

## 8. Precipitación

No necesariamente cuando vemos las nubes en el cielo quiere decir que se aproxima lluvia o nieve. Las gotas de agua que componen las nubes son tan pequeñas que pueden estar suspendidas por mucho tiempo en el aire. Las corrientes de aire en ascenso mayormente son las que evitan que se precipiten en forma de lluvia. En caso de que esto ocurriera, algunas no llegan a la superficie porque se evaporan en el proceso de caída.



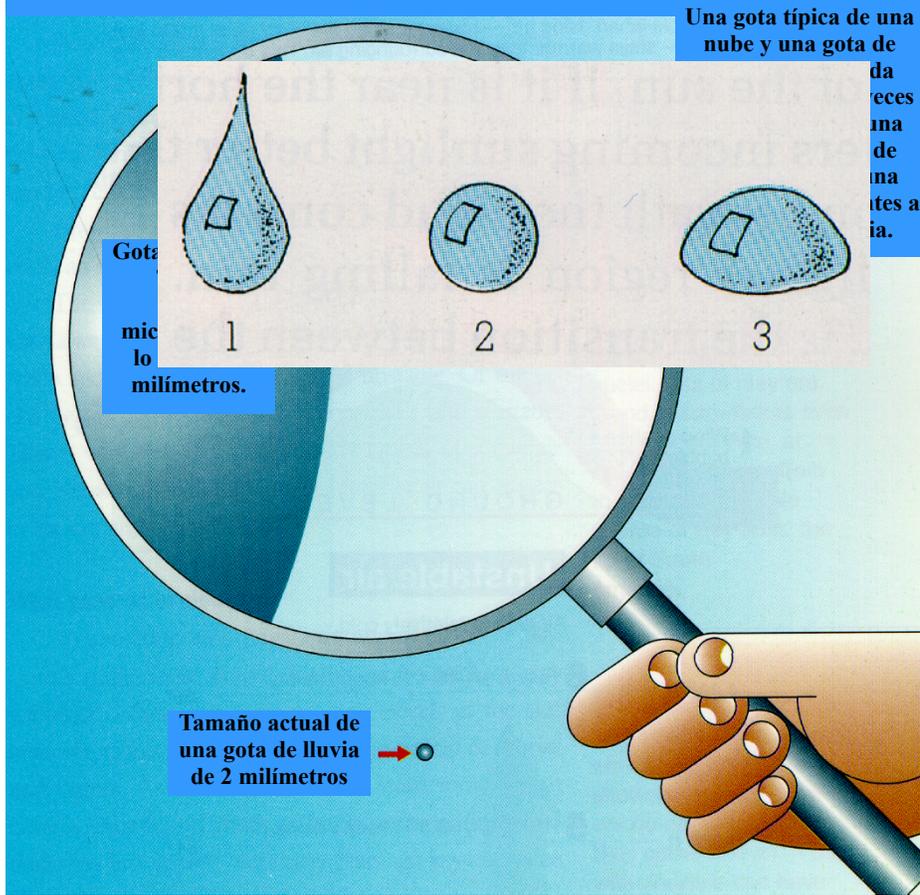
Virga es cualquier forma de precipitación que no llega a la superficie. Puede haber virga de lluvia o de nieve. Pero en ambos casos, la precipitación se evapora en el viaje de caída de la nube hacia la tierra. Virga es bastante común (aunque no así en el trópico) y posiblemente lo habías visto, pero no sabías que recibía un nombre. Mayormente ocurre en el verano, y lo que se observa es lluvia cayendo de la base de la nube, mientras desaparece en el camino hacia la superficie. Esto ocurre cuando el aire cerca de la superficie es muy seco, como en el desierto, por lo que la lluvia que cae se evapora antes de hacer contacto con la superficie.

Cuando el viento está en calma, la velocidad con que caen las gotas de lluvia o los cristales de hielo dependen de la fuerza de gravedad que acelera la caída de la gota y la fuerza opuesta causada por la resistencia que ejerce el aire que no permite que la gota descienda. A medida que cae, la resistencia del aire aumenta. Eventualmente la fuerza de resistencia iguala la fuerza de gravedad, y **promueve** que la gota descienda a una velocidad constante que se conoce como la velocidad terminal.

Para que la gota permanezca suspendida en el aire, las corrientes de aire en ascenso deben ser más fuertes que la velocidad terminal. Por lo tanto, a mayor tamaño de la gota, mayor la velocidad terminal, y más fuerte tiene que ser la corriente de aire en ascenso para mantenerse suspendida.

Las gotitas de agua en la nube y en los cristales de hielo son tan pequeños (diámetros entre 10 – 20 micrómetros) y con velocidades terminales tan lentas (típicamente entre 0.3 – 1.2 cm/s) que le toma 24 horas o más a estas gotitas llegar a la superficie, sino es que antes se evaporan. Por lo menos 1 millón de gotitas con diámetro de 10 – 20 micrómetros, forman 1 gota de agua de lluvia que tiene un diámetro de 2 mm. Las gotas de lluvia más grandes pueden tener una velocidad terminal de 9 metros/s (20 mph).

## Tamaño relativo de las nubes y las



¿Cuál  
gotas  
forma  
gota de  
Si  
número

mucho  
artistas  
las  
como si

e n

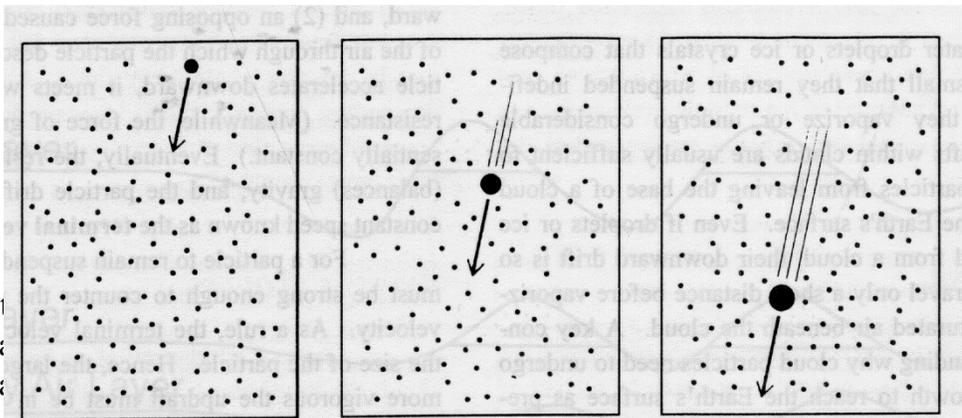
así. La forma de la gota depende del tamaño de la misma. Si la gota es menor de 2 mm en diámetro, la gotita es casi esférica como la número 2. Pero las gotas grandes con diámetros mayores de 2 mm, toman una forma diferente a medida que caen, que asimila la mitad de un pan de hamburguesa como la número 3, por la resistencia del aire al caer. Lo importante que recuerdes es que no tienen la forma de una lágrima.

de las tres  
representa la  
real de una  
lluvia que cae?  
escogiste la  
1, ésta no es la  
correcta. Por  
tiempo, los  
han dibujado  
gotas de agua  
fueran una  
lágrima, pero  
realidad no son

¿Cómo ocurre este crecimiento? Se conoce que el proceso de núcleos de condensación no es suficiente para hacer crecer las gotas de agua de las nubes en gotas de lluvia. Se han identificado dos métodos de crecimiento para que ocurra la precipitación. Estos son el proceso de choque y coalescencia en nubes calientes, y el proceso de Bergeron-Findeisen en nubes frías.

(I) Proceso de Choque y Coalescencia:

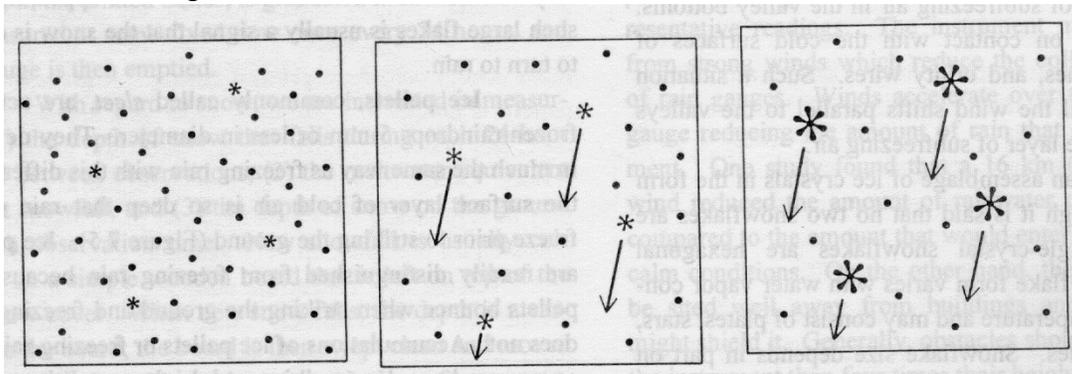
Las gotas  
congeladas  
importancia  
de altura



Por el punto de  
es sumamente  
(15,000 pies)  
este proceso se

cumpla, se necesita que las gotas de nube sean de distintos diámetros. Si éstas fuesen iguales en diámetro, los choques entre ellas serían mínimo y tendrían la misma velocidad terminal. Por el contrario, si fuesen de diferentes diámetros, la velocidad terminal sería diferente y chocarían más frecuentemente. Una gota más grande descende más rápido que una pequeña; mientras ésta va bajando choca y se une con otras gotas aumentando su diámetro. Por lo tanto, la velocidad terminal aumenta, y entre más grande, más choca, y la velocidad terminal aumenta, creando un efecto en cadena.

## (II) Proceso de Bergeron-Findeisen:

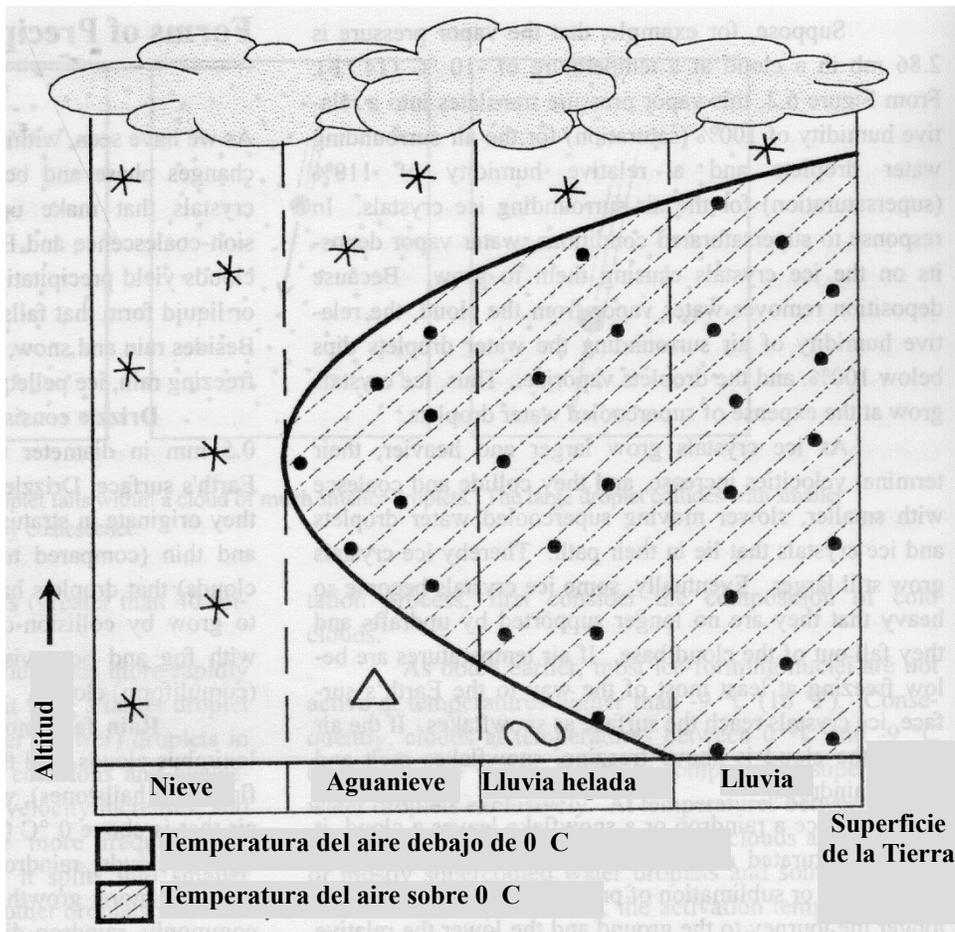


En las latitudes medias y altas donde las temperaturas de congelación ocurren muy cerca de la superficie, el proceso de formación de lluvia es un poco diferente. En los lugares más fríos donde las temperaturas son bajo  $0^{\circ}\text{C}$  (menos de  $32^{\circ}\text{F}$ ), se necesita la coexistencia de vapor de agua, cristales de hielo y gotas de agua bien frías. En las nubes que consisten básicamente de cristales de hielo y gotas de agua bien fría, la cantidad de gotas de agua es más abundante porque la condensación es más rápida que la formación de hielo. Una vez formados los cristales, éstos crecen rápidamente a expensas de las gotas frías de agua. De esta manera, las nubes que están formadas por una mezcla de cristales de hielo y gotas de agua bien fría, los cristales van creciendo y haciéndose más pesados aumentando su velocidad terminal. En su caída chocan y se unen con otros cristales de hielo y gotas de agua bien fría para aumentar su tamaño. Finalmente,

se precipitan como copos de nieve o, si el aire bajo la nube está sobre el punto de congelación, como lluvia.

### ***Tipos de Precipitación***

Una vez crecidas, las gotas de agua se precipitan hacia la superficie y a esto es lo que conocemos como precipitación. Hay seis tipos de precipitación: llovizna, lluvia, lluvia o llovizna congelada, nieve, bolitas de hielo, y granizo.



1. Llovizna- La llovizna consiste de pequeñas gotitas de agua de aproximadamente 0.2 a 0.5 mm de diámetro que caen lentamente a la superficie de la Tierra. Son relativamente pequeñas porque se originan en las nubes nimbostratus y están asociadas con neblina y pobre visibilidad. No es muy común en el trópico excepto con los frentes que descienden de las latitudes medias.

2. Lluvia- La lluvia se origina mayormente en la nubes cumulus y cumulonimbus. Las gotas de lluvia viajan mas rápido que la llovizna, y son más grandes por el proceso del choque y unión de las gotas de lluvia (proceso de colisión y coalescencia). El diámetro de la gota debe ser por lo menos igual o mayor a 0.5 mm. El diámetro típico es de 2 mm. Si el diámetro es mayor de 6 mm, la gota se rompe en varias gotitas. Mientras más grandes se hacen las gotas, mayor ha sido la velocidad de la corriente de aire en descenso.

El aguacero es la precipitación en forma de lluvia que ocurre en grandes cantidades en un pequeño periodo de tiempo (ejemplo: 1 pulgada de lluvia en una hora) debido a la corriente de aire en descenso. Esta forma de llover tan precipitada, aunque no es considerado como un tipo aparte de precipitación, es la forma más común de llover en Puerto Rico y en el trópico en general.

Es muy importante que entendamos que cuando hablamos de la lluvia que ha caído nos referimos a la cantidad **TOTAL** acumulada en cierto periodo de tiempo. Por ejemplo, en Arecibo han caído 0.55 pulgadas de lluvia en las pasadas 3 horas; o en Yabucoa se registró 11.02 pulgadas de lluvia en el mes de octubre de 1998.

3. Lluvia o Llovizna Congelada ("Freezing Rain")- La lluvia o llovizna congelada forma una capa de hielo sobre una superficie fría que a veces se torna gruesa y pesada. Puede torcer las ramas de los árboles, destruyen líneas eléctricas por el peso, e interrumpir el tráfico. Esta se forma cuando la lluvia o llovizna cae sobre una capa de aire bien frío sobre la superficie. Las gotas de lluvia se enfrían rápidamente y se congelan al contacto con las superficies frías.

4 .  
Otro

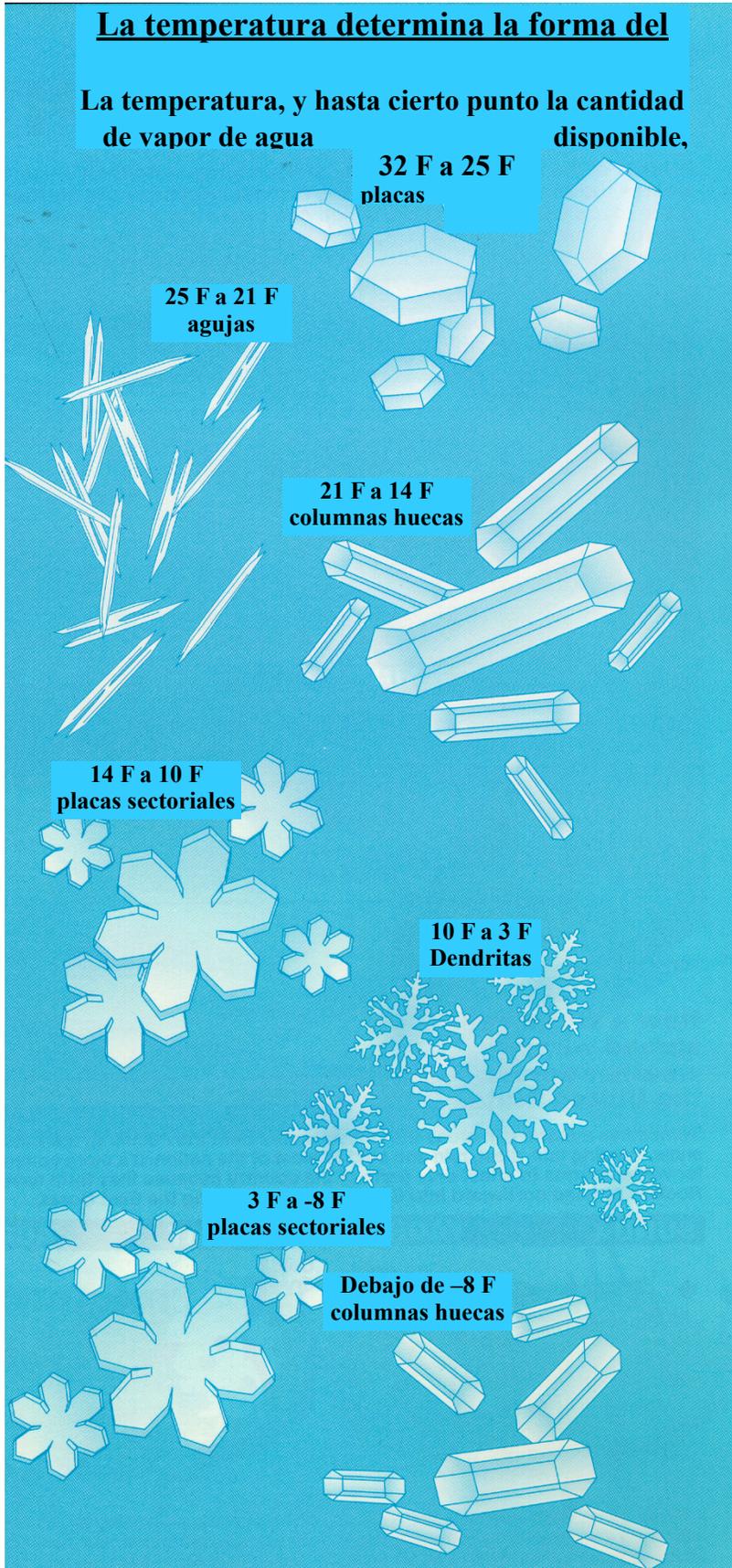
nieve la  
unión de  
forma de  
forma  
que los  
formados.  
de nieve  
forma

vapor de  
La forma  
estrellas,  
o placas. En  
como las  
vapor de  
copitos de  
pequeños,

ambientales  
de  
copitos de  
humedecen  
con otros,  
tamaños de  
tamaño  
de la  
vapor de  
proceso de  
cristales.

5 .  
("Ice Pellets  
balitas de  
lluvia

diámetro es  
Se  
mayoría de  
que la lluvia  
diferencia

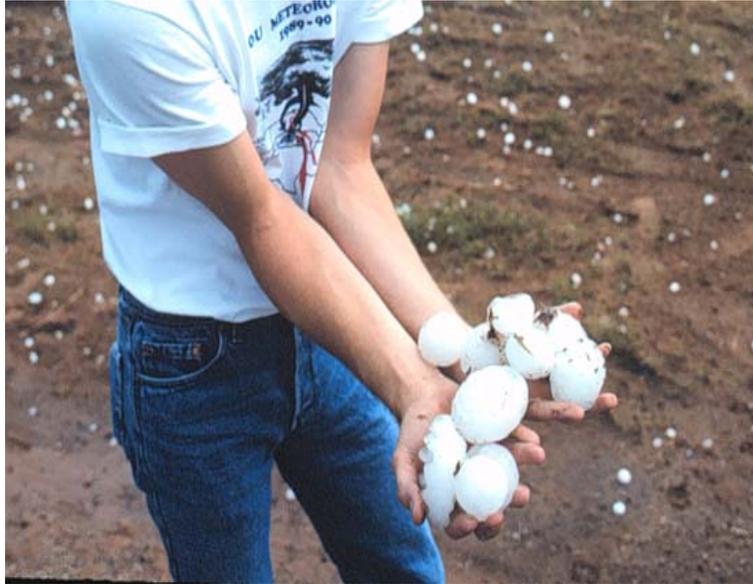


Nieve -  
tipo de  
precipitación es la  
cual se forma por la  
cristales de hielo en  
copos. Tienen  
hexagonal igual  
cristales de hielo ya  
No hay dos copos  
iguales, pues su  
depende de las  
concentraciones de  
agua y temperatura.  
puede consistir de  
columnas, agujitas  
temperaturas frías,  
concentraciones de  
agua son bajas, los  
nieve son muy  
pero si las  
temperaturas  
se acercan al punto  
congelación, los  
nieve se  
y al chocar unos  
crecen hasta  
4 pulgadas. Su  
depende en parte  
disponibilidad del  
agua durante el  
crecimiento de los

Balitas de Hielo  
o Sleet") - Las  
hielo son gotas de  
congeladas  
transparentes y su  
de 5 mm o menos.  
desarrollan en su  
la misma forma  
congelada con la  
de que la capa

superior de aire frío es más profunda y las gotas de lluvia se congelan antes de caer a la superficie. Tanto la lluvia congelada como las balitas de nieve se pueden distinguir porque las balitas al caer rebotan, pero la lluvia no. Cuando las balitas de hielo o la lluvia congelada se acumulan pueden causar condiciones peligrosas para caminar y para conducir.

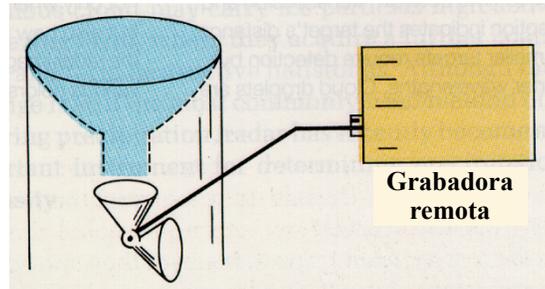
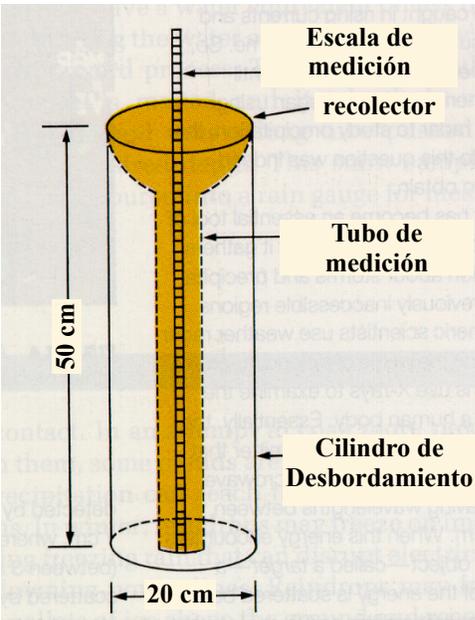
#### 6. Granizo -



El granizo son pedazos de hielo redondos, que se caracterizan también por las capas de hielo acomodadas concéntricamente parecido a la estructura interna de una cebolla. Se desarrollan en las tronadas intensas cuando las corrientes de viento fuerte dentro de la nube transportan los cristales de hielo hacia arriba entre los niveles medios y altos de una nube cumulonimbus. En este viaje de subir y bajar, los cristales de hielo crecen en pequeñas bolitas al añadirse gotas de agua bien frías y se hacen tan pesadas como las corrientes de viento puedan aguantarlos. Es cuando las bolitas de nieve descienden de la nube y salen fuera de la base que entran en contacto con aire más caliente. Aunque las bolitas comienzan a derretirse, las de mayor tamaño sobreviven y llegan al suelo como granizo. La mayoría del granizo es de 1 cm de diámetro, pero las tronadas más violentas pueden producirlos tan grandes como una pelota de golf o una toronja.

#### ***Medición de la Precipitación***

Para medir la precipitación se utiliza un instrumento conocidos como el pluviómetro ( o “rain gauge” en inglés). Hay varios tipos de ellos, unos más específicos que otros, pero todos tienen un mismo uso: medir la cantidad de lluvia que ha caído sobre una región en particular.



Entre éstos podemos mencionar: el pluviómetro estándar usado por el Servicio Nacional de Meteorología (SNM), que consiste de un embudo que recoge la lluvia el cual está colocado sobre un cilindro que mide la lluvia caída. El embudo y el cilindro magnifican la escala del instrumento midiendo la cantidad de lluvia caída en incrementos de 0.01 pulgadas. Si la cantidad fuese menor que 0.005 pulgadas la lectura a realizarse se anota como trazas. Cuando cae nieve se toman en consideración la cantidad de nieve caída en un periodo de 24 horas, la cantidad de nieve derretida (la que se mide haciendo uso solo del cilindro del pluviómetro) y la profundidad de nieve caída al suelo en cada observación. Si han caído 10 pulgadas de nieve, esto equivale aproximadamente a 1 pulgada de lluvia.

El monitoreo de la cantidad de lluvia caída durante un evento es bien importante especialmente en lugares susceptibles a inundaciones. Un pluviómetro conocido como medidor de lluvia por el peso de un cubo (o “weighing-bucket rain gauge” en inglés), registra continuamente en una cinta de papel el peso del agua acumulada en un cubo según ésta cae.

Otro tipo de pluviómetro es el medidor de lluvia de cubos al extremo (o “tipping-bucket rain gauge” en inglés). Este es más preciso que el del peso del cubo, pero no funciona bien en condiciones del tiempo bien frías. El instrumento cuenta con dos pequeños envases que se balancean libremente como un sube y baja, donde cada uno puede recolectar hasta 0.01 pulgadas de lluvia. Alternando uno con el otro, cada envase se llena de agua y vacía su contenido, pero cada vez que se llena y se vacía, envía un impulso eléctrico que se registra en una computadora o en una cinta magnética.

Medir la lluvia en las zonas montañosas de Puerto Rico es una tarea muy importante, pues de esta forma se determina el potencial de inundaciones en una región. En Puerto Rico hay una red muy amplia de pluviómetros automáticos que proveen al Servicio Nacional de Meteorología

datos de lluvia en tiempo real. Estos pluviómetros están estratégicamente colocados en las cuencas de los ríos y quebradas que presentan mayor riesgo a la población y comunidades que residen en las zonas inundables. Más de 160,000 familias viven en zonas inundables en Puerto Rico, y más de 100 personas mueren anualmente por las inundaciones.