

ALGUNOS ASPECTOS DE LA FORMACION DEL GRANIZO

RALPH D. PIERCE.
Louisiana Polytechnic University
Ruston, Louisiana.

ABSTRACT.

Hail, a form of precipitation, has long been a problem for man. A casual examination of newspapers will often reveal incidents whereby man has been subjected to vagaries and disasters resulting from hailstorms. This violent display of Nature's forces has always been a threat on the surface of the earth, but with the advent of the airplane, this menace has been extended into the atmosphere surrounding the earth.

Commonly, three forms of hail are recognized: graupel or soft hail, small hail, and true hail. True hail is the most common in occurrence, and the hailstone is characteristically spherical in shape, ranges between one-fourth and three-fourths inches in diameter, and is composed of concentric layers of clear and opaque ice.

In the Middle Latitudes, hail is associated with the Summer thunderstorms with their cumulonimbus clouds. Convection, initiated by local heating occasionally by frontal activity, carries warm, moist air to elevations where temperatures are near 0°C, and the process of hail formation is set in motion. The nucleus, an ice crystal or a frozen droplet of water, collects ice and rime by collision with other moisture particles, and finally falls to the earth in response to gravity.

Much research has been carried out concerning all aspects of hail formation. Newer and better instruments, more sophisticated techniques, and newer theories are currently being utilized in efforts to explain this destructive form of precipitation. However, much remains to be explained before man will be able to escape the damaging effects of hailstorms. Perhaps, in the future, man will be able to predict, control, or possibly even prevent the formation of hail?

INTRODUCCION

Definición de Granizo.

William Morris Davis (1894) definió el granizo como nieve y hielo compactados en pequeños bодоques o bolitas, con una estructura in-

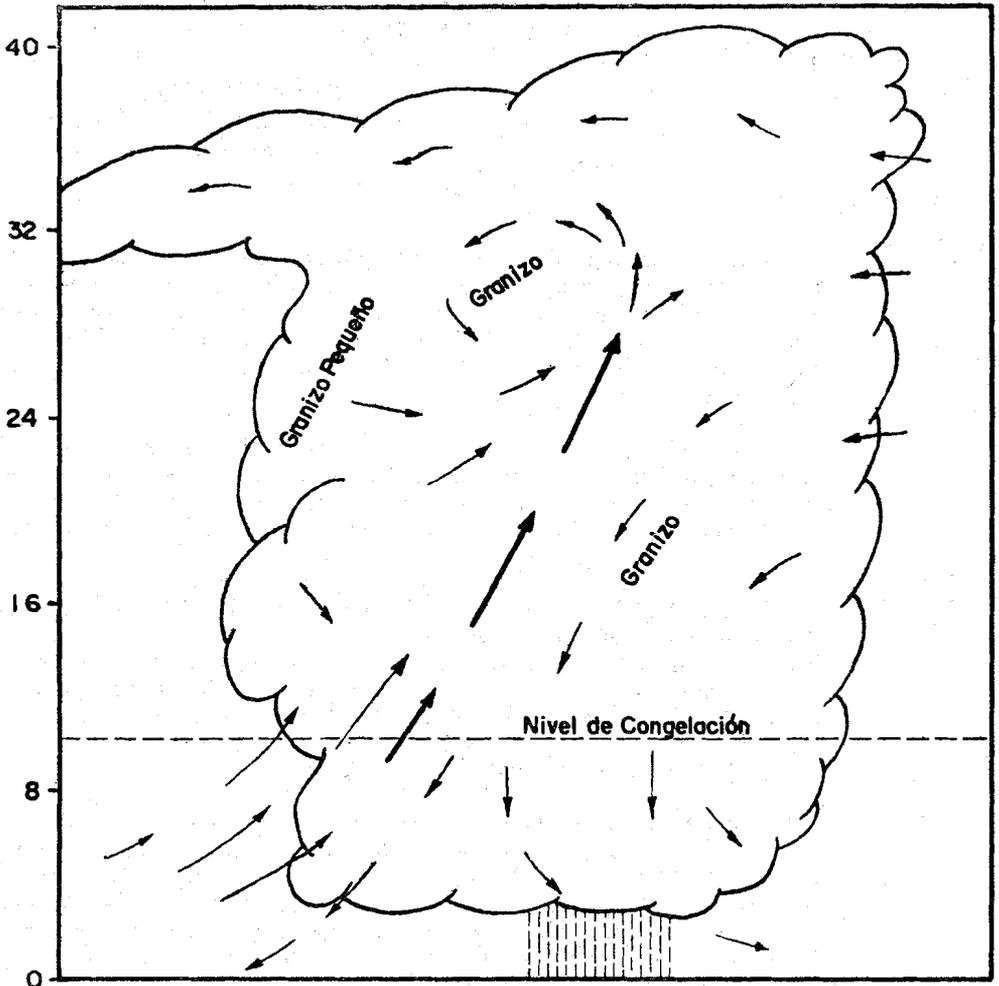


Figura 1.- Diagrama de una tormenta de granizo. Debido a actividad convectiva en una nube cumulonimbus, aire cálido y húmedo es transportado a altitudes por encima del nivel de congelación, en donde se inicia la formación de granizo.

terna dispuesta aproximadamente en capas concéntricas. Por su parte, Houghton (1951) caracterizó el granizo como un tipo especial de precipitación de tamaño que excede al de cualquier otra forma, y cuya estructura semeja la de una cebolla. El Weather Bureau de los Estados Unidos (Abril, 1966) ofrece la siguiente definición:

“Granizo. Precipitación de bolitas u otras piezas de hielo (hailstones), con diámetros de 0.2 a 5.0 pulgadas (5 a 50 mm) y a veces más. Pueden caer separadamente, o congelados juntos (amontonados) en racimos irregulares”.

Formas de Granizo.

Las tres formas de granizo más comúnmente reconocidas por la mayoría de los autores son: graupel o granizo blando, granizo pequeño, y granizo propiamente dicho. El U. S. Weather Bureau, sin embargo, clasifica las dos primeras formas como gránulos de nieve (Abril 1966).

Al tratar sobre granizo blando y granizo pequeño, Flora (1956) describe el granizo blando como blanco, opaco, generalmente redondo u ocasionalmente cónico, y de apariencia de nieve. El diámetro de esta forma usualmente no sobrepasa un cuarto de pulgada; tiene una textura quebradiza muy fácil de comprimir. El granizo pequeño se parece al blando en tamaño y figura, pero consiste de una bola de granizo blando que sirve de núcleo, rodeado de una fina capa de hielo vidriado. Al contrario de lo que ocurre con el granizo blando, el granizo pequeño no tiene textura quebradiza y no se puede comprimir fácilmente.

El granizo verdadero, que es el tipo más común, está compuesto de un núcleo de hielo opaco blando, o de un núcleo claro, de hielo transparente. El núcleo se origina probablemente como un gránulo de granizo blando o a partir de una gota de agua congelada, respectivamente, según Mason (1962).

La Tormenta de Granizo.

El granizo es un fenómeno comúnmente asociado con las tormentas eléctricas veraniegas, o tronadas, de las latitudes medias, aunque tanto granizo blando como granizo pequeño han sido observados durante la estación invernal a lo largo de la Costa Pacífica Central y Septentrional de los Estados Unidos, sin ninguna tronada acompañante (Flo-

ra, 1956). Generalmente las tormentas de granizo (granizadas) se originan en nubes cumulus que tienen un gran desarrollo vertical, conocidas como nubes cumulonimbus (Fig. 1). Frisby (1964) afirma que en tormentas de granizo la copa de las nubes a menudo se eleva hasta alturas de 4.000 a 6.000 pies. La diferencia específica existente entre una tormenta eléctrica y una de granizo no ha sido establecida definitivamente en la literatura meteorológica, pero aparentemente la tormenta de granizo posee una intensidad mucho más grande en comparación con la de una tronada 'normal' (aufm Kampe y Weickman, 1957).

CARACTERISTICAS DEL GRANIZO

Tamaño de las Piedras de Granizo.

El tamaño de las piedras de granizo ha sido comparado con el de objetos tales como guisantes, uvas, nueces y toronjas, con diámetros que van desde menos de un cuarto de pulgada hasta varias pulgadas. La más grande de que se tenga noticia en los Estados Unidos midió casi cinco y media pulgadas de diámetro y diecisiete pulgadas de circunferencia (Roth, 1952). Después de examinar algunas piedras de granizo de gran tamaño que cayeron en Keewatin, Provincia de Ontario, Canadá, Lowe (1964), afirma que la más grande tenía doce pulgadas de circunferencia. Estos serían ejemplos de granizos excepcionalmente grandes. Un estudio llevado a cabo en el área de Denver, Colorado, entre 1949 y 1955, mostró que en la mayoría de los casos las piedras de granizo oscilaban entre un cuarto y tres cuartos de pulgada de diámetro (Mason, 1962). Ocasionalmente durante las tormentas de granizo caen grandes masas de hielo, pero éstas frecuentemente no son otra cosa que dos o más piedras de granizo que se han congelado juntas (Flora, 1956).

Forma de las Piedras de Granizo.

En términos generales los granizos se clasifican de acuerdo con su figura en tres tipos: (1) esferoidal, (2) cónico, y (3) irregular. El tipo de ocurrencia más común es, con mucho, el esferoidal, en tanto que las formas cónicas e irregulares ocurren en menor frecuencia. Weickman (1957) considera como 'clásico' el tipo de piedras de granizo de forma cónica en cuanto hace relación a su formación en un proceso de estado continuo. Arenberg (1938) describió piedras de granizo irregularmente configuradas que cayeron durante una tormenta peculiar en Washing-

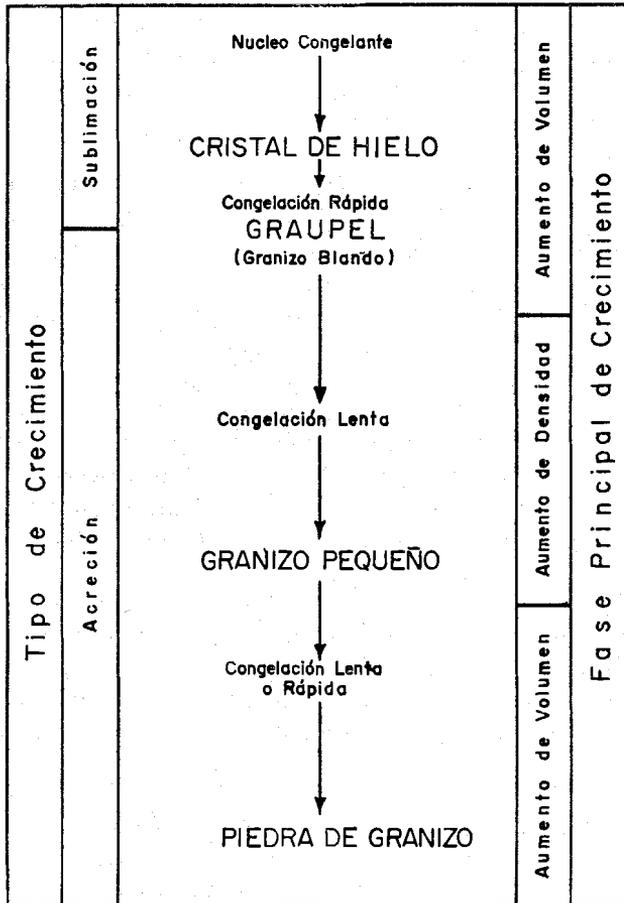


Figura 2.- Diagrama sobre la formación de granizo, según List (1960).

ton, D. C., el 29 de Abril de 1938, como pirámides triangulares de aspecto semejante a granos de maíz. Las formas se describieron como de cuadrilátero, pentagonal o de otras figuras poligonales.

Estructura del Granizo.

La típica piedra de granizo consiste de capas alternadas de hielo claro y opaco con tantos como veinte o veinticinco anillos concéntricos

en casos extremos. Se han observado algunas piedras de granizo que contienen o bien hielo claro, u opaco; sin embargo, de acuerdo con Gerson (1946), el granizo se forma alrededor de un núcleo de hielo sólido, o de una gota de agua superenfriada.

El carácter nuboso de las capas opacas, de acuerdo con una fuente (Browning, Ludlam y Macklin, 1963), proviene de diminutas burbujas de aire que han sido previamente disueltas dentro de gotículas de agua. Esto refleja los descubrimientos de List (1961), quien mostró que la distribución de las burbujas de aire es la responsable de las capas más o menos opacas. Weichman (1957) considera que la formación de hielo opaco es debida a la congelación de agua superenfriada a temperaturas inferiores a -5°C . El anota que los anillos concéntricos de hielo alternativamente claro y opaco resultan probablemente de la congelación dentro de un margen muy estrecho de temperatura (cerca de -5°C), proceso que es afectado por el contenido de humedad de la nube. La estructura cebolluda del granizo es explicada por Mason (1962) como el resultado de la colisión de un núcleo de hielo formado por sublimación del vapor, contra gotículas de agua superenfriadas, en contenido variable de agua en la nube y a temperaturas tan bajas como -40°C . Las variaciones de concentración de agua en la nube o de la velocidad de la corriente ascendente de aire posiblemente podrían causar una transición entre crecimiento húmedo y seco, ocasionando así las capas alternadas de hielo claro y opaco.

La estructura del granizo blando es cristalina (Little, 1940). Este tipo comienza como un cristal de hielo y subsecuentemente colecta en torno de sí mismo, por colisión y acreción, gotículas de agua superenfriada. Estas gotículas adquiridas por el núcleo de hielo se congelan rápidamente a temperaturas inferiores a -20°C , constituyendo un conjunto de forma aproximadamente esférica que contiene muchos espacios de aire, responsables de la típica apariencia blanca u opaca (Mason, 1962).

Arenberg (1938) estudió ampliamente piedras de granizo irregulares. Pese a las configuraciones poligonales, las piedras de granizo examinadas aún ofrecían evidencias de estructura en capas. Se explica esta estructura peculiar a partir del supuesto de un núcleo redondeado, parcialmente helado, alrededor del cual se congelan en capas concéntricas gotículas de agua superenfriadas, reduciendo de tal modo el punto de congelación; a continuación, el granizo es llevado a elevaciones que tie-

nen temperaturas de menos de 0°C ; todo el líquido externo se congela, y temperaturas de menos de 0°C pueden penetrar al núcleo. El cambio de estado producido por la congelación del núcleo crea tremenda presión interna capaz de hacer que la piedra de granizo estalle en pirámides poligonales con bases esféricas. Hielo y escarcha pueden luego ser agregados sobre los fragmentos a medida que éstos descienden.

Densidad del Granizo.

Los datos sobre densidad del granizo son variables según diferentes autores. El margen de densidad para todo tipo de granizo varía desde 0.1 g/cm. Humphreys (1928) estimó un valor de 0.5 g/cm como densidad próxima al mínimo, y el de 0.9 g/cm como próximo al máximo posible. Mason (1962) afirma que el margen de densidad está entre 0.1 g/cm para el granizo blando, y hasta 0.8 ó 0.9 g/cm que pueden ser alcanzadas por el granizo verdadero. Una densidad de 0.8 g/cm es considerada por varios investigadores en la determinación de la velocidad teórica de caída de piedras de granizo.

CONDICIONES ATMOSFERICAS CONDUCENTES A LA FORMACION DE GRANIZO

Inestabilidad.

Una de las formaciones conducentes a la formación de granizo, comúnmente reconocidas, es aquella de una masa boyante de aire inestable. Frisby (1964) afirma que esa inestabilidad es provista por incursiones de aire cálido y húmedo del Golfo de México que periódicamente se desplazan hacia el norte hasta el corazón del continente norteamericano a través de valles y tierras bajas, en primavera y verano. Esto produce una situación mediante la cual el aire húmedo y cálido es sofocado por aire más seco y más fresco.

Convección.

Convección de una masa de aire inestable es inducida bien por calentamiento diurno o algunas veces por actividad frontal. El aire más cálido, enfriado adiabáticamente por expansión hasta el nivel de condensación, lleva al desarrollo de nubes cumuliformes que son necesarias para la formación de granizo.

Las termales —corriente ascendente de aire cálido— creadas por calentamiento desigual de superficies terrestres durante el tiempo de más intensa insolación, sirven para mantener la convección de una masa de aire inestable (aufm Kampe y Weickman, 1957). Más recientemente Frisby (1964) ha introducido el efecto del deslizamiento eólico ('wind shear') como un agente mantenedor de la actividad convectiva. Este deslizamiento eólico está asociado a vientos fuertes de altura que circulan entre 20.000 y 30.000 pies de altitud. Específicamente, se trata de los vientos de la Jet Stream, la cual desplaza su posición latitudinal hacia el norte durante la primavera y el verano. De todas maneras, cuando la actividad convectiva continúa y empuja a la masa de aire inestable lo suficientemente alto, ésta alcanzará el nivel de congelación, que es uno de los requisitos para la formación de granizo.

Temperaturas.

La temperatura que comúnmente se acepta como punto inicial para la formación del granizo es 0°C. Sin embargo, en experimentos de laboratorio List (1960) encontró que el agua puede ser superenfriada hasta -35°C sin que se congele. Mason (1962) considera necesarias para la formación de granizo temperaturas que oscilan entre 0° y -40°C.

Ascenso de aire asociado con convección.

Corrientes ascendentes de aire en conjunción con actividad convectiva se consideran como requisitos para la formación de granizo (Gerson, 1946). Estas corrientes ascendentes, o **tiro**, son necesarias pues son éstas las que llevan las gotas de agua hasta niveles de sub-congelación para formar granos, es decir, piedras de granizo potenciales. Mason (1962) considera la función de tiro en la atmósfera como la encargada de arrastrar gotículas de la nube, superenfriadas, hasta niveles de congelación. Un autor anota que el propósito primario de esas corrientes ascendentes es el de estirar la trayectoria de la piedra de granizo a través de la nube, incrementando así su recolección de hielo (Houghton, 1951). Las velocidades de la corriente de tiro necesarias para mantener las piedras de granizo en el aire varían desde unas tan lentas como 54 millas por hora hasta tanto como 272 millas por hora, dependiendo del tamaño de las piedras de granizo (Griminger, 1953). Sin embargo, velocidades superiores a los 30 metros por segundo pueden llevar el granizo por encima del nivel de -40°C, donde el crecimiento se detiene.

LA FORMACION DEL GRANIZO

Núcleo de granizo.

Diferentes autores han enunciado varios tipos de núcleos de granizo. Los dos que son citados con más frecuencia son cristales de hielo y gotículas de agua superenfriadas. Arenberg (1938) se inclinó a favor de un núcleo redondeado, bien de nieve parcialmente derretida o compacta, o de una gota grande de agua. Gerson (1946) considera el núcleo como un grano de hielo causado por la congelación de una gota de agua, y ocasionalmente como una gota de agua superenfriada, metida dentro de una costra de hielo. Little (1949) sugiere la sublimación de agua a cristal de hielo para formar el núcleo de granizo. Con base en experimentos llevados a cabo en un túnel de viento en donde el 'clima' puede ser controlado, List (1960) concluye, también, que los cristales de hielo formados por sublimación son los núcleos para el granizo.

Crecimiento de las piedras de granizo.

El proceso mediante el cual ocurre el crecimiento del granizo ha sido un tema controvertido a través de los años, y son muchas las teorías enunciadas para tratar de explicar el fenómeno. Bigelow (1960), después de revisar las teorías existentes hasta esa época, concluyó que ninguna era enteramente satisfactoria, aunque cada una probablemente contenía un elemento de verdad. Un punto de vista sostiene que la condensación de gotas de agua superenfriadas sobre un núcleo de hielo es el proceso básico para la formación de piedras de granizo grandes (Schuman, 1938). Otro autor opina que el crecimiento se lleva a cabo por colección de agua superenfriada a medida que la piedra de granizo cae por entre la nube. List (1960) indica que el crecimiento de una piedra de granizo ocurre mediante un proceso de acreción de gotículas superenfriadas tomadas de la nube, seguido de congelación lenta o rápida (Fig. 2).

El proceso de acreción.

La manera exacta como gotículas de agua superenfriadas se agregan a la piedra de granizo ha movido a muchos autores a intentar una explicación. Davis (1894) sugirió que gotas de agua congeladas son im-

pulsadas hacia arriba hasta niveles de temperaturas muy bajas, y que aquellas aumentan de tamaño por revestimientos de nieve hasta que caen a través de corrientes de aire menos activas. Houghton (1951) sugiere que la acreción ocurre a medida que la piedra cae en relación con la nube; de ese modo, la estructura en capas sería causada en homogeneidades dentro de una nube turbulenta. Después de computar la velocidad necesaria de las corrientes de aire para que las piedras de granizo sean mantenidas en el aire, una teoría sostiene que la variación de la turbulencia podría ser un factor en las excursiones verticales del granizo (Grimminger, 1933). Otra teoría sostiene el punto de vista de que solo hay un descenso, por lo cual el grado de crecimiento de la piedra de granizo dependerá del número de gotículas de agua y copos de nieve que se le interpongan en la caída (Roth, 1952). List (1960) considera un simple descenso durante el cual la piedra de granizo captura gotículas de agua superenfriadas, pasando de granizo blando a granizo propiamente dicho. Con base en un modelo de tormenta de granizo propuesto por Ludlam, otro autor cree que debido a la postura ladeada de la columna del tiro de aire, causada por el efecto del deslizamiento eólico ('wind shear'), es posible que partículas de hielo sean lanzadas hacia arriba y hacia adelante, luego caigan, entren de nuevo en la columna, recojan más gotículas de agua, y finalmente se precipiten a tierra. El tamaño de las piedras de granizo dependerá así del tiempo que permanezcan dentro de la columna de tiro (Mason, 1962).

Altura del Nivel de Congelación en las Tormentas de Granizo.

El uso del radar es una técnica relativamente nueva para pronosticar el tamaño del granizo. Esto se logra determinando el nivel de congelación con temperatura registrada en ampolleta húmeda, por encima de la superficie terrestre. Un estudio revela que la mayoría de los niveles de congelación de este tipo se presentan entre 5.000 y 12.000 pies por encima de la superficie. Además, entre más grande sea el tamaño del granizo en la superficie, mayor será la concentración del nivel de congelación hacia los 8.000 pies (Fawbush y Miller, 1953). Lo anterior está corroborado por otro estudio que también indica que las más grandes piedras de granizo se originan a niveles de altitud sucesivamente más bajos.

CONCLUSIONES

Tres tipos de granizo son comúnmente reconocidos por la mayoría de los autores: (1) graupel, o granizo blando, (2) granizo pequeño, y (3) granizo verdadero. Estas formas difieren en tamaño, contenido, figura, estructura y densidad. El que ocurre con mayor frecuencia es el granizo verdadero, cuyo diámetro oscila entre un cuarto y tres cuartos de pulgada, aunque excepcionalmente se han registrado piedras de granizo mucho más grandes. Característicamente, el granizo exhibe una estructura cebolluda con capas alternantes de hielo claro y opaco, dispuestas alrededor de un núcleo de cristal helado o de una gota de agua superenfriada. La piedra de granizo tiene generalmente una configuración esférica, y una densidad de entre 0.1 y 8 g/cm.

La inestabilidad asociada con masas de aire cálido y húmedo situadas debajo de aire seco y más fresco, es una condición atmosférica conducente a la formación de granizo. La actividad convectiva iniciada térmicamente o por condiciones frontales, rápidamente transporta el aire cálido y húmedo a altitudes con temperaturas por debajo de 0°C. Enfriamiento adiabático resulta en condensación en gotículas de agua o cristales helados, por sublimación, a partir de los cuales se forma el núcleo a cuyo alrededor se desarrolla la piedra de granizo. Esta aumenta de tamaño por choque con gotículas de humedad o cristales de hielo.

Las condiciones adecuadas para la producción de granizo se presentan en las tormentas de verano con sus nubes cumulonimbus. Un fuerte tiro de aire es el mecanismo que lleva el aire cálido y húmedo hasta el nivel de congelación, o más arriba, donde la formación de granizo puede ocurrir. No hay una definición exacta de una tormenta de granizo, pero ésta es aparentemente una tormenta eléctrica de gran intensidad.

Muchas teorías se han sugerido para explicar los mecanismos que ocasionan la estructura peculiar de las piedras de granizo. Parece haber acuerdo en el sentido de que el crecimiento ocurre por acreción, pero en cambio hay mucha controversia sobre los procesos implicados. La teoría 'circular' propuesta por William Morris Davis todavía es respaldada por algunos autores, en tanto que otros consideran la acreción como un proceso que ocurre durante un descenso continuo. Hay, además, quienes creen que el crecimiento ocurre cuando la piedra de granizo se mantie-

ne suspendida en la columna del tiro de la nube cumulonimbus hasta que su peso finalmente vence la resistencia de la suspensión.

Actualmente se están llevando a cabo investigaciones sobre formación de granizo con la ayuda de técnicas más nuevas y más sofisticadas. Con todo, es mucho lo que sobre esta forma particular de precipitación permanece en la oscuridad, y el granizo sigue también constituyendo una amenaza para muchas de las actividades de la humanidad.

REFERENCIAS:

- ARENBERG, David L. "The Formation of Irregularly Shaped Hailstones", *Monthly Weather Review*, vol. 66 (September, 1938), pp. 275-276.
- AUFM KAMPE, H. J. and Weickmann, H. K. "Physics of Clouds", *Meteorological Monographs*, vol. 3, Nº 18 (July, 1957), pp. 182-225.
- BROWNING, K. A., Ludlam, F. J., and Macklin, W. C. "The Density and Structure of Hailstones", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 89, Nº 379 (January, 1963), pp. 75-84.
- DAVIS, William Morris. *Elementary Meteorology*. Boston: Ginn and Company, 1894, pp. 286-287.
- FAWBUSH, Ernest J, and Miller, Robert C. "A Method for Forecasting Hailstone Size at the Earth's Surface", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 34 (June, 1953), pp. 235-249.
- FLORA, Snowden. *Hailstorms of the United States*. Norman: University of Oklahoma Press, 1956, 201 pp.
- FOSTER, David S. and Bates, Ferdinand C. "A Hail Size Forecasting Technique", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 37, Nº 4 (April, 1956), pp. 135-141.
- FRISBY, E. M. "A Study of Hailstorms of the Upper Great Plains of the North American Continent". *Weatherwise*, vol. 17, Nº 2 (April, 1964), pp. 68-73.
- GERSON, N. C. "Variation in the Physical Properties and in Atmospheric Concentration of Hail", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 27, Nº 2 (January, 1946), pp. 47-53.
- GRIMMINGER, G. "The Upward Speed of an Air Current Necessary to Sustain a Hailstone", *Monthly Weather Review*, vol. 61 (July, 1933), pp. 198-200.

- HUMPHREYS, W. J. "The Uprush of Air Necessary to Sustain the Hailstone", *Monthly Weather Review*, vol. 56 (August, 1928), pp. 314.
- HOUGHTON, Henry G. "On the Physics of Clouds and Precipitation", *Compendium of Meteorology*, T. F. Malone, ed. Boston: American Meteorological Society, 1951. p. 178.
- KIMBLE, George H. T. (1961): *Tropical Africa: Problems and Promises*. New York, Headline Series, N° 147, Foreign Policy Association - World Affairs Center.
- LIST, Roland. "New Developments in Hail Research", *Science*, vol. 132, N° 3434 (October, 1960), pp. 1091-1098.
- LIST, Roland. "Physical Methods and Instruments for Characterizing Hailstones", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 42, N° 7 (July, 1961), pp. 452-466.
- LITTLE, E. W. R. "Observations on Hail", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 66, N° 283 (January, 1940), pp. 21-22.
- LOWE, A. E. "Some Unusual Hailstones", *Weatherwise*, vol. 18, N° 2 (April, 1965), p. 87.
- MASON, B. J. *Clouds, Rain and Rainmaking*. Cambridge: At the University Press. 1962. pp. 74-95.
- ROTH, Richard J. "Hailstones and Hailstorms", *Weatherwise*, vol. 5, N° 3 (June, 1952), pp. 51-54.
- SCHUMANN, T. E. W. "The Theory of Hailstone Formation", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 64, N° 273 (January, 1938), pp. 3-17.
- U. S. Weather Bureau. *Manual of Surface Observations*. (WBAN) Circular N, 7th ed. (revised to include changes 1 to 13), April, 1966.
- WEICKMANN, J. K. "Physics of Precipitation", *Meteorological Monographs*, vol 3, N° 19 (July, 1957), pp. 226-255.

"LA MADRE TIERRA"

"Yo concibo la tierra como la propiedad de una vasta familia, de la cual muchos miembros están muertos, unos pocos viven, y números incontables están aún por nacer". (Idearium de un jefe tribal nigeriano).

JUNTA DIRECTIVA DE "ACOGE"

PRÉSIDENTE:

Gral. JULIO LONDOÑO

VICEPRESIDENTE:

Dr. JOSE AGUSTIN BLANCO

SECRETARIO:

Dr. TEMISTOCLES ORDÓÑEZ

TESORERO:

Lic. FRANCISCO ORTEGA

CONSEJEROS:

Dr. LUIS LAVERDE

Dr. EDUARDO ACEVEDO

Dr. ERNESTO GUHL

Dr. CLEMENTE GARAVITO

ASOCIACION COLOMBIANA DE GEOGRAFOS — ACOGE*

* * *

Presidente - Fundador: H. F. Rucinque

Editor de "EL CORREO GEOGRAFICO": Carlos Cuervo Escobar

Tesorero: Francisco Ortega

* * *

CONTENIDO:

	Págs.
<i>Cuervo Escobar, Carlos</i> : Objetivo del Boletín	41-42
<i>Denevan, William M.</i> : Observations on Savanna/Forest Boundaries in Tropical America	43-58
<i>Pierce, Ralph D.</i> : Algunos aspectos de la formación del granizo	59-71
<i>Ordoñez, Temístocles</i> : I Congreso Nacional de Geógrafos	72-73
<i>Blanco B., José A.</i> : Investigaciones Geográficas de extranjeros en Colombia después de la Segunda Guerra Mundial	74-86
<i>Ocampo López, Javier</i> : La Artesanía Popular Boyacense y su influencia en la Geografía Física y Económica	87-92
Recomendaciones del I Congreso Colombiano de Geografía	93-96

* La Asociación reconoce y agradece la colaboración de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, especialmente de su Rector, Dr. Armando Suescún Monroy, sin cuyo concurso la publicación de esta revista habría sido pospuesta.