

EL PROYECTO DE INTENSIFICACION DE LA PRECIPITACION Y SU DESARROLLO ACTUAL EN ESPAÑA.

Por Angel M. Rivera Pérez (*)

INTRODUCCION.

La búsqueda de recursos naturales y sobre todo la optimización de su aprovechamiento es uno de los temas de investigación fundamentales en todo el mundo. El aumento del ritmo demográfico obliga a ello y la preocupación por un futuro mas o menos cercano es muy acusada.

Probablemente el recurso natural mas importante es el agua. Se piensa que la única manera de asegurar el suministro pasa a través de la intervención humana en los recursos hidrológicos. En esta línea de actuación, el lograr un incremento en las precipitaciones de las masas nubosas ha sido siempre un sueño dorado para el hombre que ha visto pasar, impotente, sobre su cabeza toneladas de aire húmedo en forma de nubes que generalmente se deshacen o se alejan privándole del riego para sus campos, de unas buenas reservas en sus pantanos o simplemente de la necesaria limpieza de sus ciudades. También es cierto que una precipitación a destiempo puede ser perjudicial para algunas actividades pero en cualquier caso se admite que un aumento de la precipitación debe resultar a fin de cuentas beneficioso.

Pues bien, desde hace treinta o cuarenta años las investigaciones sobre física de nubes han llevado al hombre a pensar que quizás pueda despertar de ese sueño al menos parcialmente. Se trata de un largo camino que se inició, científicamente hablando, en la segunda mitad del siglo pasado con las investigaciones de Lord Kelvin en relación con el equilibrio del vapor de agua sobre una superficie líquida curva, siguieron los descubrimientos de Aitken y de Köhler sobre la necesidad e importancia de los núcleos de condensación y en especial de los higroscópicos para la producción de precipitaciones; posteriormente fueron los trabajos de Wegener los que condujeron a Bergeron a reconocer la importancia de la presencia de núcleos de hielo para la formación de precipitación en nubes frías. Esta línea de investigación fue brillantemente continuada por Findeisen. Por otra parte, el mecanismo de precipitación en nubes calientes en las que hay que hacer abstracción del factor hielo solo empezó a ser comprendido correctamente tras los importantes trabajos de Houghton.

Pero la historia próxima de la estimulación artificial de la precipitación comienza en 1946 cuando Schaeffer y Vonnegut descubren las importantes propiedades del hielo seco y mas tarde del yoduro de plata, como núcleos de congelación. Estos primeros resultados hicieron pensar en la posibilidad de lograr un incremento de la precipitación en unas condiciones nubosas dadas. Ciertos exitos espectaculares fundamentalmente sobre nubes de tipo cumuliforme mas o menos aisladas dentro de una gran cantidad de experimentos, condujeron a multitud de proyectos y acciones comerciales que a veces estuvieron mas cerca del engaño que de una operatividad real. El confusionismo fue grande durante algún tiempo de los distintos métodos y ello dada la imposibilidad de probar la eficacia y condujo a los científicos relacionados con el tema a una cierta preocupación, al tiempo que a plantearse la necesidad de aclarar el panorama mediante unas investigaciones seriamente planificadas. Por otra parte la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) recibía consultas de distintos países sobre las posibilidades reales de lograr incrementos significativos de las precipitaciones.

*) Meteorólogo. Instituto Nacional de Meteorología

Los primeros resultados de este estado de cosas fueron seminarios y reuniones sobre el tema patrocinados por la O.M.M. así como la publicación de algunas notas y reportes técnicos por parte de esta misma organización tales como "*La estimulación artificial de la precipitación*" del año 1.955, "*Control artificial de nubes e hidrometeoros*" también del mismo año y "*La modificación artificial de las nubes y la precipitación*" en 1.969. Acontecimientos posteriores tales como la sequía del Sahel y el éxito de un programa de investigación meteorológica de gran envergadura como fue el GATE (Global Atmospheric Tropical Experiment) y las necesidades cada vez más acuciantes, de aumentar la producción alimentaria mundial llevaron a la O.M.M. a la conclusión de que había llegado el momento de emprender la realización de un proyecto básico sobre el tema de la estimulación artificial de la precipitación. El punto de arranque fue el informe elaborado por el Grupo de Expertos en Modificación Artificial del Comité Ejecutivo de la O.M.M. en 1.974. Este informe se aprobó el año siguiente durante la celebración del 7º Congreso de la O.M.M. en Ginebra. Se empezaba a hablar ya del P.E.P. (Precipitation Enhancement Project) ó P.I.P. (Proyecto de Intensificación de la Precipitación) en versión castellana. En la XXVIII reunión de Comité Ejecutivo en 1.976 se definió ya en ocho puntos la filosofía básica del P.E.P.

Pero para comprender mejor estos criterios básicos así como la amplitud y complejidad del proyecto que se comenzaba a abordar es conveniente recordar algunas ideas fundamentales sobre la física de las nubes y de la precipitación.

¿COMO SE PRODUCE LA PRECIPITACION?

Una vez formada una nube como resultado de una serie de procesos por todos conocidos, el problema reside en saber como se producen las gotas de un tamaño tal -al menos 1 mm. de radio- que puedan llegar al suelo sin evaporarse por completo durante su descenso. Dado que el Radio típico de una gotita nubosa es de 10^{-2} mm. es fácil comprobar que ha de experimentar un aumento de masa del orden de un millón y además en un período tan corto como es el tiempo de vida de las nubes.

Se sabe que hasta alcanzar radios de unas 20^{μ} las gotitas crecen (en condiciones de supersaturación) por aporte de vapor desde el aire húmedo circundante con bastante rapidez. A partir de este estadio el crecimiento difusivo se hace más lento y comienzan a ser más eficaces, otro tipo de procesos, distintos para las nubes cálidas o para las nubes frías.

En las nubes cálidas, es decir aquellas nubes cuyas cimas se encuentran a temperaturas por encima de 0°C . actúa un mecanismo de colisión-coalescencia mediante el cual gotas mayores, al caer más rápidamente que las pequeñas, las alcanzan capturando así buena parte de las que encuentran en su camino ya que otras son barridas por la corriente de aire que existe alrededor de la gota grande. Hay que tener en cuenta sin embargo que la colisión no siempre produce un fenómeno de coalescencia ya que también puede ocurrir que las gotas se separen tras el choque, bien momentáneamente, o bien tras un corto período de unión e incluso que la nueva gota formada se fragmente en otras más pequeñas. En cualquier caso es claro que para que este proceso de coalescencia resulte eficaz es necesaria la existencia de gotas de muy distinto tamaño y que como se ha demostrado es el mejor modo de que la eficacia de colisión presente los valores máximos. Cuando la gota es lo suficientemente grande como para que su velocidad de caída sea mayor que la velocidad de la corriente ascendente del seno de la nube se dirigirá ya hacia el suelo como gota de lluvia.

Por supuesto el modelo que acabamos de describir es muy simplificado. Hoy se reconoce que los efectos estadísticos son fundamentales en la primera fase de la coalescencia y también que en ciertas ocasiones contribuye de modo importante, el crecimiento por condensación continua. Sin embargo no es ocasión de entrar en estos análisis.

En las nubes frías, es decir en aquellas en que parte o todo su volumen se encuentran a temperaturas por debajo de 0°C . los procesos de formación de lluvia son de un tipo muy distinto. Aquí puede esperarse ya la presencia de cristales de hielo. Dado que la presión de saturación sobre el hielo es menor que sobre el agua, existe un trasvase de moléculas de agua desde las gotitas hacia los cristales. Se llega así a una nube compuesta por cristales de hielo de mayor tamaño cuanto menor sea su número inicial. Durante su caída estos cristales pueden atrapar a otros y si llegan a alcanzar un tamaño suficiente llegan al suelo como precipitación sólida y líquida si se han fundido durante el descenso.

De lo anteriormente expuesto puede deducirse que la aparición de la fase sólida en una nube subfundida puede dar lugar a un proceso difusivo más rápido. Esto determina a su vez un crecimiento más importante de los elementos de precipitación, pudiendo llegar a provocar ésta de nubes que no lo hubieran hecho de otro modo. Para que aparezcan cristales de hielo en las nubes no es suficiente con que la temperatura esté por debajo de los 0°C . sino que se requiere además la presencia de partículas que actúen como núcleos de congelación ya que sin su presencia las gotitas pueden permanecer en subfusión hasta temperaturas del orden de -40°C . Como núcleo de congelación puede en principio servir cualquier partícula sólida presente en la atmósfera pero con la particularidad de que solo pueden mostrarse eficaces a partir de unas temperaturas determinadas para cada tipo de ellas. De acuerdo con esto existe una regla empírica según la cual puede esperarse que por cada 5° de descenso de la temperatura, aumente en un orden de magnitud el número de núcleos que se muestran activos llegando a unos valores de 1 por litro para temperaturas de unos 20°C . Sin embargo y como veremos más adelante en la realidad existen concentraciones de cristales de hielo muy superiores a la de núcleos de congelación debido a procesos de cencellada o de colisión entre partículas.

Todas estas ideas que acabamos de exponer, aunque muy generales y simplificadas, nos permiten sin embargo abordar el interrogante de como es posible estimular en principio la producción de precipitación en las nubes.

¿COMO PUEDE ESTIMULARSE LA PRECIPITACION?

La idea fundamental que debe tratar de conseguirse es la inestabilización de la nube mediante una especie de efecto de disparo.

En el caso de las nubes cálidas es necesario introducir gotas de gran tamaño en las regiones inferiores de las nubes, allí donde el contenido de agua disponible es máxima, de cara a lograr una gran eficacia en los procesos de coalescencia. Para ello puede utilizarse la inyección de agua pulverizada o de núcleos higroscópicos cuidando en cualquier caso de que la introducción no sea a niveles tan bajos que el producto pueda abandonar la nube antes de haberse establecido un eficaz proceso de colisión-coalescencia.

En las nubes frías la inestabilización puede lograrse mediante la introducción en su seno de sustancias que se comportan como núcleos de congelación activos o bien dan lugar a la formación de cristales de hielo. Las sustancias más empleadas son por un lado el yoduro de plata, cuya red cristalina es muy parecida a la del cristal de hielo y que se muestra activo a temperaturas tan "altas" como -5°C . y por otro el hielo seco que actúa mediante un enfriamiento local intenso ya que su temperatura de cambio de estado es de -78°C . Este enfriamiento activa rápidamente a gran cantidad de núcleos de congelación.

Dado que, como se ha comprobado, el valor crítico de la concentración de cristales de hielo en nubes que originan precipitación es de 1 por litro, este es el número que habría que lograr por medios artificiales. Si se sobrepasa esta cantidad el crecimiento de los cristales puede debilitarse mucho o incluso detenerse debido al gran número de ellos que compiten a la vez por el agua disponible, llegándose de este modo a una estabilización de la nube, proceso opuesto totalmente al que se deseaba obtener. Queda claro por tanto de que la posibilidad de actuar sobre las nubes frías depende de que haya un defecto de núcleos de congelación para unas condiciones atmosféricas dadas.

Una vez expuestas estas ideas generales sobre física de nubes y de precipitación podemos proseguir con la historia del P.E.P. cuya narración habíamos iniciado más arriba.

LOS OBJETIVOS DEL P.E.P.

Como apuntábamos antes, la XXVIII reunión del Comité Ejecutivo de la O.M.M. definió en ocho puntos la filosofía básica del P.E.P. es muy interesante su transcripción y lectura detallada:

1º) Facilitar a los Miembros, información segura, sobre las probabilidades de intervenir de manera artificial y con éxito, en los procesos meteorológicos con objeto de aumentar la cantidad de precipitación sobre una zona de 10.000 km². La dimensión de la zona prevista para llevar a cabo el proyecto propuesto (es decir la zona de blanco y las zonas de control adyacentes) deberán ser aproximadamente de unos 50.000 km²; se trata de una escala lo suficientemente amplia para permitir una evaluación adecuada de las posibilidades científicas y beneficios económicos que pueden lograrse, pero lo suficientemente reducida para que se puedan utilizar métodos adecuados de siembra de nubes y efectuar observaciones.

2º) Demostrar, a un nivel significativo estadístico satisfactorio, y a lo largo de un período de tiempo relativamente corto (5 años) que cualquier aumento de la precipitación observada no es fortuito, sino que está relacionado con la siembra. La evaluación esencial de este proyecto se hará en términos de precipitación sobre el suelo.

3º) Conseguir una comprensión suficiente de la meteorología y de la física de las nubes en la zona del proyecto con el fin de asegurarse que la relación estadística entre la siembra y cualquier aumento de la precipitación podrá considerarse y aceptarse en general como una relación de causa y efecto.

4º) Efectuar un examen fuera de la zona de blanco con el fin de determinar si se ha producido algún efecto determinado por la siembra en zonas mayores que la zona de blanco o bien si se ha producido únicamente una mera redistribución local de la precipitación.

5º) Llevar a cabo mediciones comprendidas entre la escala y media y la microestructura de las nubes con el fin de determinar variables conexas adicionales, para reforzar los análisis estadísticos.

6º) Obtener pruebas científicas evidentes y documentadas que permitan un, rendimiento máximo de los efectos de la siembra. Para tal fin, deberá efectuarse con carácter ordinario toda una serie de mediciones sistemáticas para determinar la física de las nubes. Ello permitirá aplicar los métodos de estratificación estadística, para los correspondientes parámetros físicos y aclarar los aspectos cuantitativos de los métodos de siembra.

7º) Permitir la formulación de algunas recomendaciones sobre la aplicabilidad de los procedimientos utilizados en el caso del P.E.P. a otras regiones del mundo.

8º) Efectuar una evaluación de las repercusiones sobre el medio ambiente, debidas a las actividades de intensificación de la precipitación, tanto dentro como fuera de la zona del experimento.

A lo largo de los ocho puntos queda claro que se pretende realizar un experimento libre de todo tipo de presiones utilizando todos los conocimientos actuales, se observa además que se trata probablemente más de demostrar la capacidad actual de actuación que de un experimento puramente científico.

PLANEAMIENTO OPERATIVO DEL PROYECTO.

Las tres fases en que se estructuró el proyecto fueron: a) la selección del lugar; b) la experimentación de campo; c) la evaluación de los resultados.

La selección del lugar se consideró siempre de importancia fundamental ya que el propósito principal del proyecto es demostrar a un nivel estadísticamente significativo si la precipitación en el suelo puede ser aumentada en una región en donde sería de importancia económica. Pues bien esta primera fase se subdividió en otras tres partes:

SSP—1 (Site Selection Phase — 1): Identificación preliminar de posibles lugares mediante las respuestas a un primer cuestionario enviado por la O.M.M. a sus Miembros.

SSP—2: Visita a los lugares seleccionados, simulación numérica de experimentos a partir de datos históricos de lluvia, climatología y análisis sinópticos.

SSP—3: Estudios en el lugar elegido sobre las nubes potencialmente inseminables y de la frecuencia de ocurrencia de situaciones probables así como de estudios climatológicos y sinópticos más detallados.

Con el fin de cumplimentar todas estas etapas, la O.M.M. envió un primer cuestionario en Octubre de 1.975. Se recibieron 18 respuestas positivas. A continuación se envió un segundo cuestionario donde se solicitaban otras informaciones adicionales y en especial una relación detallada de los medios logísticos que podían ofrecer para los emplazamientos propuestos. Las respuestas fueron evaluadas por el Grupo de expertos del Comité Ejecutivo mediante un plan de evaluación objetiva lo que permitió seleccionar seis eventuales emplazamientos con las condiciones exigidas, posteriormente se trató de reducir el número máximo de emplazamientos a dos o tres en los que poder llevar a cabo las investigaciones y estudios necesarios antes de proceder a una decisión definitiva sobre el emplazamiento final. Durante este período (S.S.P. —2), además de realizarse mediciones y trabajos "in situ" se pidió a cada uno de los seis países que facilitarían a la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (C.S.I.R.O.) en Australia, datos muy detallados de la precipitación en el emplazamiento propuesto para que esta organización llevase a cabo experimentos numérico-estadísticos de simulación con el fin de poder detectar una modificación de un diez a un veinte por ciento en la precipitación a lo largo de un período de cinco años. Por último también se pidió a los seis países estudios sinópticos-climatológicos detallados que permitieran obtener información sobre la frecuencia y características de los sistemas meteorológicos productores de la precipitación en las zonas propuestas.

Tras una minuciosa evaluación, el Comité Ejecutivo recomendó en Enero de 1.978 dos posibles emplazamientos, uno en Australia y otro en España en los que deberían desarrollarse investigaciones adicionales durante la tercera parte de la fase de selección de lugar. En Abril de 1.978 la Junta del P.E.P. evaluó los recursos de que se disponía quedando claro que eran insuficientes para poder desarrollar el SSP—3 en dos lugares diferentes. La decisión final recayó sobre España entre otras razones porque su situación geográfica era muy ventajosa para la participación de la mayoría de los países que deseaban tomar parte en el proyecto.

De este modo en Abril de 1.978 España y en particular la Cuenca del Duero se convirtieron en el escenario natural del Proyecto de intensificación de la Precipitación.

DESARROLLO DEL P.E.P. EN ESPAÑA.

Una vez efectuada la selección del emplazamiento se estableció un Acuerdo entre la O.M.M. y el Gobierno Español para fijar el marco jurídico de realización del proyecto. Este documento se firmó el 23 de Enero de 1.979 cuando ya debía haber comenzado los trabajos de campo que tenían como fecha prevista de iniciación este mismo mes de Enero.

Después de una larga carrera contra todo tipo de dificultades la campaña comenzó en el mes de Marzo.

El centro de operaciones se estableció en un hangar de la base aérea de Villanubla a 15 km. de Valladolid cedido para este fin por el Ministerio de Defensa. Se acondicionaron en él distintas dependencias, despachos y laboratorios. Los recursos humanos en esta primera parte de la SSP—3 era de 40 personas extranjeras y 12 españolas. Los medios técnicos se cifraban en dos aviones (uno francés y otro norteamericano) con unos sofisticados sistemas para medidas en el interior de las nubes, un equipo de radiosondeo montado sobre un autobús proporcionado por Francia, un receptor de datos del satélite METEOSAT cedido también por Francia, un captador de gotas de lluvia de procedencia suiza y dispositivos para la recogida de muestras de núcleos de condensación de las nubes, propiedad de Francia y de España. Por otra parte el Instituto Nacional de Meteorología español montó una red de pluviógrafos compuesta por 19 estaciones.

En el plan de operaciones del P.E.P. se exponían con todo detalle los objetivos de esta fase. Pueden resumirse así: “Determinar mediante investigaciones físicas realizadas sobre el terreno si las nubes presentes sobre el lugar preseleccionado tienen potencial para la siembra y, en caso afirmativo, si esas nubes se producen con una frecuencia espacio-temporal suficiente para poder llevar a cabo un experimento de siembra que sea científicamente viable”.

El programa se llevó a cabo sin interrupción del 14 de Marzo al 9 de Mayo de 1.979. A finales de Marzo y principios de Abril se realizó un programa más intenso de 9 días con la participación de algunos grupos franceses. La Tabla 1 da una idea de los distintos tipos de observaciones desarrollados en este primer período.

Debe reconocerse que esta primera fase resultó excesivamente corta debida al gran cúmulo de problemas que retrasaron su comienzo. Así mismo el equipo técnico no era todo lo adecuado que cabía desear (faltaban en especial observaciones de radar) y las instalaciones de trabajo se montaron con mucha premura. Todo ello influyó en que este período quedase prácticamente reducido a una primera toma de contacto con el complejo trabajo a realizar. Aún así algunas conclusiones provisionales pudieron obtenerse y fueron expuestas en la novena reunión del Grupo de Trabajo de la Comisión de Ciencias Atmosféricas celebrada en Ginebra en Septiembre de 1.979. Se estimó allí que por diversas razones el período estudiado no era muy representativo de las condiciones a largo plazo que probablemente se encontrarían. Se concluía que aunque era un útil comienzo, se necesitaba realizar otras dos campañas más de observaciones para la SSP—3 en España antes de poder establecer conclusiones definitivas sobre la idoneidad del lugar elegido.

La segunda campaña debía comenzar a principios de 1.980. En el intervalo entre ambas se trabajó intensamente en la mejora y acondicionamiento de locales e instalaciones de todo tipo. Por otra parte se hicieron activas gestiones para poder ampliar el instrumental técnico y científico disponible.

Por fin el 8 de Enero de 1.980 se inició el segundo período de la SSP—3 con un cursillo de carácter internacional sobre Física de Nubes. El 31 de Enero se lanzó el primer radiosonda y el 14 de Febrero se realizó el primer vuelo de la aeronave norteamericana con lo cual se dió por iniciado el período de observaciones que concluyó el día 9 de Mayo. La tabla II refleja el tipo y la intensidad de las observaciones realizadas.

Hechos notables a destacar de este período son los siguientes: Colaboración de la URSS mediante un radar instalado en la cabecera de pista de la Base Aérea de Villanubla; montaje de un Centro de Comunicaciones con teletipos, telex, facsimil, radio-facsimil y transmisor FM para comunicaciones tierra-aire; instalación en Madrid de una estación receptora del satélite METEOSAT y envío de la señal por cable a Villanubla; instalación de un ceilómetro de laser para estimación objetiva de la altura de la base de las nubes y ampliación de la red de pluviógrafos. Por otra parte el INM instalaba en Matacán (Salamanca) otro equipo de radar que colaboró activamente durante todo el período. La figura 1 es un croquis donde figuran los emplazamientos de todo el equipo técnico utilizado.

Al contrario que en el primer período realizado en 1.979, en el de 1.980 se alcanzaron prácticamente los objetivos previstos. Sin embargo debido a una avería en el satélite METEOSAT al comienzo de los trabajos y a la falta de observaciones de radar en 1.979 no fue posible disponer de un conjunto completo de datos sinópticos, de radar y de satélites para los dos períodos. Por ello no se ha podido obtener un provecho máximo, los datos de las aeronaves para la comprensión general de estructura, intensidad y movimiento de los sistemas nubosos en estudio. Como consecuencia la Junta del PIP reiteró la necesidad de un tercer período para la fase SSP—3.

En cualquier caso se ha llegado a un conjunto de conclusiones que aunque provisionales son de un alto interés científico. A ellas pasamos a referirnos a continuación.

ALGUNAS CONCLUSIONES.

Un primer resultado importante ha sido la afirmación de que la precipitación en la Cuenca del Duero en todos los casos estudiados se produjo mediante procesos típicos de nubes frías, es decir, jugando un papel fundamental la fase hielo y resultando despreciables los procesos de crecimiento de gotas por coalescencia.

2º) Las menores concentraciones halladas de gotitas nubosas son de aproximadamente 200 cm^{-3} y las mayores ligeramente superiores a 1.000 cm^{-3} , típicas de masas de aire continentales o marítimas modificadas como era lógico esperar del emplazamiento geográfico.

3º) Las concentraciones encontradas de cristales de hielo son moderadamente altas con relación a las obtenidas en condiciones similares en otros lugares. En el 40% de los casos estas concentraciones siguen la regla a que nos referíamos al principio de aumento con el descenso de temperatura, pero el 60% restante fueron observadas concentraciones superiores debiéndose pensar por tanto en procesos secundarios naturales de producción de cristales.

4º) Coexistencia no esperada de valores altos de agua líquida y valores así mismo altos de la concentración de cristales de hielo lo que obliga a un replanteamiento teórico de los modelos de actuación artificial en condiciones de este tipo.

5º) Solo un pequeño porcentaje del total de horas voladas en nubes con cimas inferiores a -20°C se encontraron contenidos de agua líquida superiores a 0.2 gr. m^{-3} y concentraciones de cristales inferiores a 1 l^{-1} que son las condiciones favorables para la modificación artificial.

En resumen podemos decir que aunque por el momento no hay datos suficientes para afirmar que las condiciones microfísicas de las nubes estudiadas no sean aptas para realizar el experimento definitivo del P.E.P., lo cierto es que no son todo lo favorables que se esperaban. Será necesario por tanto esperar a los resultados de la campaña de 1.981.

PLANES PARA EL FUTURO.

La tercera campaña de la fase SSP—3 dará comienzo a mediados de Enero de 1.981. El plan de actividades será muy parecido al del año 1.980 y el equipo técnico el mismo aunque con algunas mejoras de interés entre las que destaca la aportación por Francia de un radar "doppler" para medir las velocidades verticales de la precipitación.

De los resultados de esta última campaña se obtendrán ya las conclusiones definitivas sobre la idoneidad de las nubes de esta zona geográfica para la siembra y con ellas se decidirá el futuro del experimento P.E.P.

Sea cual fuere el resultado deben quedar claros algunos extremos: En primer lugar un resultado negativo de la fase SSP—3 en la Cuenca del Duero no querría decir rotundamente que sus condiciones no son aptas para incrementar la precipitación, sino que ello no podría ser demostrado satisfactoriamente en el plazo de 5 años -que es la duración estimada de la fase experimental del P.E.P.- por no ser seguramente este incremento suficientemente acusado.

En segundo lugar, el P.E.P. supone el experimento de mayor envergadura científica realizado hasta la fecha en el tema de la intensificación artificial de la precipitación con fines económicos. Los documentos publicados durante su preparación y su actual realización se ocupan de todo tipo de temas más o menos implicados con el hecho en cuestión abarcando desde los métodos de dispersión que pueden emplearse en la siembra de nubes, hasta el posible impacto ecológico, así como los posibles planteamientos de tipo jurídico que pudieran darse. Es pues, una amplia investigación científica realizada con gran seriedad y rigor enmarcada, eso sí, en una visión de claros rendimientos económicos a medio y largo plazo.

Para finalizar debemos destacar la compleja y ardua labor que el Instituto Nacional de Meteorología español está desarrollando para el buen funcionamiento de las tareas del P.E.P. Sin el gran esfuerzo y la amplia dedicación de una buena parte de su personal y de sus medios técnicos el desarrollo de este experimento internacional en nuestro país no hubiera sido posible.

TABLA 1. — Resumen de las principales observaciones..... (Del Boletín de Información del P.E.P. Publicado por la O.M.M.).

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES OBSERVACIONES EFECTUADAS DURANTE LA SSP—3/1.979.

Sistema de observación	Período de observación	Frecuencia de las observaciones
Aeronave Queen Air (EE.UU. de América)	14 de marzo — 8 de mayo	28 vuelos
Aeronave DC—7 (Francia)	27 de marzo — 4 de abril	13 vuelos
Laboratorios sinópticos (España)	20 de marzo — 9 de mayo	todos los días
Equipo de radiosondeo (Francia/España)	14 de marzo — 8 de mayo	60 sondeos
Receptor de datos del satélite METEOSAT (Francia)	27 de marzo — 27 de abril	73 fotografías en el espectro visible. 129 fotografías en el espectro infrarrojo
Cámaras panorámicas/fotografías imagen por imagen (Francia)	28 de marzo — 5 de abril	8 días
Captador de gotas de lluvia (Suiza)	14 de marzo — 28 de abril	92 horas
Dispositivo para la recogida de muestras de núcleos de condensación en las nubes (Francia/España)	23 de marzo — 9 de mayo	124 muestras
Red de pluviógrafos 19 estaciones (España)	14 de marzo — 8 de mayo	mapas diarios

TABLA II. — (Del Boletín de Información del P.E.P. Publicado por la O.M.M.).

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES OBSERVACIONES EFECTUADAS DURANTE LA TERCERA FASE DEL PROCESO DE SELECCION DE EMPLAZAMIENTO (SSP-3) EN 1.980

Sistema de observación		Periodo de las observaciones	Frecuencia de las observaciones
Aeronave Queen Air	(EE.UU.)	14 de febrero — 7 mayo	56 vuelos (1)
Avionetas Piper Aztec y Cessna 206	(FRANCIA)	12 de abril — 7 mayo	22 vuelos 21 acuasondas
Radar meteorológico MRL-5	(URSS)	15 febrero — 7 mayo	47 días (2) unas 45.000 fotos
Convertidor analógico numérico para el radar MRL-5	(CANADA)	27 febrero — 1 mayo	29 días 168 cintas magnéticas
Radar meteorológico WSR-74	(ESPAÑA)	14 abril — 5 mayo	7 días
Laboratorio sinóptico	(ESPAÑA)	13 febrero — 9 mayo	Todos los días
Equipo de radiosondeo	(FRANCIA/ESPAÑA)	31 enero — 9 mayo	200 sondeos (1 a 3 sondeos diarios)
Datos de satélites meteoroló-			
Datos de satélites meteorológicos	(FRANCIA)	15 febrero — 7 mayo	Dos veces al día (3) durante 49 días
Red de pluviógrafos — 27 estaciones	(ESPAÑA)	13 febrero — 9 mayo	Mapas diarios
Captador de gotas de lluvia	(SUIZA)	18 febrero — 1 mayo	69 $\frac{1}{2}$ horas en 21 días
Cámara panorámica/fotos de nubes imagen por imagen	(FRANCIA)	22 de febrero — 8 mayo	17 días
Dispositivos para la recogida de muestras de núcleos de condensación (FRANCIA, ESPAÑA, AUSTRALIA, BULGARIA)		4 marzo — 8 mayo	1 — 2 veces al día

Notas:

(1). Muestreos de nubes en 46 vuelos.

(2) Días en que se han tomado 100 fotos o más.

(3) Información procedente de dos satélites meteorológicos norteamericanos (NOAA-6, TIROS-N), recibida y procesada en Lannion, Francia.

FIG. 1. — (Del Boletín de Información del P.E.P. Publicado por la O.M.M.).

