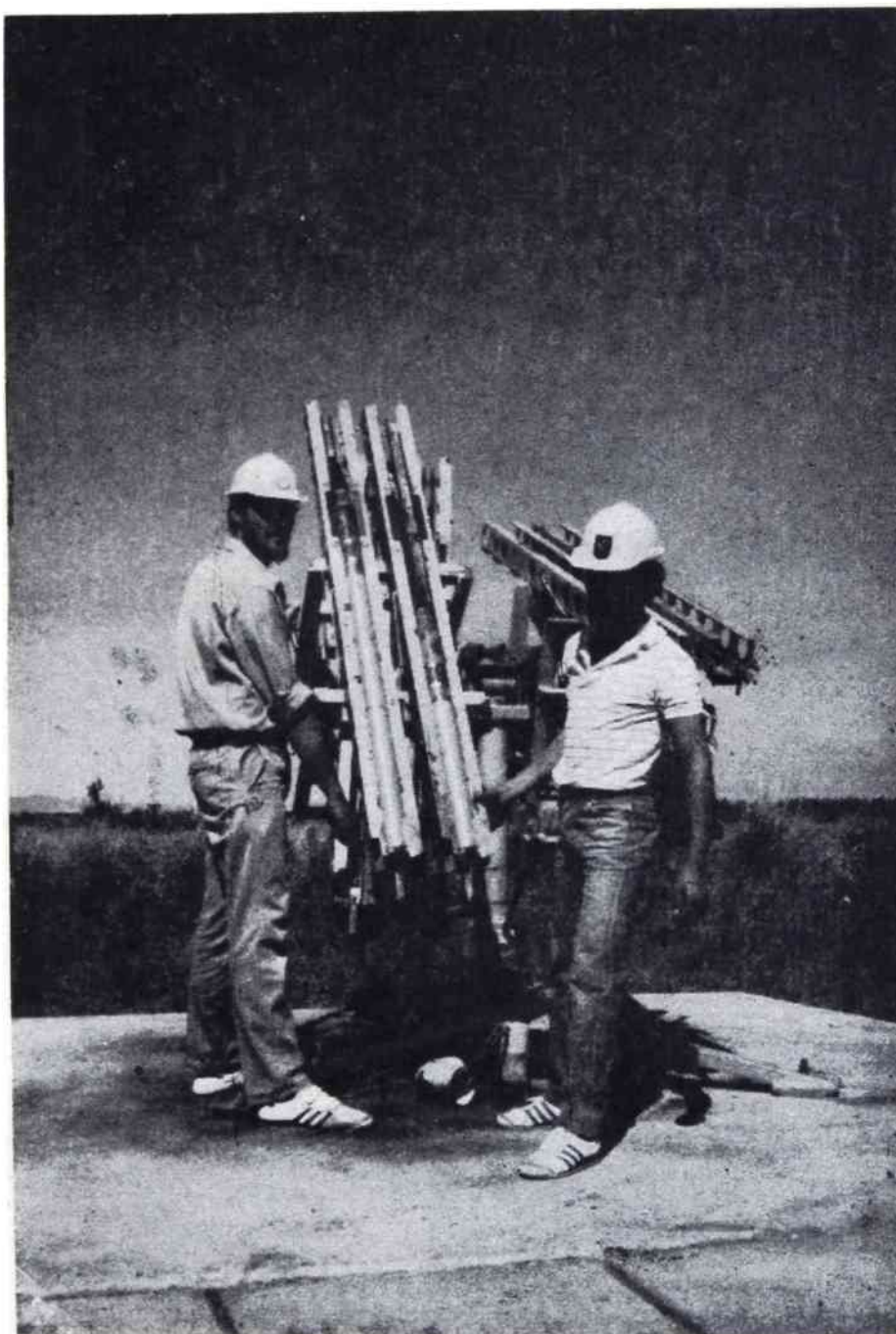
Cabe considerar que, contándose con un **Programa de computadora** cuyas funciones de entrada sean datos obtenidos directamente del radar, existiría la posibilidad de recibir como función de respuesta (ya que los "PL" tienen ubicación fija y pueden ser entrados en el programa), las órdenes directas para el puesto de lanzamiento, Azimut, confirmación de altura, cantidad, tipo de cohete y orden de disparo.

Básicamente se ha considerado entonces el sistema de Investigación en la Lucha Antigranizo de siembra masiva en altura de material químico nucleante, mediante transporte con cohetes.

Parecería que en principio éste constituye el procedimiento más eficiente al presente, sobre todo de acuerdo a la experiencia soviética; así se cita un **60 a 80 % de eficiencia**, contra un 40 a 60 % de los quemadores o generadores fijos en tierra.

RAMPA LANZADORA DE GUIAS MULTIPLES,
PARA COHETES ANTIGRANIZO

FIGURA N° 1

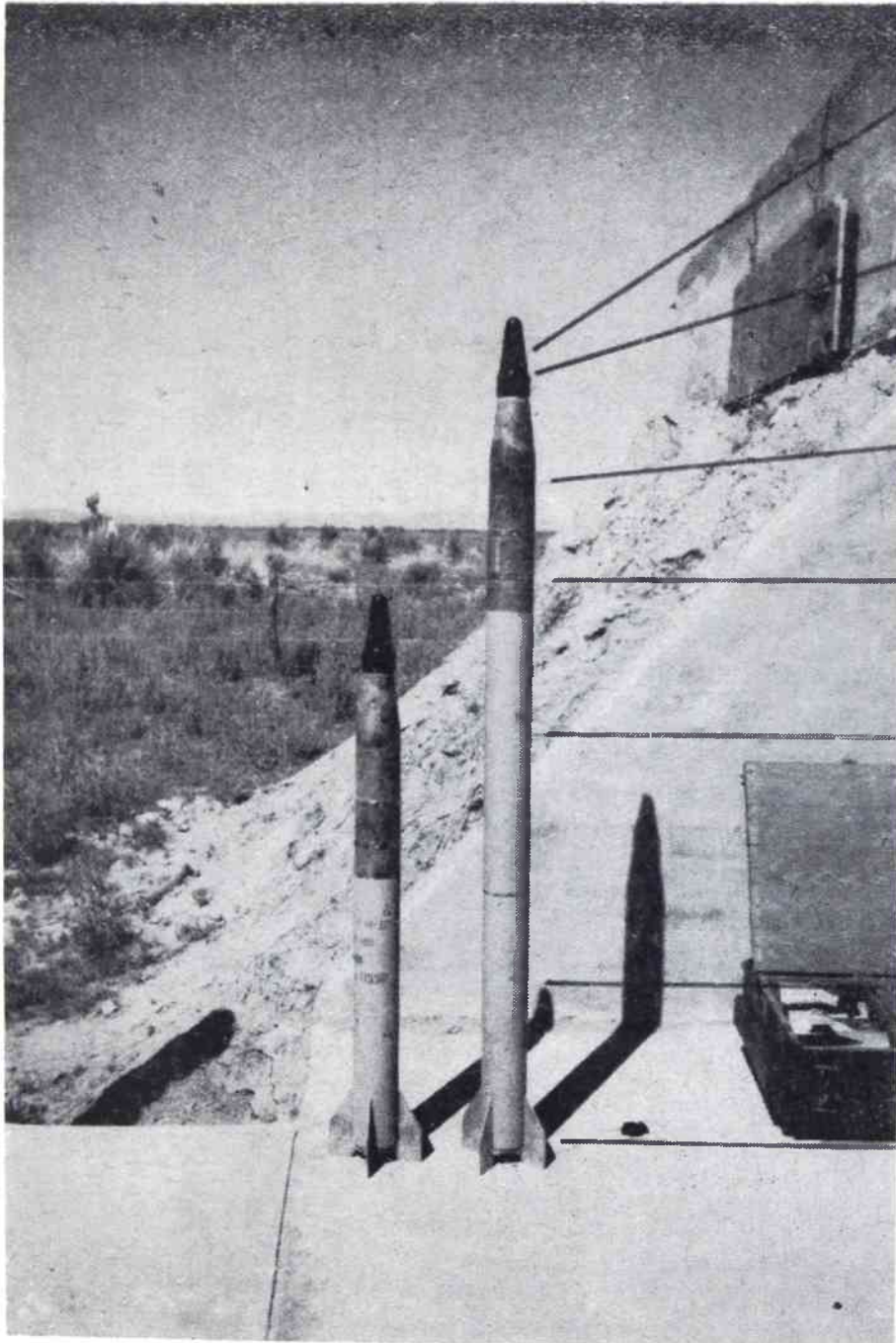


Compuesta de doce guías en dos cuerpos de seis; a su vez cada cuerpo posee dos secciones de tres. Se observan dos cohetes antigranizo colocados, el "ALAZAN I" y el "ALAZAN II".

PARTES COMPONENTES DE UN COHETE ADAPTADO
A LA LUCHA ANTIGRANIZO

MODELO DE LARGO ALCANCE "ALAZAN II"

FIGURA N° 2



Cápsula protectora.

Cabeza con mecanismo iniciador y regulador de siembra.

Depósito con cartucho de 1.300 gramos de material nucleante.

Anillas de contacto que se activan por pulso eléctrico de las guías.

Motor cohete I° etapa a propulsante sólido.

Cámara con motor cohete II° etapa, a propulsante sólido, con ignitor retardado.

Cuatro aletas estabilizadoras y direccionales.

FIGURA N° 3

Centro del "Operativo" o Cuartel general del sistema,
provisto de equipo de Radar y Radiosonda.

