

UN CASO DE GRANIZADA EXCEPCIONAL EN MALLORCA

LA TORMENTA DEL 26 DE AGOSTO DE 1967

Jaime Miró-Granada y Gelabert. Meteorólogo

1. Introducción

Es típico, muy frecuente, que el final del período seco estival, propio del Mediterráneo y por tanto de las Islas Baleares, venga marcado por los chubascos y las tormentas que se desencadenan en la última decena del mes de agosto. Como es natural, el granizo no suele faltar en estas demostraciones de intercambio de energía entre la superficie del suelo, o del mar, y el aire. Alrededor del mediodía del día 26 de agosto de 1967, en Mallorca, el desarrollo de una o varias células tormentosas condujo a la caída de pedrisco de carácter excepcional, por su tamaño, forma de producirse y daños que ocasionó en varias zonas de la Isla, preferentemente en su zona central y más concretamente en la villa de Santa María del Camí. La circunstancia de la relativa proximidad geográfica de dicha villa con la estación de Radiosondeos de Mallorca, ubicada en el antiguo aeropuerto de Son Bonet del término municipal de Marratxí, la casi coincidencia del fenómeno citado con la realización de un radiosondeo termodinámico y la magnitud del fenómeno, nos ha inducido a efectuar un estudio algo más detallado que los de rutina. A su vez, además, para, modesta y parcialmente, contrastar las teorías en uso, comprobar las técnicas utilizadas en predicción meteorológica y poner en evidencia la utilidad de las observaciones desinteresadas y casi anónimas, de los colaboradores encargados de la Red Termo-Pluviométrica, que con sus informes, con sus «tarjetas» de tormenta, contribuyen al conocimiento de la Meteorología y de la Climatología local y difícilmente su labor podrá ser desplazada totalmente por los radares detectores de tormentas, por otra parte inexistentes, por ahora, en esta región.

2 Condiciones meteorológicas

Situación Sinóptica. En el mapa sinóptico de superficie correspondiente a las 12 horas (T. M. G.) —figura 1— se observa una situación

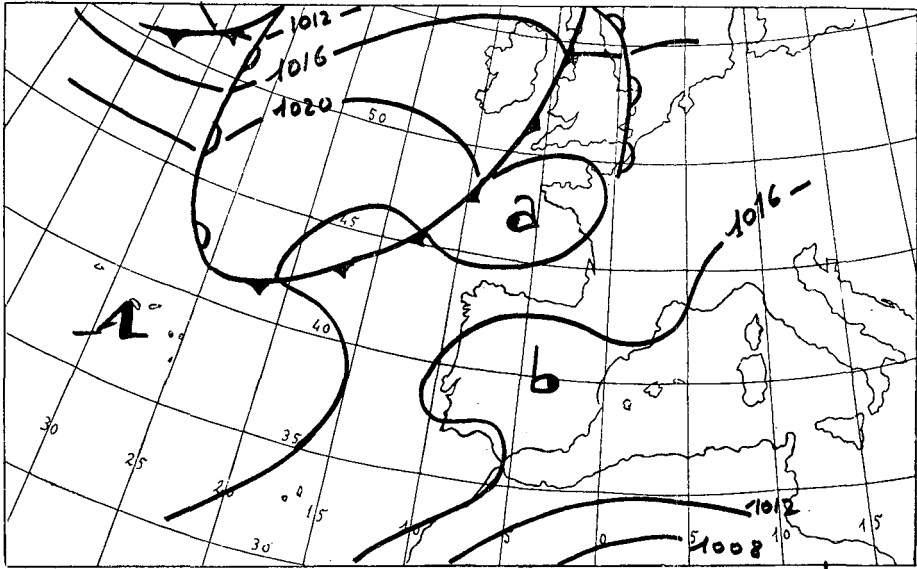


Fig. 1 Superficie. 26 Agosto 1967 - 12^h (T.M.G)

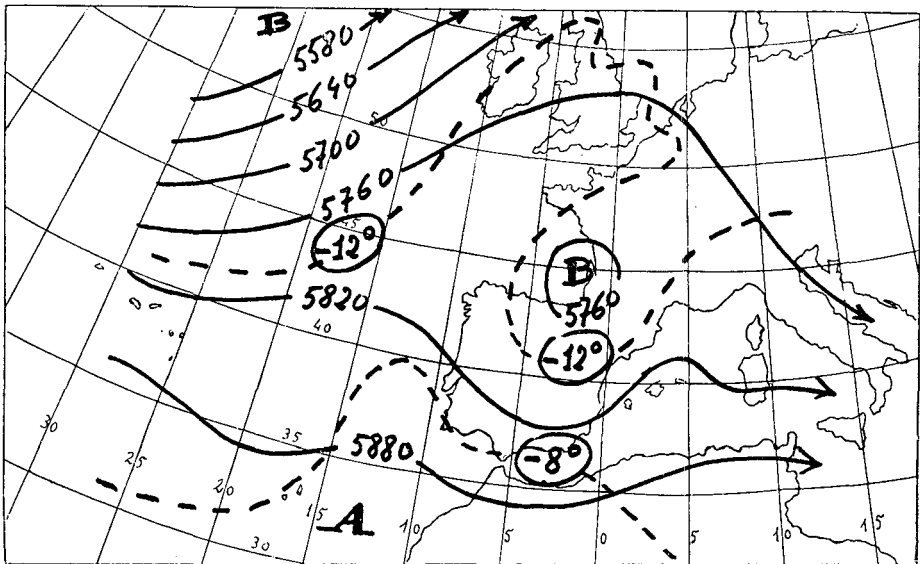


Fig. 2 500 mbs. 26 Agosto 1967. 12^h.

muy corriente en verano. El anticiclón de las Azores extiende una dorsal por Europa occidental, retraída sobre la Península Ibérica a causa de la típica baja térmica, que se haría más patente a horas más avanzadas de la tarde. En el Sahara argelino se ve la depresión normal, en esta época del año, y queda el Mediterráneo Occidental con presión muy uniforme, con escaso gradiente.

A la misma hora, la topografía de 500 milibares —fig. 2— presenta un pequeño núcleo de baja en el Golfo de Vizcaya, flujo, poco intenso, con circulación ciclónica sobre la Península y Baleares y la isoterma de menos doce grados forma un profundo seno desde las Islas Británicas hasta la mitad de la Península Ibérica, lo que denota la presencia de aire frío, en altura, sobre ésta. En efecto, en la topografía relativa de 500 sobre 1.000 mbs. —fig. 3— que manifiesta mejor las características térmicas del aire,

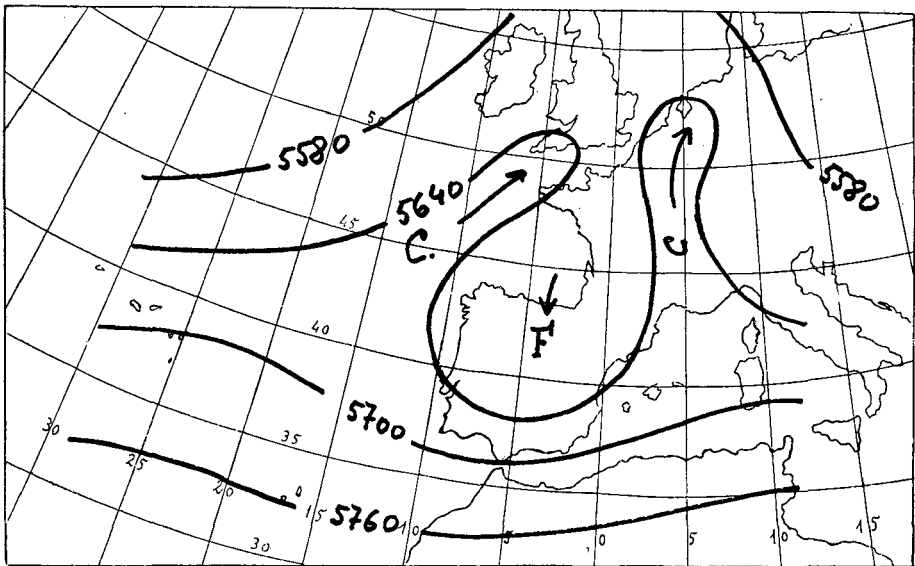


Fig 3 Top. relativa 500/1000 - 26 Agosto. 1967-00^h.

se pone de relieve una «gota fría» en formación, sobre el área geográfica española. A 300 milibares —fig. 4— se nota mucho el enfriamiento y el seno de baja presión y hasta puede ser reconocida una rama de «corriente

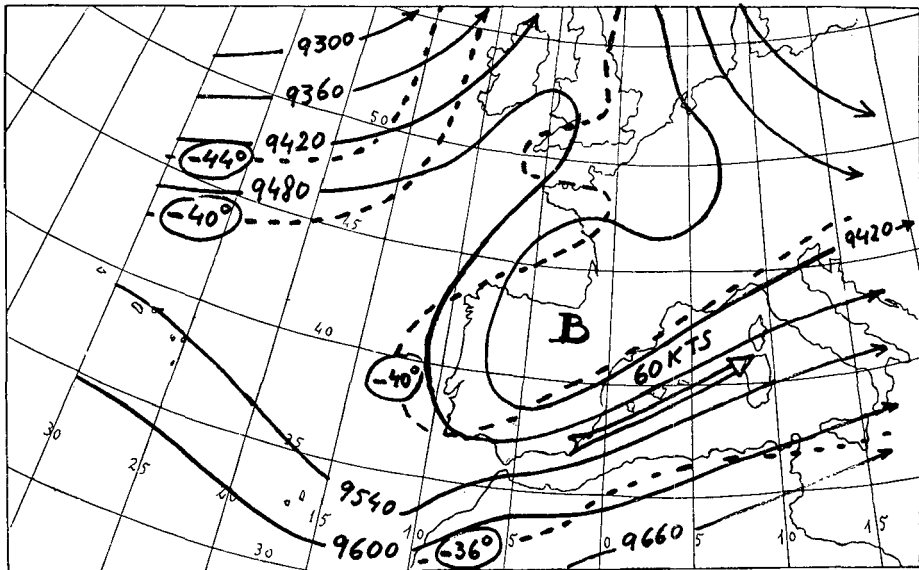


Fig. 4 300 mbs. 26 Agosto 1967 - 00^h (T.M.G.)

en chorro» extendida en el Mediterráneo Occidental, desde el Sudoeste al Nordeste, y muy próxima a las Islas Baleares.

Observemos, de pasada, que la masa de aire existente en la cubeta del Mediterráneo Occidental parece tener las características atribuidas a la calificada como «masa de aire mediterránea». El aire polar o el aire subtropical que por distintas vías de penetración han llegado al Mediterráneo y, a consecuencia de las condiciones generales de la circulación atmosférica, quedan en éste remansados, adquieren energía y humedad que conducen a modificar notablemente las características que tenían en su origen. La masa, evolucionada, recibe aquella denominación. Tomando los datos del sondeo termodinámico efectuado en Son Bonet a las cero horas del día 26, y por tanto antes de empezar los movimientos convectivos, podemos efectuar una comparación con los datos que fijan las condiciones medias de la «masa de aire mediterránea» para el mes de julio, comparación que exponemos en el adjunto cuadro número 1.

No se observan trazos de frente alguno en el Mediterráneo Occidental en los mapas de superficie y altura analizados. Los observatorios cercanos

CUADRO n ° I						
	1000 mbs.		850 mbs.		700 mbs	
	1	2	1	2	1	2
T	29	22	19	12	12	4
W	14,1	13,1	7,4	7,9	3,0	5,1
\varnothing_w	22	19	18	16	17	16

1. Aire mediterráneo en el mes de Julio.
 2. Sondeo del día 26-VIII-67 a 0 horas
 T. Temperatura del aire (°C).
 W. Proporción de mezcla (gr./Kg.)
 \varnothing_w . Temperatura potencial del húmedo.

no indican la presencia de nubes en las observaciones de la noche anterior. Se trata de estudiar, pues, el desarrollo de un fenómeno local, si bien favorecido por las condiciones atmosféricas generales.

De las observaciones y de las bandas de los registradores del Observatorio de Palma de Mallorca, situado a unos quince kilómetros en línea recta del punto en que se desarrolló la célula principal de la tormenta que nos ocupa, se ha deducido el gráfico adjunto —fig. 5— que presenta en forma simultáneamente la marcha de los fenómenos principales. Durante la mañana la temperatura iba en ascenso en forma continua mientras soplaban viento flojo del Este, que no es el frecuente para esta época del año en la que predomina el viento Sur que corresponde, en la costa Sur de Mallorca, a la brisa de mar, la cual suele haberse establecido ya a esas horas del día. A las 11 horas (T.M.G.), rola el viento al Norte, aumenta algo su velocidad mientras el termómetro inicia un descenso de casi dos grados a partir de los 31,5°C que había ya alcanzado. Entre las 12 y las 13, oscila el viento entre

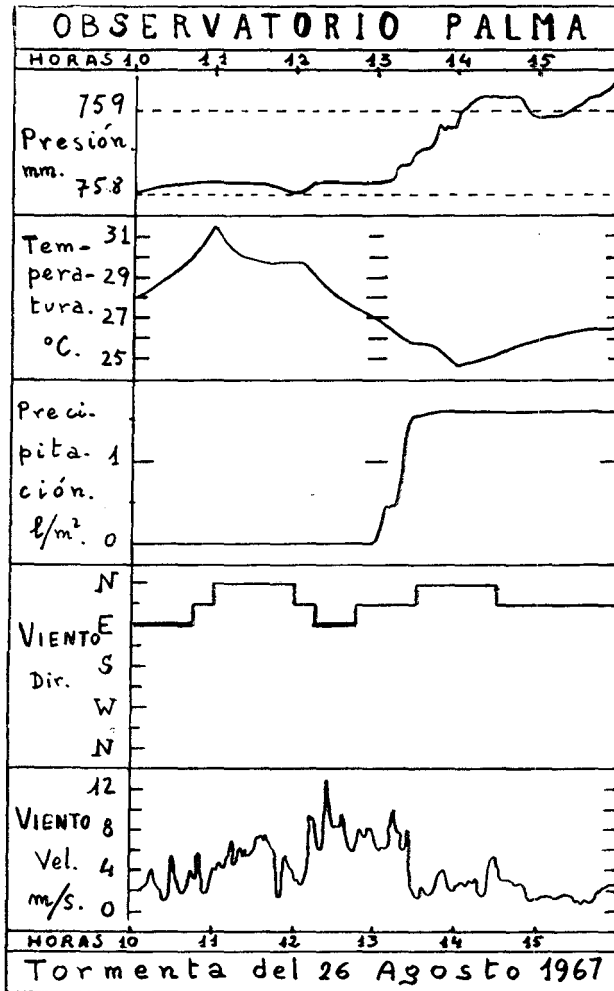


Fig. 5

el Nordeste y el Este al tiempo que duplica su velocidad y se manifiesta algo racheado, pero el termómetro inicia un nuevo descenso, más espectacular ya que bajará la temperatura otros cinco grados en menos de dos horas. Un poco antes de las 13, oyéndose el trueno en Palma, empieza la precipitación, en forma de chubascos no muy intensos, que cesa prontamente. Empieza a subir la presión con rapidez, hasta que a las 14 horas se estabiliza

cuando la temperatura, que pasó por un mínimo relativo, de $24,5^{\circ}\text{C}$, inicia un suave y moderado ascenso. El viento, que ha amainado, permanece flojito entre los puntos Norte y Nordeste.

3. Sondeo termodinámico

3.1. Como hemos indicado, en la Estación de Radiosondeos de Mallorca, sita en Son Bonet, se iniciaba un sondeo termodinámico a las 12,00 horas (T.M.G.). La sonda utilizada era del modelo 403 A. Compuesto de barómetro anerode, elemento sensible de temperatura constituido por una resistencia de cerámica, y el elemento sensible de la humedad relativa, a base de grafito, que en esta ocasión, desgraciadamente, dejó de funcionar a 700 mb., son resistencias variables intercaladas en el circuito de una emisora que transmite en la frecuencia de 403 Megaciclos/seg. Dicha sonda es arrastrada por la fuerza ascensional de un globo de goma inflado con hidrógeno que le comunica una velocidad, prácticamente constante, de 300 metros por minuto. El receptor, modelo Metox francés, transforma las señales recibidas en puntos sobre una banda de papel continuo, en un aparato registrador americano Bandix Friez. La altura y acimut del globo, de los que se deducirá la dirección del viento en las diferentes capas de la atmósfera, se obtienen mediante una antena unidireccional.

De los datos interpretados en la banda registro se construye la gráfica del Sondeo en un diagrama termodinámico, generalmente el de Stüve.

Nosotros hemos representado el sondeo efectuado a las 12 horas del día 26 de agosto de 1967, en un diagrama oblicuo T-log.p, y desde el cual hemos deducido los índices termodinámicos característicos y parámetros meteorológicos que a continuación exponemos. Sin embargo, como el diagrama utilizado en el Servicio Meteorológico es el de Stüve, por lo menos hasta hace poco tiempo, presentamos en la fig. 6, la curva presión-temperatura, y también la curva presión-punto de rocío, en un diagrama Stüve, esquematizado.

Los datos del sondeo directamente registrados, y los deducidos del diagrama oblicuo T-log.p, así como los relativos a dirección y velocidad del viento obtenidos en la transcripción de las lecturas del radio-Teodolito, se exponen en el adjunto cuadro II.

Pasemos revista sumaria a las características más notables del Sondeo.

3.2. *Nivel de condensación convectivo.* (N.C.C.) Por intersección

CUADRO n.º II
ESTACIÓN DE RADIOSONDEOS DE MALLORCA

Sondeo del 26 Agosto 1967 a 12,00 h. (T. M. G.)

P mbs	Z mg.	T °C	T _d °C	W gr/Kg	W _s gr/Kg	PH ‰	e mbs	e _s mbs.	Ø °K	T _w °C	Ø _w °K	T _e °C	Ø _e °K	T _v °C	DD °	ff Kts.
1009	—	31	20	14,8	29,0	52	26,0	48,5	303	23	296	349	349	33,4	—	—
1000	127	30	19	14,0	27,5	51	23,0	46,2	303	22	295	73	346	32,3	090	08
850	1550	18	14	12,0	15,6	76	16,6	21,5	305	15	302	51	341	20,0	110	04
770	2400	11	9	9,5	10,8	88	11,7	13,5	306	10	305	38	335	12,6	—	—
704	3170	8	2	4,6	9,8	47	5,5	11,0	311	3	305	23	327	-1,2	—	—
700	2176	8	—	—	—	—	—	—	312	—	—	—	—	—	250	19
500	5845	-12	—	—	—	—	—	—	319	—	—	—	—	—	210	37
400	7515	-23	—	—	—	—	—	—	324	—	—	—	—	—	220	45
300	9560	-38	—	—	—	—	—	—	333	—	—	—	—	—	210	62
272	0245	-42	—	—	—	—	—	—	336	—	—	—	—	—	—	—
250	10796	-45	—	—	—	—	—	—	340	—	—	—	—	—	220	62
224	11600	-50	—	—	—	—	—	—	343	—	—	—	—	—	—	—
200	12264	-49	—	—	—	—	—	—	356	—	—	—	—	—	240	37
180	13000	-48	—	—	—	—	—	—	369	—	—	—	—	—	—	—
150	14158	-49	—	—	—	—	—	—	387	—	—	—	—	—	260	21
100	16820	-50	—	—	—	—	—	—	433	—	—	—	—	—	220	4
87	17750	-50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

P : Presión
 Z : Altitud
 W : Proporción de mezcla
 W_s : Proporción de mezcla saturante
 RH : Humedad relativa
 e : Tensión de vapor
 e_s : Tensión de vapor saturante
 DD : Dirección del viento (grados)
 ff : Velocidad del viento (nudos)

T : Temperatura del aire
 T_d : Temperatura punto de rocío
 Ø : Temperatura potencial
 T_w : Temperatura termómetro húmedo
 Ø_w : Temperatura potencial term. húmedo
 T_e : Temperatura equivalente
 Ø_e : Temperatura potencial equivalente
 T_v : Temperatura virtual

de la curva equisaturada que pasa por el punto de rocío en tierra con la curva de estado, hallamos el nivel de condensación, o nivel de la base de las nubes formados por la convección o ascenso del aire caldeado por la superficie terrestre. Lo hallamos a los 1.575 metros geodinámicos (Un metro geodinámico igual a 0,981 metros geométricos, aproximadamente a pequeñas altitudes.

3.3 *Temperatura convectiva* o punto de disparo. (TC). Bajando por la adiabática seca que pasa por el N.C.C. hasta la línea de tierra encontramos que va a ser suficiente que la temperatura del aire llegue a los 32,6°C para que toda la masa de aire ascienda. La temperatura convectiva, sería alcanzada poco después de iniciado el Sondeo.

3.4. *Area negativa.* (—) El área comprendida entre la línea base, la curva de estado y la adiabática seca que pasa por el N.C.C. es proporcional a la energía necesaria para el desprendimiento convectivo de todo el estrato del aire. Se observa que, a la hora del sondeo, el área negativa es muy pequeña y que por tanto no hay duda de que la tierra, caldeada por el Sol, podrá proporcionar esa energía.

3.5. *Area positiva.* (+) Si a partir del punto N.C.C. seguimos por la adiabática saturada —línea de puntos en la figura 6— hasta que volvemos a cortar la curva del sondeo en el punto N.E., nivel de equilibrio, dejamos encerrada un área que, por estar la adiabática a la derecha de la otra curva, representa la energía potencial, en forma de calor latente, que el aire puede proporcionar a las partículas de aire que ascienden debido a la convección. En el diagrama esquemático, fig. 6, observamos la gran cantidad de energía disponible que se traducirá en fuerte movimiento ascensional de las partículas de aire que alcancen el N.C.C. Por comparación de las áreas negativa y positiva, se deduce que en el momento del sondeo y en el punto de lanzamiento, que puede ser considerado como bastante representativo de las condiciones medias en el área casi central de la isla, la atmósfera se hallaba en un estado de equilibrio con inestabilidad condicional efectiva, o higrólabilidad, apto para la formación de potentes nubes cúmulo-nimbos.

3.6. *Indice de Showalter.* Existen varios procedimientos, basados en supuestos más o menos arbitrarios que conducen a un número, un índice que, en forma aproximada, da una medida de la inestabilidad. Hemos calculado, en el diagrama oblicuo T-log.p, el denominado «índice de Showalter». Ha resultado ser igual a menos 6, lo que supone un alto grado de inestabilidad, una probabilidad muy elevada de producción de tormentas. En

SON BONET. Sondeo Termodinámico. Presión

26 AGOSTO 1967. A 12 h. (T.M.A.)

mbs
100

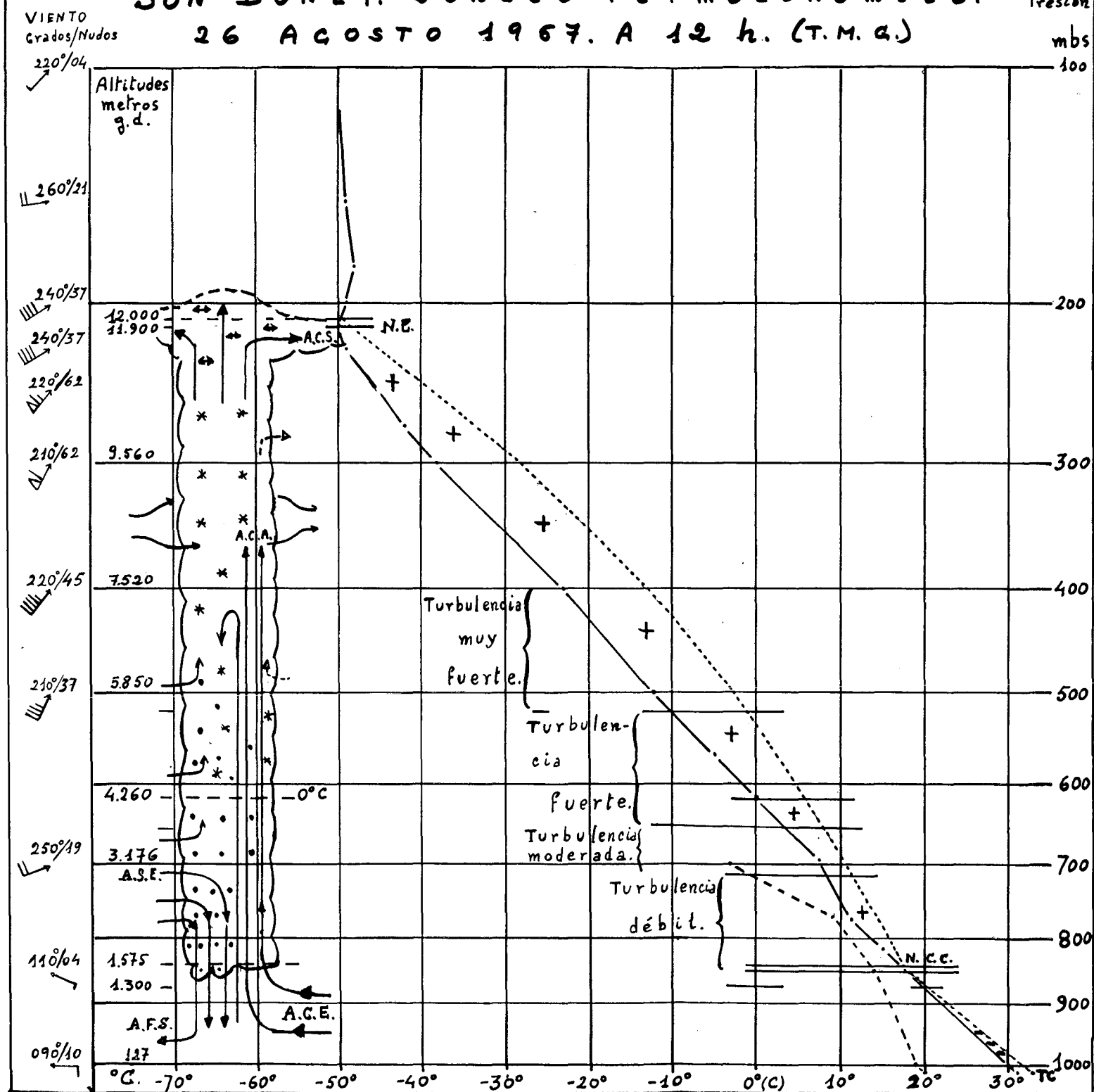


Fig. 6.

Norteamérica, con un índice de ese valor se han observado la formación de tornados.

3.7. *Estratos de turbulencia.* Utilizando el método de R.G. Whiting, el sondeo termodinámico del día 26 de agosto nos conduce a determinar cuatro estratos de turbulencia del aire, estratos donde existen movimientos verticales del aire. El primero, desde el nivel de condensación (1.575 m.) hasta los 3.000 metros, con turbulencia «débil»; el segundo, desde 3.000 m. a 3.700 m. con turbulencia «moderada»; desde este último nivel a los 5.000 m. turbulencia «fuerte y desde los 5.000 m. a los 7.500 m. habría turbulencia «muy fuerte». La turbulencia, a partir de esa altitud, decrecería hasta anularse en la tropopausa. El calificativo de la turbulencia denota un grado de la misma evaluado sobre el efecto que produciría sobre un avión de tonelaje mediano con propulsión convencional.

3.8. *Predicción del tamaño del granizo.* Por consideraciones teóricas acerca de las velocidades del viento en las células tormentosas y experiencias realizadas en túneles aerodinámicos, el «Severe Weather Warning Center», de «Kansas City, Missouri - U.S.A. ha conseguido un diagrama que permite efectuar predicciones acerca de la probabilidad de formación de granizo así como de su tamaño, partiendo de parámetros obtenidos en la curva de estado del diagrama oblicuo T-log.p. Hemos ensayado el método en el sondeo que analizamos y el resultado proporciona un diámetro del granizo, supuesto esférico, de 1,8 pulgadas, o sea: 46 mm. tamaño que puede ser calificado de notable y que, como veremos quedaba un poco por debajo de la realidad.

3.9. *Esquema de la célula tormentosa.* En el propio diagrama simplificado del sondeo termodinámico —fig. 6—, y en correspondencia con el mismo hemos dibujado un esquema aproximado de la nube en estado de crecimiento en el cual es probable que se encontrara al tiempo de efectuar el sondeo, de acuerdo con el mapa de isocloras (fig. 11). Entre la base de la nube y la isoterma de cero grados, a 4.260 metros, predominaría el agua líquida y por encima de este nivel sería mayor el contenido de agua sólida con el proceso de formación del granizo. Sin embargo, el régimen de vientos en altura, que el sondeo nos proporciona, y que con sus vectores representativos se han adjuntado a la figura, las variaciones del viento en superficie, de la presión y sobre todo de la temperatura que ya hemos presentado, nos ha sugerido establecer una comparación, solamente una comparación, entre el fenómeno que estudiamos y las teorías recientes de Goldman

acerca de la nube de tormenta y con las cuales pretende preparar un modelo con un tratamiento matemático del flujo del aire, dentro y en las inmediaciones de la nube, y de la precipitación, siguiendo a Kessler, apto para que las calculadoras electrónicas puedan prever la evolución de la nube.

Para Goldman la nube tormentosa es un sistema abierto en el que el elemento fundamental alrededor del cual todo se desarrolla es una fuerte y estable corriente ascendente, vertical, del aire, con lo cual se retrotrae a concepciones muy anteriores. En la capa junto al suelo, debajo del flujo ascendente correspondería un «pozo» o «sumidero» cinemático. En la parte superior de la corriente, donde ésta ataca a la tropopausa, habría un «manantial». Un flujo de aire húmedo y cálido acudiría al sumidero y el flujo ascendente transportaría la mezcla húmeda hacia la tropopausa. El «manantial» superior enviaría humedad al «yunque» de la nube. El aire intermedio que forma parte de la circulación próxima a la nube, rodearía al flujo ascendente, pero en la parte inferior de este aire intermedio podría localizarse otro flujo entrante de aire, muy seco, que con el ascendente daría lugar a gran turbulencia y permitiría la evaporación de las gotas de agua que estarían cayendo, enfriándose más el aire, con lo que habría un flujo descendente que, al llegar al suelo, podría ser tratado como un manantial más una translación, el manantial localizado en la nube y la translación sería representativa del movimiento relativo de la tormenta.

En la figura 7 quedarían esquematizados los cinco canales correspondientes a los cinco flujos en que puede ser representada la circulación del aire en la nube tormentosa. En la capa en contacto con el suelo una corriente de aire cálido y húmedo, generalmente del Sudeste, entrante en la nube (A.C.E.) estaría separada de las capas superiores por una inversión de temperatura. Otro flujo canalizado, de aire seco (A.S.E.), posiblemente del Sudoeste, entraría en la nube por encima del estrato inversor. Estos serían los flujos entrantes. De los salientes, habría uno en la cima de la nube por donde se vertería el aire cálido (A.C.S.) en la circulación general a través del yunque de cristallitos de hielo; otro, de aire frío (A.F.S.) procedería en parte del aire seco entrante, enfriado por la evaporación de las gotas descendentes de agua y que cayendo de niveles intermedios saldría de la nube por su parte posterior como de un manantial de aire frío. Los movimientos del aire entrantes y salientes se entienden ser relativos a la nube. La figura 8 es una representación esquemática del movimiento del aire en la nube tormentosa.

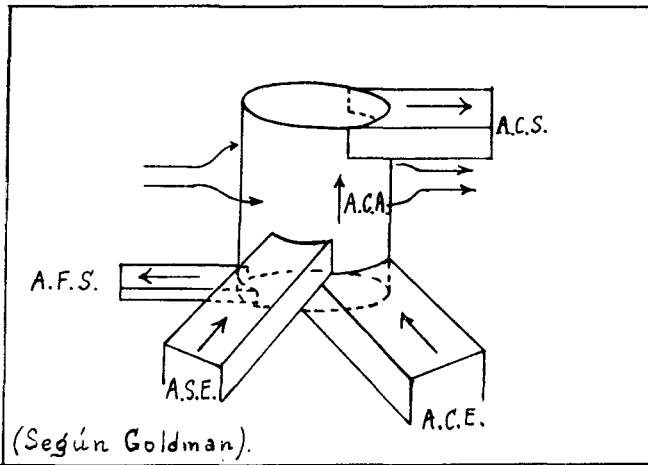


Fig. 7

El modelo de Goldman adquiere consistencia cuando aplica a su sistema de circulación la distribución en la nube del agua líquida o sólida en proceso de precipitación, utilizando las ecuaciones de la precipitación cinemática de Kessler. Resulta así que el agua precipitable se distribuye en las «paredes»

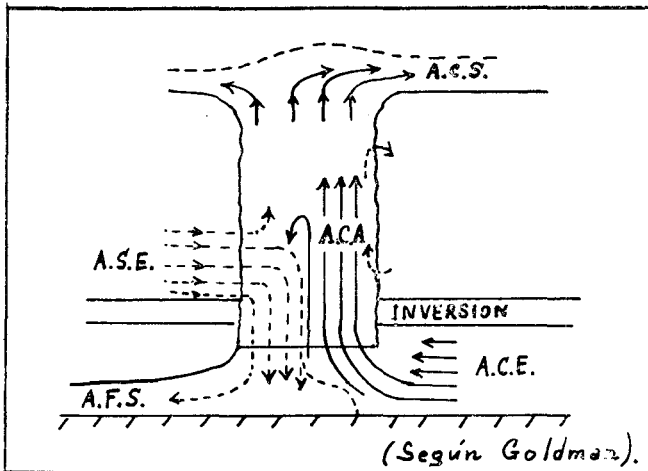


Fig. 8

y parte superior de la nube, parte rayada en la figura 9, quedando en la pared central una cavidad, libre de agua, cerrada en la parte superior por una superficie a manera de bóveda. Esta es precisamente la forma del eco que aparece en las pantallas R.H.I. de los «radares» meteorológicos, es decir las que indican la distancia y la altura de la nube tormentosa. La energía emitida por el radar de la estación de observación y devuelta como eco por las gotas de agua, líquida o sólida, de la nube, determina una mancha brillante de intensidad variable sobre la pantalla y reproduce, en un plano, la forma como está distribuida el agua en la nube. Es típico de una nube tormentosa el presentar un eco nulo, y por tanto la carencia de reflectividad, en su parte central y atribuirlo a la falta de agua en la fuerte corriente ascendente

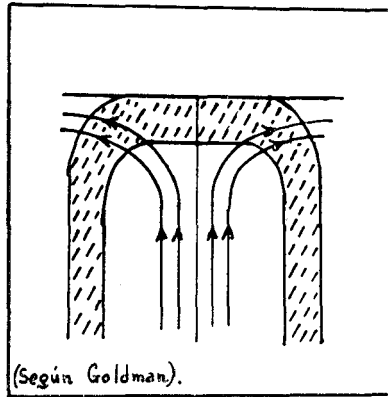


Fig. 9

dente, en donde las gotas son dispersadas por velocidades del aire superior a los ocho metros por segundo. La parte brillante en la pantalla presenta el aspecto rayado de la figura en concordancia con la distribución de la precipitación. La bóveda de eco nulo caracteriza normalmente, en las pantallas, a los cúmulos nimbos. Consideraciones parecidas pueden hacerse a la forma circular u ovoidal con un entrante acentuado de los ecos en las pantallas P.P.I., que indican la posición de la nube en el plano horizontal. La distribución del agua en la nube, deducida mediante las ecuaciones de Kessler aplicadas al modelo de Goldman y verificado por la observación mediante el radar confiere, como hemos dicho, gran consistencia al modelo el cual, por otra parte, no es más que un intento de preparar para el cálculo electrónico la evolución del fenómeno convectivo.

Como es sabido, no disponemos de radar meteorológico con el cual podamos comprobar la similitud de la nube tormentosa causante de la granizada que ocupa nuestra atención con el modelo de Goldman. No obstante señalemos solamente la coincidencia de las observaciones de viento, temperatura y humedad con las condiciones impuestas por Goldman. El flujo de aire cálido y húmedo entrante en la nube (A.C.E.) viene representado por los vientos del Este o del Sudeste que desde la superficie de la tierra hasta la altitud de los 2.000 metros aproximadamente ponen de manifiesto las observaciones de Palma y el radiosondeo (fig. 6). En la gráfica del sondeo no se observa inversión de temperatura pero sí una capa con una disminución sustancial de gradiente térmico. Hay que hacer notar que en el sondeo efectuado doce horas antes, a medianoche, existía una capa con inversión de temperatura la que, probablemente, había sido destruída antes del sondeo actual por la convección iniciada y ya en pleno desarrollo. En esa capa citada y por encima de ella, la disminución de la humedad está claramente señalada por la curva de punto de rocío que, desgraciadamente a causa del fallo del elemento sensible de humedad que ya señalamos, queda interrumpida. En el sondeo anterior se pone también de manifiesto la sequedad del aire existente. Así pues, el flujo de aire seco entrante (A.S.E.) lo formaría el viento del S.W. existente inmediatamente por encima de la capa de débil gradiente, desde los 700 milibares, 3.176 metros. El flujo de aire frío saliente (A.F.S.) lo indicaría el giro del viento al Norte señalado en el Observatorio de Palma, acompañado del aumento de presión y descenso de la temperatura ya expuestos en la figura 5. El aire cálido saliente (A.C.S.) por el yunque quedaría embebido en la corriente general del Oeste.

4. Red Pluviométrica

4.1. *Utilidad de la Red.* A falta de radar meteorológico la localización de la célula tormentosa ha tenido que hacerse mediante el procedimiento de observación directa por los colaboradores del Servicio Meteorológico Nacional encargados de una estación pluviométrica. Dependientes del Centro Meteorológico de Baleares y formando parte de su Red Pluviométrica existen en Mallorca, unas 150 estaciones dotadas de pluviómetro, algunas de ellas con termómetros, a más de los observatorios completos de Palma, Aeropuertos de Son San Juan, Son Bonet y Puerto de Pollensa. Los señores encargados de las estaciones pluviométricas realizan sus observaciones de pluviometría todas las mañanas, a las ocho, con gran asiduidad, eficacia y guíados únicamente por el convencimiento de la importancia que su labor con-

junta tiene para el conocimiento de la pluviometría de la región y las aplicaciones que se derivan para su agricultura, su industria y la determinación de sus recursos hidráulicos. Además, cuando hay oportunidad, realizan observaciones de otros fenómenos, tales como nieblas y tormentas. Para ello, se les proporciona tarjetas postales, con franquicia oficial, provistas de un breve cuestionario. Como en otras ocasiones un buen número de observadores remitieron al Centro Meteorológico sus tarjetas con las precisas contestaciones que la contemplación de la tormenta del día 26 de agosto de 1967, a su juicio les mereció. Habida cuenta que el día de la tormenta era un sábado, día de mercado en Palma al cual acuden gran número de agricultores y que muchos de ellos son los encargados de las estaciones pluviométricas, el número de tarjetas recibidas puede considerarse importante. En el cuadro número III, se expone un resumen de las tarjetas recibidas.

4.2. *Isoyetas e isocronas. Areas de granizo.* De los datos de las tarjetas mensuales de lluvia así como de las de tormenta remitidas, se ha podido trazar el adjunto mapa de isoyetas —fig. 10—. Hay que advertir que se refiere a la lluvia total recogida desde las ocho horas del día 26 a las ocho horas del día 27, aunque prácticamente casi toda la precipitación corresponde a la caída en los momentos de la tormenta. Dos hechos se ponen en seguida de manifiesto: a) la falta casi absoluta de precipitación en las zonas costeras y b) la existencia de varios núcleos de precipitación importante, seguramente cuatro, en las zonas centrales de Mallorca, sobre todo en el eje N.W.-S.E. que viene a ser casi un eje de simetría de la configuración de la isla y por tanto equidistante de las bahías de Palma, por un lado y Pollensa-Alcudia por otro, vías de penetración importante del flujo de aire marítimo, cálido y húmedo, que constituye la brisa de mar. El núcleo que encierra las isoyetas de 30 y 40 milímetros de los términos de San Lorenzo, Son Servera y Artá parte nordeste de Mallorca, es debido a lluvia torrencial sin tormenta, y no se oyeron los truenos, ni cayó granizo.

Se advierte que los demás núcleos de fuerte precipitación registrada coinciden con las zonas de caída de granizo. La medición es debido tanto a la lluvia recogida como a la fusión de la precipitación sólida. Parece por tanto, que la nube tormentosa estaría constituida por lo menos por cuatro células convectivas. Apoya esta consideración el que en los cuatro núcleos citados la tormenta se señala como simultánea, como indica el adjunto mapa de «isocronas del comienzo de la tormenta», expuest en la figura 11. Debido a la inevitable subjetividad inherente a la forma de la observación, la hora

CUADRO n.º III
TORMENTA DEL DÍA 26 DE AGOSTO DE 1967

ESTACIÓN	Lluvia l/m²	GRANIZO Forma - Tamaño	VIENTO		HORA		DIRECCIÓN TORMENTA		RAYOS	OBSERVACIONES
			Antes	Después	Comienzo	Final	Venta	Se fue		
Alaró. S'Hort Nou	11,8	Avellanas	—	—	13,00	14,30	—	—	—	
Alaró. Minas Isern	30,0	Irregular. 75 mm.	NE	—	13,20	14,15	N	SW	—	Muchos daños
Algaida. Urbana	8,5	No	NE	—	11,00	11,30	NW	SE	No	
Artá. Urbana	44,0	No	—	—	13,30	14,15	—	—	—	No hubo tormenta
Bañalbufar. Urbana	ip	No	W	W	13,45	14,50	SE	SE	No	Lejana
Buñola. Alquería d'Avall	2,5	N	NW	E	10,30	11,30	W	E	Sí	
Buñola. Subestación	51,5	Avellanas	E	Cal.	13,05	14,25	E	W	Sí	Daños olivares
Buñola. Orient	10,0	Poco	—	—	13,00	13,30	—	S	—	
Campanet. Biniatró	1,5	No	E	E	13,00	13,40	E	SW	No	
Calviá. Urbana	2,7	No	NE	NE	14,00	15,00	NO	S	Varios	
Campos. Gallicant	30,7	Variable. Huevos pal.	N	N	12,30	13,10	NW	SE	Sí	Muchos daños
Campos. Sub. Estación	30,8	Almendras	E	E	12,00	13,30	E	S	Muchos	Muchos daños
Felanitx. Faro Porto Colom	26,0	Redondos 14 mm.	W	NE	10,30-13,30	14,30	W	NE	Sí	Trombas
Inca. Sub. Estación	20,0	No muy grande	W	—	13,15	15,30	W	E	Sí	Un fulminado
Lluchmayor. Urbana	23,5	Garbanzos	S	S	12,00	13,30	W	E	Tres	
Lluchmayor. Sub. Estación	18,2		—	—	10,00	15,00	—	E	Uno	
Lluchmayor. Faro C. Blanco	—		W	W	11,00	12,00	W	NE	—	
Manacor. Sub. Estación	2,9	No	N	NE	13,30	13,45	NW	S	Varios	
Manacor. Rafal Roig	36,1	No	NE	NE	12,00	12,45	NE	SW	Unos 15	
Marratxí. Urbana	—	Cúbica - 20 mms.	E	S	12,00	14,00	E	W	No	Muchos daños
Marratxí. Son Sureda	24,6	60 a 150 grs.	NW	—	13,25	13,35	N	SE	—	
Marratxí. La Cabaneta	19,7	Sí	SW	NE	12,00	13,00	SW	NW	—	
Palma. Observatorio	5,6	No	—	—	13,15	—	—	—	—	
Porreras. Urbana	35,5	Avellanas	NE	NE	13,15	14,15	W	E	Varios	Daños en viñedos
Puigpuñent. Galilea	6,0	No	—	—	Tarde	—	—	—	—	
Salinas (Las) S'Avall	8,5	No	—	—	13,30	15,00	—	—	—	
Sancellles. L'Olivá	8,8	Poco	—	—	—	—	—	—	No	
San Juan. Urbana	4,5	No	E	Calma	12,30	14,30	W	E	—	
Sta. Eugenia. Urbana	—	No	—	—	13,00	—	NNE	NNE	No	
Sta. Margarita. Urbana	(1,5)	Ordinario	—	E	11,00	12,30	N	E	No	
Sta. María. Es Cabás	11,2	Bolas Billar	SE	S	13,24	14,02	SE	W	No	Cuantiosos
Sta. María. Urbana	52,5	Limonos	ESE	S	13,15	14,00	ESE	W	No	Cuantiosos
Santañy. Urbana I	5,2	No	N	—	12,35	13,30	N	N	No	No
Santañy. Urbana II	5,5	No	N	—	12,30	—	N	SE	No	No
Santañy. Alquería Blanca	47,2	Redondos. Avellanas	N	N	13,15	14,20	N	E	Uno	Sin fluido eléctrico
Selva. Caimari	No	No	W	W	11,30	13,00	W	SW	No	No
Sineu. Urbana	4,3	No	W	—	13,30	14,00	NW	—	—	No
Son Servera. Urbana	No	No	—	—	—	—	W	—	Truenos	No
Valldemosa	1,0	No	SW	N	14,30	17,00	SW	E	—	No
Valldemosa. Son Patx	np	No	N	—	—	16,00	E	E	No	
Cabrera. Faro	ip	No	NE	SW	13,30	—	—	—	No	Tormenta muy lejana

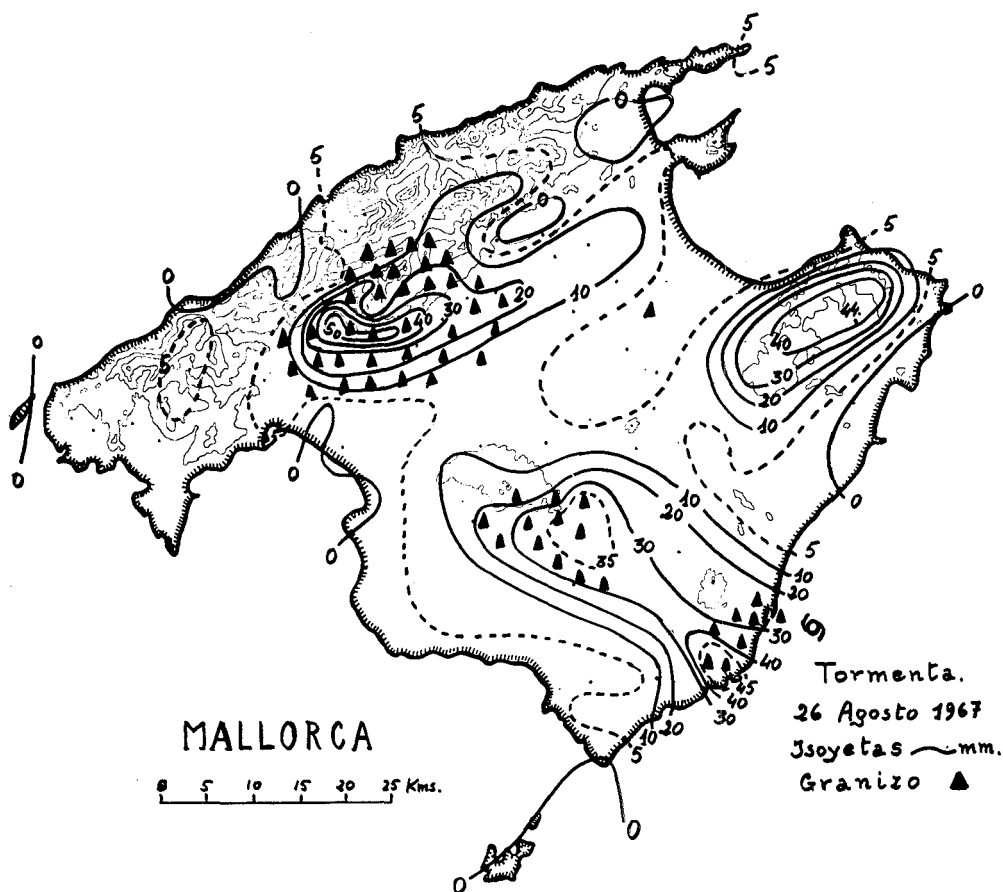
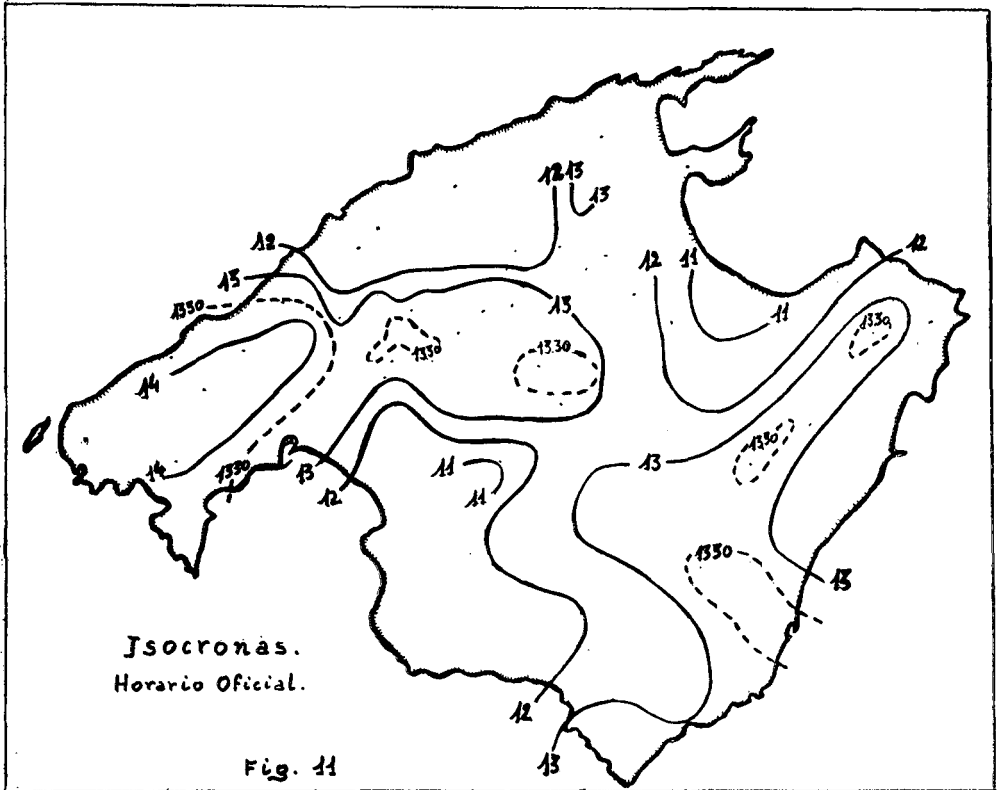


Fig. 10.

en que tuvo lugar la tormenta, o fue observada de lejos, o simplemente en que se oyeron truenos, está sujeta a graves errores. Sin embargo el mapa trazado a partir de los datos enviados por los colaboradores presenta una notable coherencia. Las tres zonas de granizo y la de lluvia torrencial coinciden con la isocrona de las 13 h. 30 m.

La más importante área en que se registró granizo comprende estaciones situadas en los términos de Alaró, Buñola, Inca, Marratxí, Sancelles y, sobre todo, Santa María del Camí. Un segundo núcleo se extiende por los



términos de Lluchmayor, Porreras y Campos. El tercer núcleo, casi alineado con los anteriores y el único en que la precipitación intensa interesó una zona costera abarca parte de los términos de Santanyí y Felanitx. Se observa en el mapa de isocronas como si la tormenta, o por lo menos las primeras manifestaciones tormentosas, precipitaciones débiles y truenos, se hubiera iniciado en las tierras interiores, pero próximas a las bahías de Alcudia y de Palma, facilitadas por las brisas marinas, de aire cálido y húmedo, que por ellas tienen su natural vía de penetración hasta converger en el eje de simetría N.W.-S.E. de la isla. Incluso la estación del Faro de Porto Colom, Puerto de Felanitx, señala a las 10 h. 30 m. un amago de tormenta y esta parte de costa es también una entrada natural de la brisa de mar. Una serie de cuatro o cinco trombas marinas fueron observadas a poca distancia de la bocana del puerto. Los movimientos ascendentes del aire, generadores de

la nubosidad y sus consecuencias de granizo, lluvia y fenómenos eléctricos, parece pues, que habrían ido penetrando tierra adentro hasta quedar individualizados posiblemente cuatro chorros verticales, localizados en las tres zonas de pedrisco y en la de lluvia torrencial, en donde, en forma casi simultánea se alcanzarían las fases de madurez y disipación de las células tormentosas. El núcleo, que podemos llamar de Santa María, posiblemente, mientras se disipaba efectuaría un movimiento hacia el Oeste puesto que en los términos de Calviá y Valldemosa registran truenos pasadas las 14 horas, con poca o nula precipitación.

En cuanto se refiere a la duración de la tormenta, en general es muy variable la apreciación de los observadores ya que en algunas estaciones cercanas hay discrepancias del orden de diez minutos a dos horas. Pero tenemos una observación muy precisa: en el predio Es Cabás, de Santa María y justamente en la zona más afectada, el encargado de la estación pluviométrica, D. Guillermo Capó, en su tarjeta de tormentas anota sin ambigüedad las 13 h. 24 m. como hora de comienzo y las 14 h. 02 m. como hora final, lo que corresponde a una duración de 38 minutos. Valor muy en consonancia con los 45 minutos que señala el Sr. Miguel Capó en Santa María, 30 minutos es la duración apreciada por D. Francisco Canals en Orient y 55 minutos por el Sr. Lorido en Minas Isern, de Alaró. En todas estas estaciones, muy próximas como para quedar situados debajo de la misma célula tormentosa las horas de comienzo no discrepan en más de 20 minutos.

De todos modos, la duración debió superar ampliamente la media de 14,5 minutos, propia de una granizada típica producida en una masa de aire homogénea, media evaluada en una campaña de observación de tormentas y granizo llevada a cabo en Norte América por espacio de dos años en una densísima red de estaciones dotadas con un lujo extraordinario de medios y provistas de personal que había experimentado un entrenamiento uniforme para la observación. (Cuadro n.º IV).

5. Pedrisco

5.1. Generalidades.

Según la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.), «granizo es la precipitación de glóbulos o trozos de hielo (*pedrisco*), cuyo diámetro es del orden de 5 a 50 mm., a veces mayor, y que caen o separados los unos

está explicado satisfactoriamente, se han efectuado esquemáticas clasificaciones en cuanto a forma y tamaño de aquéllas y al aspecto del hielo que las constituye.

Así, en cuanto a formas básicas se admiten: a) cónicas; b) esferoidales, y éstas, a su vez, en esféricas, elipsoidales y discoidales; c) irregulares. En las cónicas, algunos admiten una variación consistente en el vértice de hielo opaco y la base de hielo transparente. En todas las variedades se observan capas alternativas de hielo de diferente aspecto, al modo de una cebolla, capas formadas al pasar la piedra, sometida a fuertes corrientes ascendentes y descendentes, por diversas partes de las nubes en donde encuentra condiciones de temperatura, humedad y contenido de agua líquida muy diferentes y que pueden revelar, dichas capas, la historia de la formación del granizo.

Los tipos de hielo que constituyen las piedras se han clasificado así: a) *Hielo claro*, en el cual no hay aire incluido. Procede del agua en subfusión helada lentamente a temperaturas relativamente altas. Su densidad es próxima a 0,917 gramos/cm³. b) *Hielo transparente*, en el cual hay incluídas un número moderado de burbujas grandes de aire. Su apariencia es similar a la del hielo claro, pero su densidad baja a 0,85 gr/cm³. c) *Hielo lechoso*, en el cual hay atrapadas una gran cantidad de burbujitas de aire. Es translúcido y brillante, aunque a veces de aspecto grisáceo. Su densidad es próxima a 0,75 gr/cm³. d) *Hielo opaco*, muy blanco en comparación con el lechoso, de densidad de 0,65 gr/cm³ o algo mayor.

Se admite que el granizo se forma, principalmente, en el estado de madurez de la nube y que dentro de ella, la zona de mayor probabilidad de formación del hielo lechoso se encuentra entre las isotermas de -5° y -15°C y la del hielo claro entre las isotermas de 0° y -5°C .

El tamaño de las piedras puede ser muy variado. En general, cuanto más grandes menos densamente caen. Por cada 10 piedras de 1 cm. de diámetro, solamente cae una de 5 cms. de diámetro. De una serie de observaciones que comprenden 631 casos de granizada, la distribución de frecuencias de las piedras más grandes recogidas en cada tormenta, resulta ser:

Inferiores a 6 mm. de diámetro (trigo)	10 casos
De 6 mm. de diámetro (grosella)	122 casos
De 12 mm. de diámetro (guisantes)	282 casos
De 18 mm. de diámetro (uva)	149 casos

De 25 a 30 mm. de diámetro (nueces)	38 casos
De 35 a 50 mm. de diámetro (pelotas golf)	26 casos
De 55 a 75 mm. de diámetro (pelotas tenis)	4 casos

Las piedras de mayor tamaño registradas, en observaciones fidedignas, alcanzaron diámetros de hasta 14 cms. con un peso de 600 gramos. Se afirma haberse recogido, asimismo, piedras de hasta 3.000 gramos. En las piedras, se han llegado a contar hasta 20 capas concéntricas alternadas de hielo claro y opaco, aunque el número más corriente es de cinco. El núcleo central suele ser opaco aunque a veces pueden encontrarse en él nódulos de hielo claro y hasta gotas de agua líquida. Los diámetros de las piedras se entienden medidos al llegar al suelo, o poco después. Se ha demostrado que en su caída desde la base de la nube puede haber una notable reducción de su tamaño. Así, por ejemplo, para piedras cayendo a través de corrientes ascendentes de unos 20 m/seg., un granizo de 2 cms. de radio lo reduciría a su mitad al cabo de 11 minutos, lo que supone un descenso a través del aire, fuera de la nube, de 672 m. habida cuenta de su velocidad límite de caída en aire de calma. Se ha propuesto la siguiente regla práctica para la velocidad de caída de las piedras: $V=2 \sqrt{\frac{p_0}{p}} \cdot d$ (m/seg.), en donde «d» es el diámetro en milímetros y «p₀» la presión en el suelo, «p» la presión en el nivel que se considere la velocidad y se ha supuesto un coeficiente de rozamiento igual a 2 para piedras de densidad 0,8.

Consideremos los informes recibidos de la granizada del 26 de agosto de 1967.

5.2. Forma y tamaño.

De las tarjetas de tormenta remitidas por los colaboradores anotamos los siguientes datos (véase, además, cuadro III).

Zona de granizo de los términos de Alaró, Buñola, Santa María, Marratxí, Inca: En S'Hort Nou: como avellanas; en Minas Isern: formas irregulares, tamaños máximo de 45 mm.; en Sub-Estación de Buñola: como avellanas y algunos como cubitos; en Marratxí: cúbicos, de 20 mm. de arista; en Son Sureda: de 60 a 150 gramos; en «Es Cabás»: forma ovalada y otros con aristas puntiagudas, tamaño de cubitos y de bolas de billar, en Santa María: redondos y puntiagudos, como un limón y como un puño.

En los términos de Campos, Lluchmayor y Porreras; «Gallicant»: pe-

queños y grandes, los menos como huevos de paloma, puntiagudos; en Campos: como almendras y como garbanzos; en Porreras, como avellanas.

En los términos de Santanyí y Felanitx; en Faro Porto Colom: redondos, de un diámetro de 12 a 14 mm.; en Alquería Blanca: redondos, tamaño avellanas.

Los corresponsales de los periódicos mallorquines recogieron informaciones tales como las siguientes:

«Sobre Santa María cayó un fuerte chubasco de granizo, acompañado por un fuerte vendaval». «Los viejos del lugar no recuerdan piedras de granizo iguales a las caídas ayer. A la una y media se desencadenó la tormenta. Cayeron piedras —dicen— de casi ochocientos gramos. («Diario de Mallorca»). «Entre la una y veinte y las dos de la tarde de ayer, el pueblo de Santa María del Camí se vió sorprendido por una impresionante tormenta de agua y granizo, acompañada de fortísimo aparato eléctrico, como no se recuerda otra por lo menos desde el año 1949 en que otra impresionante tormenta de granizo se abatió sobre la población y su término. El espectáculo fue en algunos momentos verdaderamente apocalíptico, ya que caían granizos del tamaño de huevos de paloma, o más grandes todavía, ininterrumpidamente con toda su fuerza y peso». Y finalmente a modo de curiosidad pero también un dato que puede dar idea de la magnitud de la tormenta... diremos que un campesino del predio de Son Berenguer, a la hora y media de haber cesado la tromba, recogió un granizo que en la balanza arrojó un peso de ciento ochenta y cinco gramos. («Balears»). «Otros pormenores de la tormenta que tanto desastre ocasionó durante la tarde del sábado día 26. La intensidad mayor del fenómeno atmosférico duró algo más de diez minutos. Durante tal lapso de tiempo, el ruido producido por los truenos y por la violenta caída del granizo, era realmente ensordecedor, parecido al de los aviones a reacción en vuelo bajo. El tamaño medio de la piedra era el de una castaña. Caía el pedrisco con gran violencia, produciendo fuerte trepidación. Las personas que estaban en los pisos tenían la sensación de que se trataba de un terremoto. Fueron momentos de angustia, que cedieron al terminar la caída de los grandes pedazos de hielo. Inmediatamente un intenso chaparrón ocasionó las inundaciones, no solamente de las plantas bajas, sino de los pisos cuyas fachadas están orientadas al Sur. La circunstancia de producirse el fenómeno entre las 13 horas y veinte minutos, y las 14 horas, resultó favorable, ya que en aquellos momentos

la gente estaba en sus domicilios o dentro de casitas de campo. Ello explica la falta, por fortuna, de desgracias personales». («Baleares»).

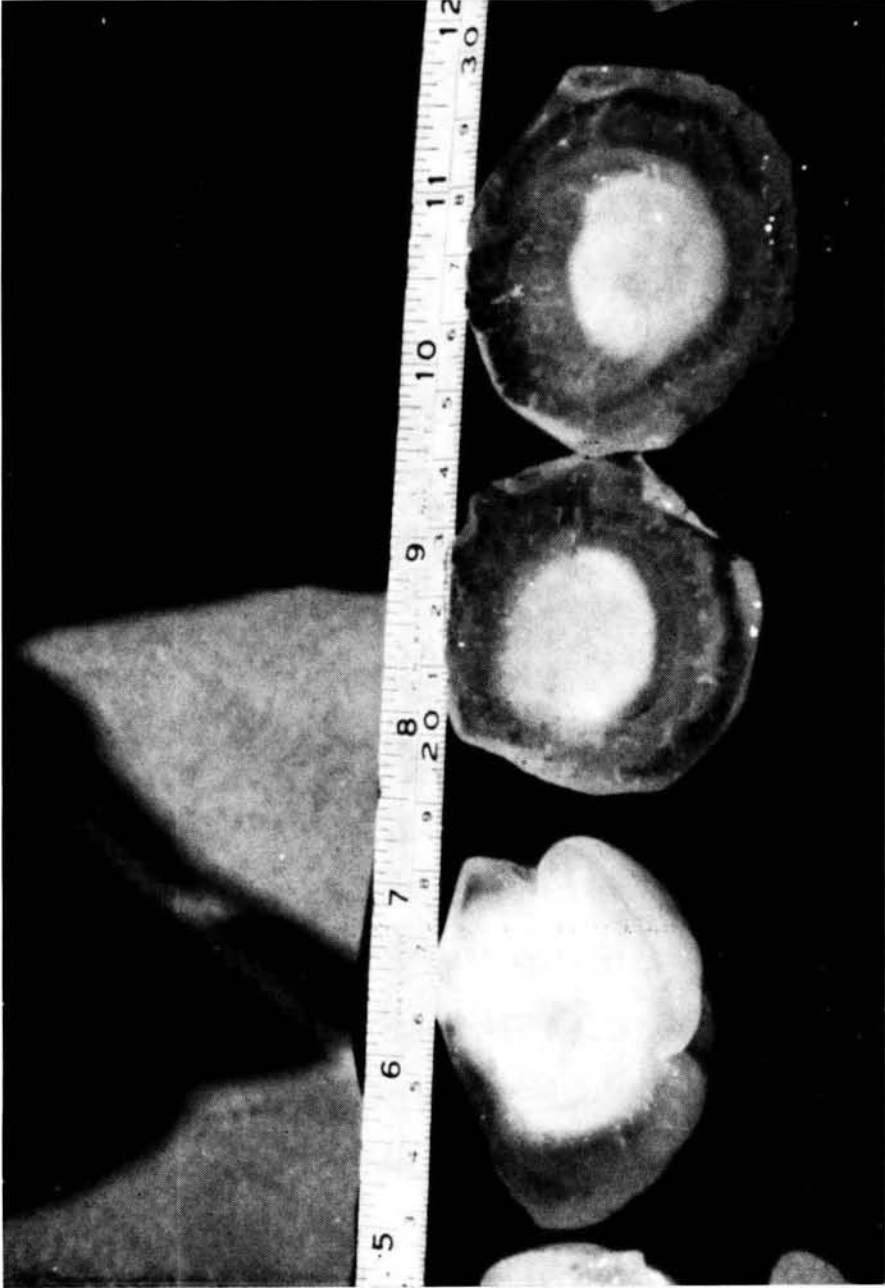
Corroboran las informaciones anteriores las fotografías que presentamos. El encargado de la estación pluviométrica de Santa María del Camí, D. Miguel Capó, recogió varios especímenes inmediatamente después de su caída, colocándolos acto seguido en el congelador de su refrigerador. Fueron puestos a nuestra disposición amablemente, lo cual mucho agradecemos. Se encargó de la preparación de las piedras y de la dirección de las fotografías de las mismas el meteorólogo D. Eduardo Jaume Torres, quien además visitó la zona de pedrisco, efectuó fotografías de los daños causados y requirió detalles de colaboradores y testigos presenciales, todo lo cual ha hecho posible la redacción de la presente comunicación.

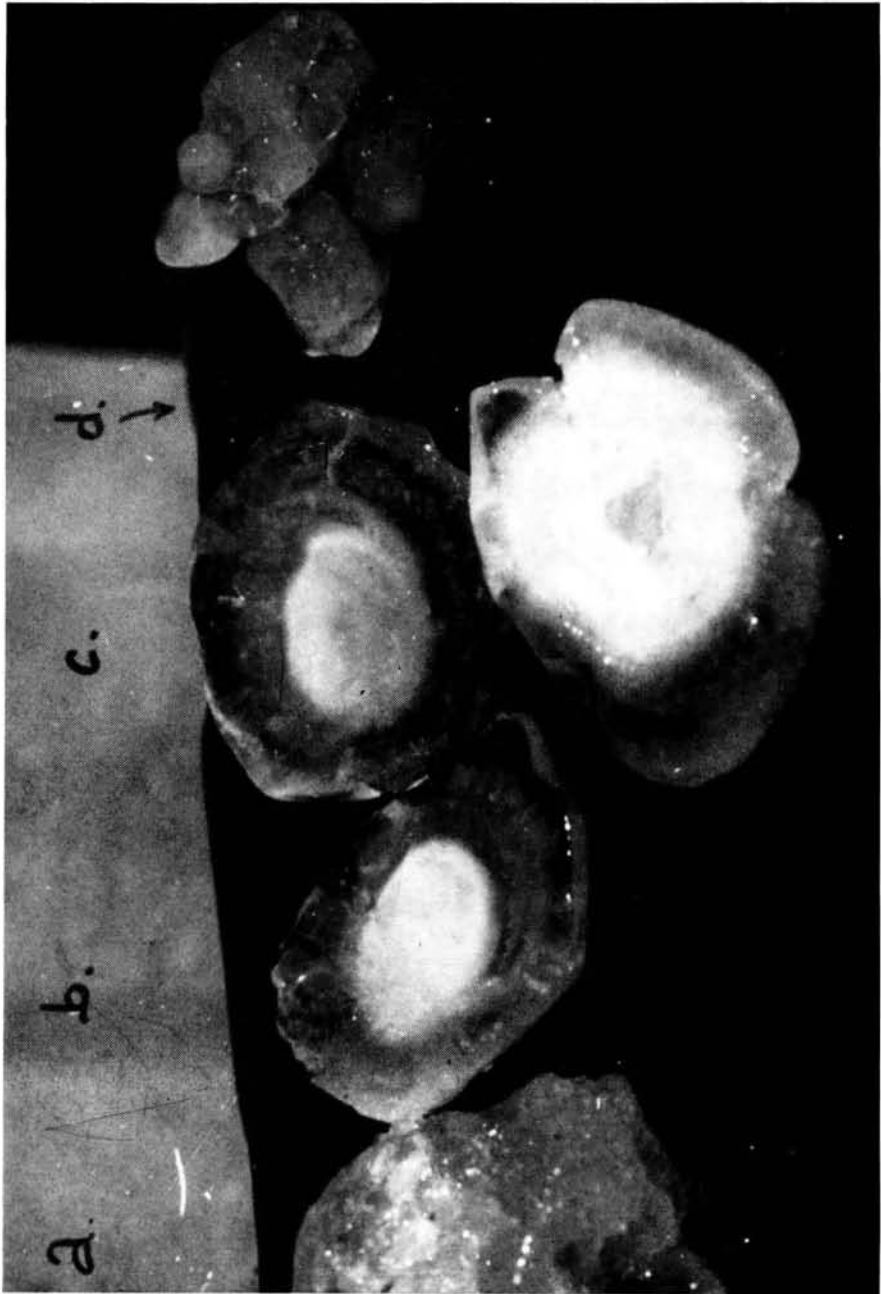
La estación pluviométrica de Santa María está situada en el domicilio del Sr. Capó, en la barriada de C'an Andría, que fué precisamente la zona más afectada. Las piedras recogidas, son, pues, representativas de las más grandes que cayeron. Durante los dos días que estuvieron en el refrigerador, pudieron haberse reducido ligeramente de tamaño y peso, por efecto de fusión y de sublimación, a pesar de estar situadas en la cámara de congelación.

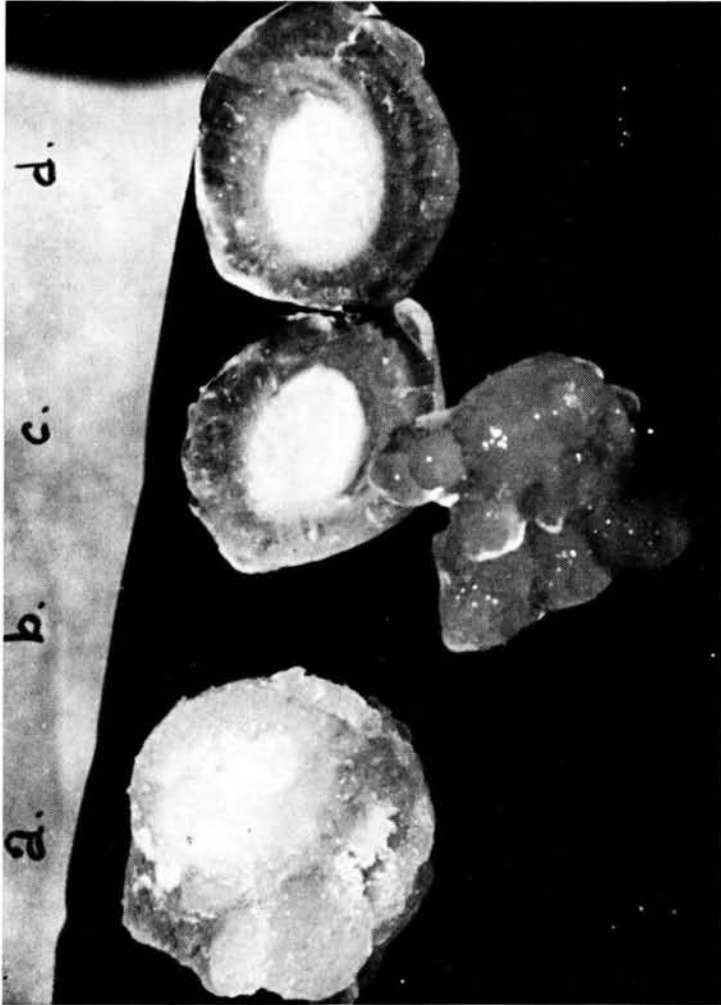
En la relación de fotografías, figuras 12 a 18, se observa que abundan las piedras esferoidales y las de formas irregulares. Puede verse alguna también de forma cónica y otra de aspecto cúbico. No se ven de aspecto discoidal.

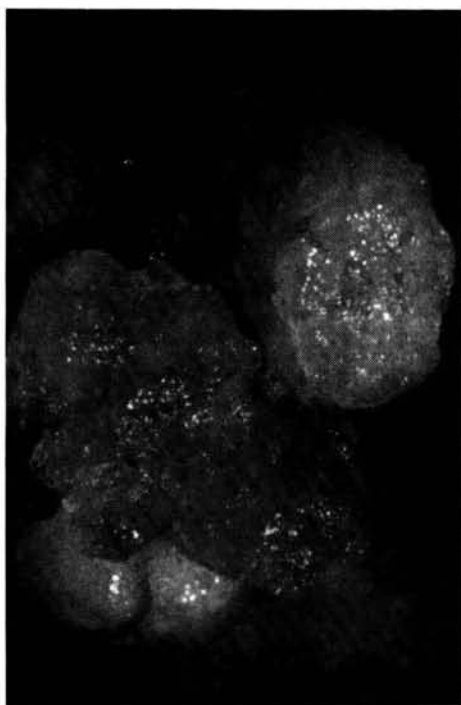
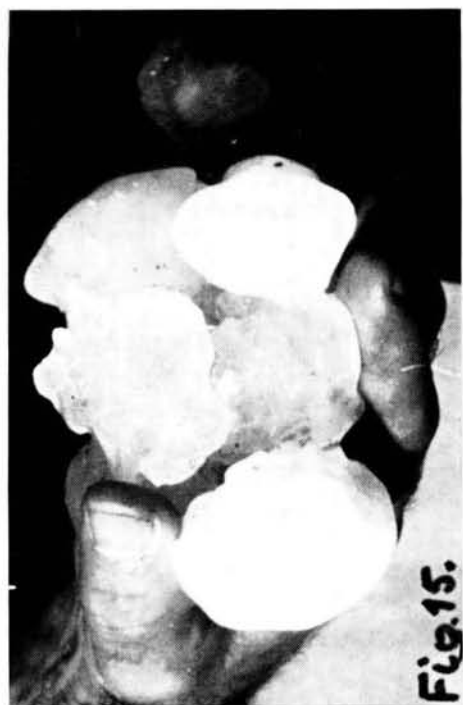
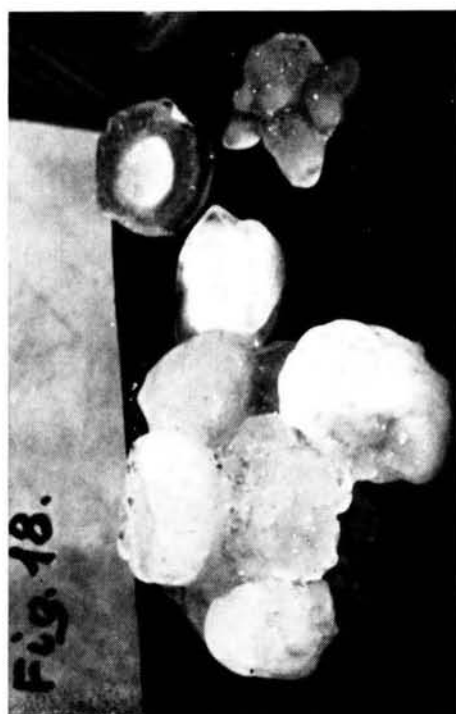
Las agregaciones de piedras de las figuras 15 a 18 son debidas a efectos de rehielo, por haber estado amontonadas varias de ellas en el congelador. No obstante, es casi seguro, según informaciones detalladas, que agregados de dos y de tres piedras, y hasta de mayor número, se vieron caer directamente de las nubes. Así se explica el peso reseñado ya de uno de ellos, casi ochocientos gramos. De otra información, muy digna de crédito, resulta un peso de doscientos cincuenta gramos. Los mayores granizos, esferoidales, de las fotografías, no alcanzarían un peso de cien gramos.

Por comparación con la cinta métrica observable en la figura 12, podemos constatar el tamaño de algunos de los pedriscos esferoidales, no necesariamente los mayores, caídos en Santa María. El espécimen señalado con una «C», presenta un diámetro de 58 mm. El a, de las figuras 13 y 14, algo mayor, superaría los 62 mm. En la figura 15 las piedras de forma irre-









gular, junto con otras esféricas que constituyen una agregación, muestran su tamaño en comparación con la mano que las sostiene.

De acuerdo con las estadísticas citadas, y en lo que a dimensiones de piedras se refiere, puede calificarse a la granizada en cuestión como de un carácter extraordinario y de muy baja frecuencia de producción.

Con respecto al tamaño, se ha comprobado que el de las piedras es tanto mayor cuanto menor es la concentración de las partículas que sirven de núcleo de congelación, puesto que el crecimiento de las piedras afecta al contenido de agua libre en la nube. Así, la concentración óptima es de 0,5 a 2,0 partículas de aerosol por metro cúbico. En estas condiciones, núcleos de 5 mm. de diámetro pueden crecer hasta 3,0 cms. en unos 10 minutos. En cambio, si la concentración aumenta hasta 10 o más partículas por metro cúbico, el tamaño final del granizo será escaso y probablemente fundirá antes de llegar al suelo en su caída desde la nube. Ello podría ser la base de un método para evitar daños debidos a la caída de la fase sólida, que consistiría en proporcionar a la nube partículas suficientes para aumentar su concentración a más de 10 por metro cúbico de aire circulante.

5.3. *Estructura.*

Las fotografías de los granizos que se exponen en las figuras 12 a 18, fueron obtenidas con luz natural y, por tanto, difundida en sus superficies. De haber podido disponer de luz polarizada, incidente o transmitida, algunas imágenes hubieran sido muy diferentes y se habrían puesto de manifiesto particularidades que han pasado desapercibidas. No se hizo tampoco examen de las piedras mediante microscopio: fué utilizada únicamente la lupa vulgar y corriente. Por ello no es posible afirmar la existencia de partículas de naturaleza distinta del agua, intercaladas en las capas de hielo, como ha sido observado en ciertos granizos por varios investigadores. Se ha encontrado, a veces, en las capas más externas, a modo de anillos con una concentración de partículas de Fe que presentaban un aspecto radial y que ha sido atribuída a un congelamiento final del agua líquida, contaminada por aquel elemento, y que constituiría la capa externa del granizo. De todos modos las fotografías son suficientemente claras para mostrar la estructura general, aunque varia, de las distintas piedras.

Sin que pretendamos sentar conclusiones acerca de la estructura de las piedras, unos breves comentarios son obligados en la presentación de las adjuntas fotografías, bien elocuentes por sí mismas.

1) El espécimen etiquetado con las letras *b* y *c* de las figuras 12 y 13, *c* y *d* de la figura 14, es un granizo esferoidal seccionado por un plano diametral. En su estructura se observa:

Un núcleo de hielo opaco, bastante homogéneo en su aspecto pero que se difumina en la capa que lo envuelve y toma, en algunas partes, forma de nebulosa espiral, lo cual denotaría haber tenido la piedra un movimiento de rotación, por lo menos en ciertos instantes.

Una capa gruesa de hielo transparente en el cual se ven incluídas algunas burbujas grandes de aire. En algunas zonas la carencia total de ellas dan a la capa aspecto de hielo completamente claro. En esta capa de hielo transparente, alrededor del núcleo y dispuestas en forma radial se observan, algo desdibujadas, unas a modo de gotas de forma aerodinámica, con la punta dirigida hacia el centro, como si fueran pequeños gajos de un fruto en hesperidio o, quizás mejor, como piezas dentales incrustadas ordenadamente en los maxilares. Todo parece indicar que grandes gotas líquidas atraídas por el núcleo han experimentado una congelación rápida, simultánea, conservando en el proceso su individualidad. Puede ser observada, también, una línea de rotura radial, o grieta soldada, en el espesor de la capa transparente.

2) El espécimen *a* de la figura 12, el mismo que el *d* de la figura 13, es una sección diametral, de forma acorazonada, de un granizo. Se observa en él un núcleo de hielo transparente, de forma irregular que la comunica a las diferentes capas envolventes, alternativamente de hielo opaco y transparente. Pueden contarse, además del núcleo, seis capas, tres opacas y tres transparentes. La más externa, transparente y en algunas zonas de hielo claro, es la de mayor espesor e irregularidad de todas. El aspecto del núcleo sugiere proceder de una gota líquida deformada por tensiones violentas y solidificada a alta temperatura, a bajos niveles.

3) La piedra *a*, de las figuras 13 y 14, es de mayor tamaño que las anteriores. Está constituída de hielo lechoso, en su mayor parte, y al igual a las que se ven en las figuras 15 y 16, y especialmente en la 17, aunque esferoidal manifiestan una estructura globular, como formada por fuertes conglomerados de granizos cónicos y esféricos, cementados por abundante hielo de la misma clase.

En las agregaciones de las figuras 15 a 18 se ven otras piedras de análoga estructura pero formadas por hielo mucho más opaco.

4) Presenta notable interés, la piedra *e* de la figura 13, que es también la *b* de la figura 14 y que está incluida asimismo en el grupo presentado en la figura 18.

Dicho espécimen presenta grandes protuberancias radiales, esquemati-

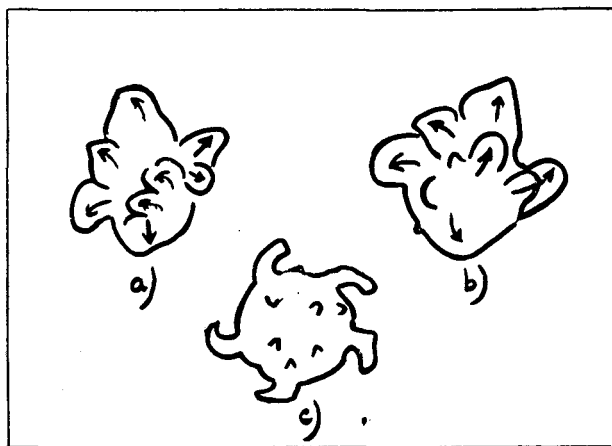


Fig. 19

zadas en *a* y *b* de la figura 19. De acuerdo con Browning, cuando el granizo gira constantemente durante su crecimiento pueden desarrollarse en él esas protuberancias que le proporcionan una cierta simetría radial en la forma *c* expuesta en la misma figura. Aunque en la muestra presentada la simetría no es perfecta, parece evidente que pertenece a ese tipo de granizo giratorio. Los lóbulos o excrescencias, que sobresalen del núcleo central algo más de un centímetro, están formadas de hielo transparente que adquieren aspecto lechoso en la parte próxima al núcleo que tiene a su vez este mismo tipo de hielo. La distancia entre el extremo de una protuberancia y el extremo de su opuesta, es del orden de las demás piedras grandes, muy próxima a los seis centímetros.

La dificultad de dar una explicación convincente, general, del proceso de formación del granizo aparece bien manifiesta en la contemplación de las diversas muestras fotografiadas, de estructuras y formas tan variadas,

piedras todas ellas formadas en la misma célula tormentosa, caídas en instantes muy próximos y procedentes seguramente de recintos de la nube de dimensiones más bien pequeñas si se tiene en consideración que todas las muestras fueron recogidas en el interior de un círculo de pocos metros de radio cuyo centro era la boca del pluviómetro instalado en Santa María del Camí.

6. Daños producidos

6.1. *Fulminados*. El tamaño y peso de las piedras caídas forzosamente tenían que producir graves daños. Empezamos la enumeración de los mismos por las pérdidas de vidas humanas, aunque pocas no menos lamentables, ocasionadas por descargas eléctricas. D. Miguel Vallori, encargado de la estación termopluiométrica de Inca, en su tarjeta de tormentas, informa: «A las 13,00 horas empezaron a caer algunos rayos: a las 13,25 cayó uno muy cerca de la Sub-estación de Gas y Electricidad S. A., haciendo un gran estruendo. Después supimos que había sido víctima una señora, que falleció en el acto, y un hijito suyo, grave. Esto sucedió a unos 300 m. de la Sub-Estación». Este observador señala caída de un poco de granizo, de forma y tamaño normales. Se informa también de caída de rayos en otras estaciones, sin desgracias personales, pero sí grandes averías en líneas eléctricas y telefónicas.

6.2. *Ganado*. En el término de Felanitx se señala que tuvieron que ser sacrificadas dos reses bovinas que habían quedado malheridas a consecuencia del pedrisco. En la zona de Santa María y términos colindantes, informa la prensa que «del ganado mayor se señalan bastantes pérdidas. Las de aves son todavía mayores».

6.3. *Arboles y sembrado*. En «Es Cabás», Santa María: «daños en viñedos y hortalizas». «El granizo arrastró almendras y garrofas», en Santa María, «destruyó árboles, viñas y hortalizas». En Buñola, «daños en la aceituna». En «Gallicant», Campos, «arrancó árboles enteros y muchas ramas. En los frutos y hortalizas los daños fueron cuantiosos». En forma análoga podríamos continuar la enumeración.

6.4. *Inmuebles*. De las estaciones pluviométricas de Marratxí, Minas Isern, etc., se informa de daños en tejados, y fachadas. De la prensa extraemos: «En las casas particulares, además de la pérdida en el arbolado, huertas, plantas de adorno, que todo quedó tronchado, debemos señalar los

deterioros en los tejados, Hemos consultado varios maestros de obras y, en su autorizada opinión, no bajarán de 400.000 las tejas que se precisarán para sustituir las rotas por otras nuevas. Además de ello en las casas antiguas será necesario cambiar el encañizado por bovedillas. Los trabajos ya se han iniciado. Continuamente se ven camiones que transportan tejas. Como las existentes en las alfarerías de la villa, eran insuficientes, se ha echado mano de las otras localidades, Algaida, Montuiri, Villafranca, etc. Se calcula que este capítulo de los tejados, ocasionará un gasto, entre materiales y mano de obra de más de cuatro millones de pesetas.

Donde se cebó particularmente el fenómeno, fué en el campo, en la parte comprendida entre la carretera de Inca y los Predios Es Cabás, Son Torrella, Son Verdera, Son Intem, y Son Parot Fiol. Las casas prediales de dichas importantes fincas han sufrido daños de gran consideración en sus tejados, como también en los apriscos, graneros, almazaras, etc.» («Balea-



Fig. 20

res»). De forma parecida se expresan los corresponsales de los demás diarios. Un testigo fidedigno de la realidad es la fotografía que presentamos en la figura 20, de un aprisco con pérdida de numerosas tejas.

Los coches estacionados en las calles en donde cayeron las piedras de mayor tamaño, presentaron grandes abolladuras en sus carrocerías. Muchas líneas de conducción eléctricas fueron destruidas e innumerables antenas de televisión derribadas. Es innegable que para la producción de tales daños la energía transportada por las piedras rebasaba ampliamente los 5,6 julios/metro cuadrado que se considera como energía media característica de una granizada típica de masa de aire.

Conclusión

La relación de daños, así como las innumerables anécdotas más o menos curiosas que podrían exponerse, corresponden más a las crónicas municipales que al texto del presente comunicado. Con él hemos querido simplemente reunir y fijar un conjunto de datos y circunstancias que sirvieran para dar constancia de un fenómeno que por su intensidad, ya que no por su naturaleza, se escapa de la normalidad y así, contribuir además, a enriquecer en cierta medida el acervo climatológico de la Región Balear.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—Air Weather Officer. Air University. USAF Extensión Course Institute.
- 2.—Berry, Bolay and Beers. «Handbook of Meteorology». Mac GrowHill. New-York. 1945.
- 3.—Browning, K.A. «The lobe structure of grant hailstones». Quar. J. Meteor. Soc. 92. 1-14. 1966.
- 4.—Byers, Horace R. «Thunderstorm electricity». University of Chicago. 1953.
- 5.—Goldman, Joseph L. «The High Speed Updraft - The Key to the Severe Thunderstorm». Journal of Atmospheric Sciences. Vol. 25 - n.º 2. 1968.
- 6.—Granada, J. M. «Ensayo de una Climatología Dinámica de Baleares». Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares. Núms. 62 a 71. Año 1948.
- 7.—Jansá, José M.^a y Jaume Eduardo. «El régimen de brisas en la isla de Mallorca». Revista de Geofísica n.º 19. Madrid. 1946.
- 8.—Jansá, José M.^a. «Termodinámica de la Atmósfera». Publicaciones del S. M. N. Serie B. N.º 13. Madrid. 1959.
- 9.—Jansá, José M.^a. «La masa de aire mediterránea». Revista de Geofísica, n.º 59. Madrid, 1959.
- 10.—Mason, B. J. «The Physics of Clouds». Oxford monographs on Meteorology. 1957.
11. Meteorological Office. «Weather in the Mediterranean». H.M.S.O. London, 1962.
- 12.—Palomares, M. «Transformaciones físicas de los esfero cristales en las granizadas». Revista de Geofísica, n.º 65. Madrid. 1958.
- 13.—Palomares, M. «Variación de los esfero cristales en las precipitaciones atmosféricas». Publicaciones del S.M.N. Madrid. Serie A, n.º 34. 1959.
- 14.—Stanley A. Changnon, Jr. «Hailstreaks». Journal of the Atmospheric Sciences. Vol 27. n.º 1. 1970.
- 15.—Uso del diagrama oblicuo T, log. P en Análisis y Predicción. Publicaciones del S.M.N. Madrid 1967.
- 16.—Vittori, Prodi, Morgan y Cesari. «Natural Tracer Distribution in Hailstones». Journal of Amospheric Sciences. Vol 26, n.º 1. 1969.