

## LA CALINA Y EL VIENTO SALANTE

Dr. Guillermo Zuloaga  
Mes de Septiembre



Dr. Guillermo Zuloaga

Muy estimados colegas:

Me ha parecido de interés el dar cuenta a Uds. del resultado que he obtenido en ciertos experimentos y observaciones de índole meteorológica. La meteorología es una ciencia en la cual mis conocimientos son de aficionado. Sin embargo, ya que hasta ahora yo soy el único en el país que se ha interesado en estudiar el fenómeno, que considero apasionante, de la calina, quizás esta presentación estimule a alguno de Uds. a asociarse en dicha investigación.

Primero voy a hablar de la calina y después del hecho sorprendente que he descubierto recientemente de que el agua de las primeras lluvias caídas después del verano, cuando hay calina en el aire, disuelve las sales de esta y en consecuencia cae cargada de sales marinas.

La causa primordial de todo el proceso de la formación de la calina, de las sales marinas en la atmósfera y de la lluvia salada es el Viento Alisio.

El Alisio sopla casi todo el año sobre Venezuela viniendo del noreste, del Mar Caribe. Su importancia para nuestro clima es fundamental. A él debemos nuestro clima moderado. Si no soplara el Alisio tendríamos una temperatura y humedad como la que tiene el Africa Ecuatorial, que está a la misma latitud que nosotros.

Nuestro Alisio es un viento característicamente constante, fresco y relativamente seco. Su nombre viene del griego *als*, que significa sal o mar, o más

directamente de *aliso* que significa salar. Es pues el Viento Salante, nombre particularmente adecuado, pues como verán más adelante es sobre esa característica salante de nuestro viento que les voy a hablar.

Mi interés en estudiar la calina se originó en una discusión que tuve con unos amigos del Aeroclub con quienes volaba sobre el llano, en 1961. La visibilidad ese día era malísima y uno de ellos comentó que había mucho humo. Yo dije que no era solamente humo lo que había sino calina, y que yo creía que esta era una niebla que venía del mar. Mis amigos, tan testarudos como yo, insistieron en que no había tal cosa y que lo que veíamos era sólo el humo de las quemas. Yo, naturalmente, mantuve mi opinión. Dije que uno hasta podía ver formarse la calina cuando estaba a orillas del mar, y que si volaba a lo largo de la costa se podía ver que venía del norte, con el viento, y por lo tanto no podía ser humo. Me desafiaron a que lo probara.

Así, pues, decidí estudiar la calina. Esta es como Uds. saben, una especie de niebla que durante el verano cubre a toda Venezuela y disminuye considerablemente la visibilidad, sobre todo desde arriba. Tradicionalmente la gente del interior ha llamado a dicha niebla la calina, y como su presencia en la atmósfera coincide generalmente con la época de las quemas la creencia general es que se debe al humo.

La palabra calina es del viejo español y de origen andaluz. Viejos diccionarios la definen así: "calina: un aire espeso, caluroso, a modo de niebla, que se levanta en tiempo de mucho calor y enciende el aire".

Difícilmente se puede mejorar tan adecuada definición: cuando hay mucha calina uno tiene la sensación de que es espesa. Es "a modo de niebla" y no una niebla propiamente dicha ya que este término implica humedad y la niebla y las nubes se forman cuando el vapor de agua del aire se condensa en gotitas y se hace visible lo que ocurre cuando se sobrepasa el punto de saturación. La calina, por el contrario, es más intensa cuando la humedad relativa es más baja, entre un 30% y un 60%.

Quizás la calina es un término que amerita ser incluido en el léxico oficial de la meteorología pues no es propiamente ni niebla ni nube. Las nubes tienen formas características y son de una duración relativamente corta: o se condensan en lluvia o se disipan. En cambio una de las características más notables de la calina es su uniformidad y constancia. Cuando hay calina esta cubre todo, por miles de kilómetros cuadrados y por meses de tiempo. Las nubes son totalmente independientes de la calina y vice-versa. Uno ve nubes dentro, cortando la superficie superior o sobre la capa de calina.

A la calina no se le ve límite horizontal, en cambio en altura siempre termina abruptamente a unos 3.000 metros. Su superficie superior cuando uno la ve desde un avión es tan plana que hace horizonte.

La Calina tiene un tinte azulado característico cuando se ve contra las montañas. Vista desde arriba tiene un ligero color marronusco.

Si uno está en la playa, cerca de donde rompen las olas y ve a lo largo de la costa, sobre todo en contraluz uno la ve formarse y subir con el viento hacia las montañas. Cuando vemos el mar desde la autopista frecuentemente el horizonte se ve borroso debido a la calina.

Y por último, una observación que si han hecho todos Uds.: cuando estacionamos el automóvil cerca del mar el parabrisa se nos cubre en pocos minutos de "salitre". Este salitre, que como veremos más adelante fue una de las cosas que más me ayudó en mi estudio, es la calina recién emanada del mar y que se va con el viento. Cuando el Alisio sopla fuerte y constante la calina sube con él hacia nuestras montañas de la costa, penetra por sus valles al interior del país. Cubre el llano, llega hasta Guayana y los Andes y cubre el Lago de Maracaibo y penetra a Colombia.

Desafiado pues a averiguar lo que era la calina decidí hacer observaciones sistemáticas hasta encontrar una explicación del fenómeno. Naturalmente empecé por buscar en la literatura científica pero no encontré nada relacionado con mi problema.

Era evidente que tendría que hacer un estudio microscópico pues la calina debía estar constituida de partículas pequeñísimas flotando en el aire y que tendría que captar en láminas de microscopio para poderlas ver. Así pues desempolvé mi viejo microscopio polarizante y le adapté una cámara fotográfica. Mi observación de que la calina venía del mar me hacía creer que debía contener cristallitos de sal. Se me ocurrió entonces utilizar un sistema que a la larga ha resultado tan sencillo, directo y novedoso que cualquiera lo puede utilizar y del que aparentemente yo he sido el inventor. Lo hago utilizando láminas de microscopio a las que he untado una pequeña cantidad de Bálsamo del Canadá u otra substancia igualmente transparente y pegajosa. Al exponer dichas láminas al viento por unos minutos, ya sea a pie, o desde el automóvil o el avión, las partículas que están en suspensión en el aire se pegan al Bálsamo y luego al cubrir éste con una laminilla las partículas quedan preservadas definitivamente y se pueden estudiar pausadamente al microscopio.

La idea de captar las partículas usando Bálsamo del Canadá era natural para un geólogo ya que es la forma en que usualmente estudiamos los

minerales. Viendo la forma de los cristales, su color y otras propiedades ópticas tales como el índice de refracción, su acción sobre la luz polarizada, etc., se determina cual es el mineral. En el caso del cloruro de sodio la determinación es particularmente fácil y categórica porque sus cristales son normalmente pequeños cubos, y hay poquísimas otras especies minerales que cristalicen así.

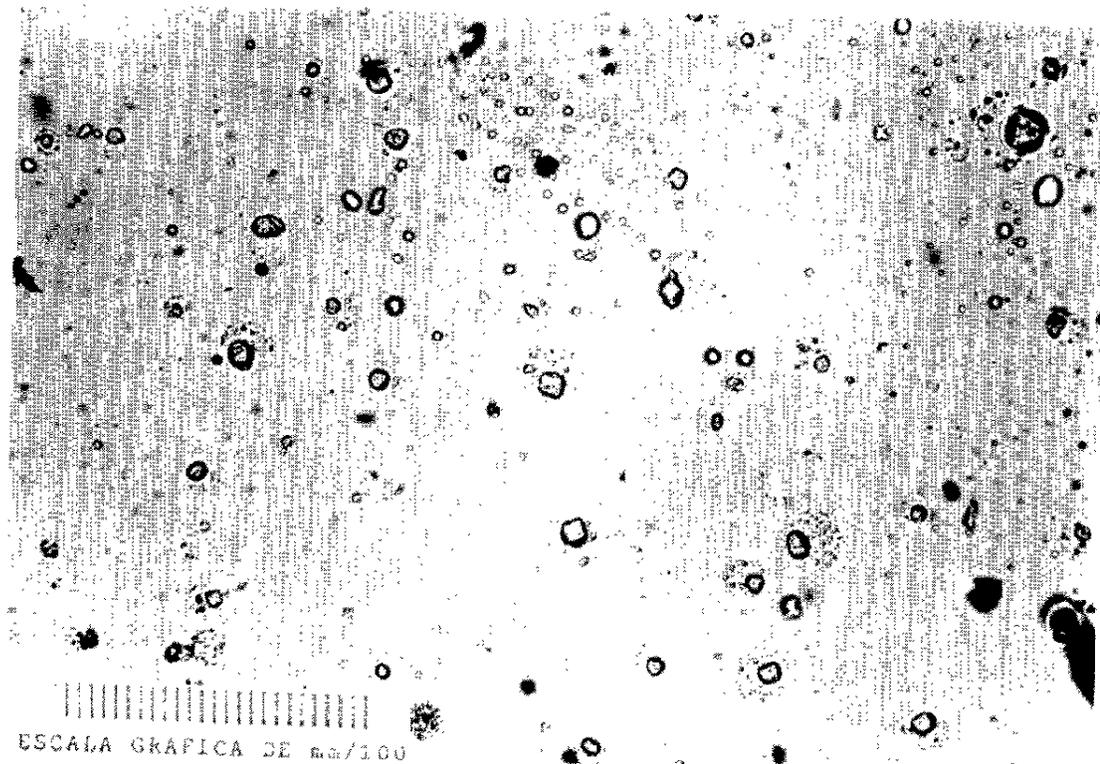
Por éste método encontré que el salitre o calina que se pegaba a mis láminas cuando las exponía al viento a orilla del mar, está constituido de goticas de agua de mar ya *en proceso de cristalización*, de cristalitas de cloruro de sodio y de unas goticas muy pequeñas, de una asombrosa uniformidad de tamaño que yo he llamado microgotas. Estas microgotas es evidente que estan constituidas de las soluciones concentradas que quedan en el agua de mar cuando ya se ha cristalizado el cloruro de sodio por evaporación, puesto que éste se ve ya cristalizado. El exceso de agua dulce se ha evaporado y no se ve.

Así pues, las microgotas deben contener en forma concentrada el cloruro de magnesio y el de potasio y otras sales tan fuertemente higroscópicas que no cristalizarían sino a altas temperaturas. Allí deben estar también las sales de yodo y bromo y los otros componentes menores del agua de mar.

Para ilustrar esta primordial etapa de como se forma la calina les muestro aquí una fotografía microscópica de lámina que preparé en abril de este año exponiéndola por la ventana del automóvil en el recorrido entre La Guaira y Macuto.

Antes de dejar el tema de la calina quiero insistir sobre un punto: la presencia en la atmósfera de los cristales de sal y de las microgotas no parece aumentar la humedad relativa. No sólo no afecta al higrómetro de cabello, tampoco al psicrómetro. Sin embargo, en los días muy calinos uno tiene la sensación de que hay mucha humedad, de que el aire esta 'espesso'; pero al medir la humedad relativa se encuentra que es más bien baja, por debajo de 50%. La explicación de esta aparente paradoja es que las sales que están en las microgotas, como dije anteriormente, son tan higroscópicas que retienen su humedad tenazmente y hasta quizás influyen en desecar el aire ambiente.

Ahora por fin llego a la segunda parte de este estudio o sea el contenido de sales marinas que he encontrado en el agua de las primeras lluvias caídas después del largo verano.



**Fotomicrografía de las partículas de la calina captadas en una lámina expuesta desde el automóvil en el recorrido entre La Guaira y Macuto. Se distinguen claramente los cristales de cloruro y de sodio y las microgotas.**

En marzo y abril de este año hubo mucha calina en todo el país. En la región de Caracas se mezcló además con el humo de las quemas.

Durante el mediodía del 14 de abril el aire estaba agobiante. La Temperatura en mi casa subió a 32°, casi un record para la fecha. La humedad relativa era de 50%. Yendo hacia el centro de Caracas me cayeron dos o tres goticas de agua en el parabrisa y noté que se secaron rápidamente dejando una pequeña mancha blanca, lo que despertó mi curiosidad.

Volví rápidamente a casa y monté una lámina de microscopio en un soporte y volví al carro y a la autopista con el objeto de captar unas gotas y ver que contenían. Inutilmente; pasé dos horas yendo y viniendo sin que cayera otra sola gota. De nuevo tuve la impresión que la presencia de mucha calina en el aire tiene cierta influencia retardante en la caída de la lluvia.

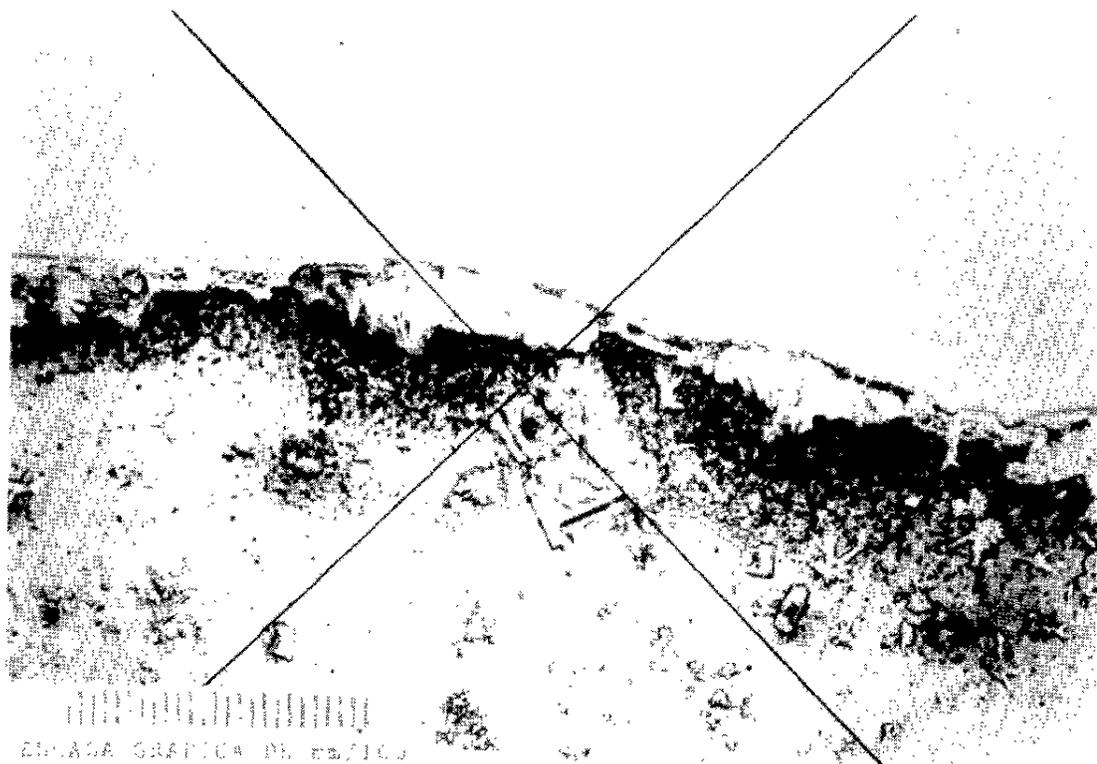
Cavilando sobre el problema decidí recoger las primeras gotas de lluvia cuando cayeran. Lavé cuidadosamente mis cubetas de revelar fotografías y las puse a cielo abierto. Preparé unas tantas láminas de microscopio y me puse a esperar.

Por fin, el 19 de abril en la tarde cayó la primera lluvia. No fue abundante, pero recogí como un cuarto de litro de agua y múltiples gotas en las láminas. (Además, por suerte ese mismo día mi señora estaba de visita casa de unas amigas en Caraballeda, y como sabían mi interés, me recogieron un poco en unas ceniceras y me llenaron un frasquito).

Una vez que se habían secado las gotas en las láminas de vidrio las examiné con gran curiosidad al microscopio. Además de algunas cenizas encontré cristales de sal abundantes. Además había otros cristales que me dió cierto trabajo determinar y que finalmente por sus propiedades ópticas resultó que eran cristales de yeso (sulfato de calcio hidratado).

Continuando con el experimento, filtré el líquido que había recogido para quitarle las cenizas y lo evaporé a la mitad de su volumen. Después repetí muchas veces la cristalización de esta primera agua de lluvia encontrando siempre cristales relativamente abundantes de sal marina, unos un poco más pequeños pero también abundantes de yeso; cristalitos pequeños y dentritas también de cloruro de sodio, y un residuo difícil de determinar, quizás calcáreo.

Aquí muestro fotomicrografías de láminas típicas donde se ve la cristalización del agua de lluvia.



**Cristalización de una gota de la primera lluvia después del verano 19 de abril de 1966. En el borde de la gota hay cristales de cloruro de sodio y de yeso. Luego una franja oscura de material calcareo entre la que se ve un gran cristal de cloruro de sodio. Los cristales estrellados son de yeso.**

Igual composición, sin diferencia apreciable encontré cristalizando la muestra tomada en Caraballeda.

La presencia del yeso me sorprendió pues no lo había notado en la calina. Razonando que la calina viene del mar, decidí estudiar la cristalización de unas gotas de agua de mar en la misma forma que lo había hecho con el agua de lluvia. Así pues baje a la playa y tomé una muestra.

Ver al microscopio el proceso de cristalización de una gota de agua de mar es un verdadero espectáculo. En estas fotos les muestro algunas etapas del proceso:

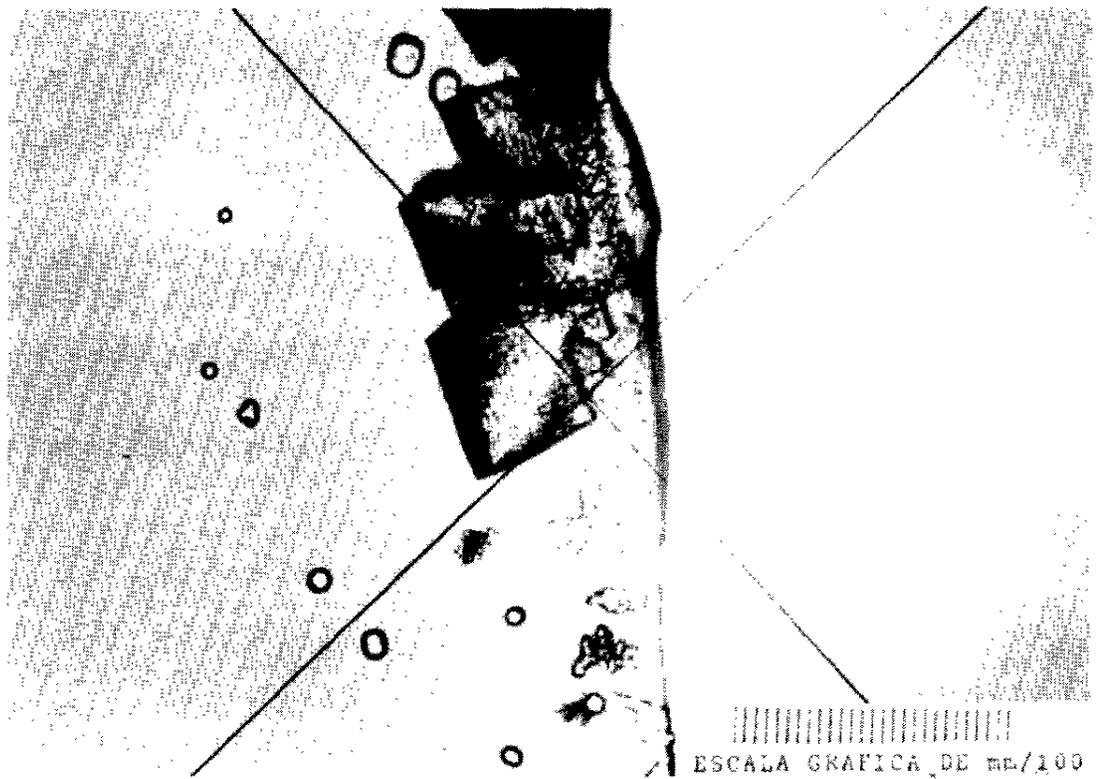
La cristalización se efectúa, naturalmente, no en el orden de abundancia de las sales en el agua sino en el orden decreciente de su solubilidad.

Tuve que refrescar mis conocimientos sobre la composición química del agua de mar: tiene un 3,6% de sales. De ellas el 78% es NaCl. (A la temperatura media del Caribe, unos 28°C un litro de agua podría disolver hasta 360 gramos y sólo contiene 27).

Cuando el volumen de agua de mar se reduce más o menos en un 50% se precipitan en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y el  $\text{CaCO}_3$ ; pero estas sales suman cantidades tan pequeñas que para nuestro asunto no intervienen. Cuando las 4/5 partes del agua se ha evaporado comienza a cristalizar el yeso, el cual constituye el 2½% del total de sales; y cuando el volumen se ha reducido a 1/10 parte comienza a cristalizar el cloruro de sodio. Naturalmente que hay una superposición en estas etapas. En el mar, por supuesto, las sales están en solución y en consecuencia disociadas en iones los que se acoplan al cristalizar.

Volviendo al agua de lluvia: por intermedio de la Creole obtuve un análisis espectroscópico de las dos muestras que tenía. El resultado fue una larga lista de elementos presentes dando + para el Ca, Mg, Zn, Si, B, Fe, Al, etc. Por dicho sistema no podían determinar por falta de equipo adecuado el sodio y el potasio. Sin embargo, me dosificaron el sodio cuantitativamente en la muestra de Caracas y dió 17 partes por millón, cifra a la que si le sumamos el cloro indicaría una dilución de unas mil veces comparada con el agua de mar. Yo hubiera creído por el aspecto de mis láminas que la concentración era mayor. El analista me explicó que la dosificación del sodio no es fácil.

En los días siguientes y a medida que la estación lluviosa se intensificaba, seguí captando gotas de lluvia en mis láminas y encontré progresivamen-

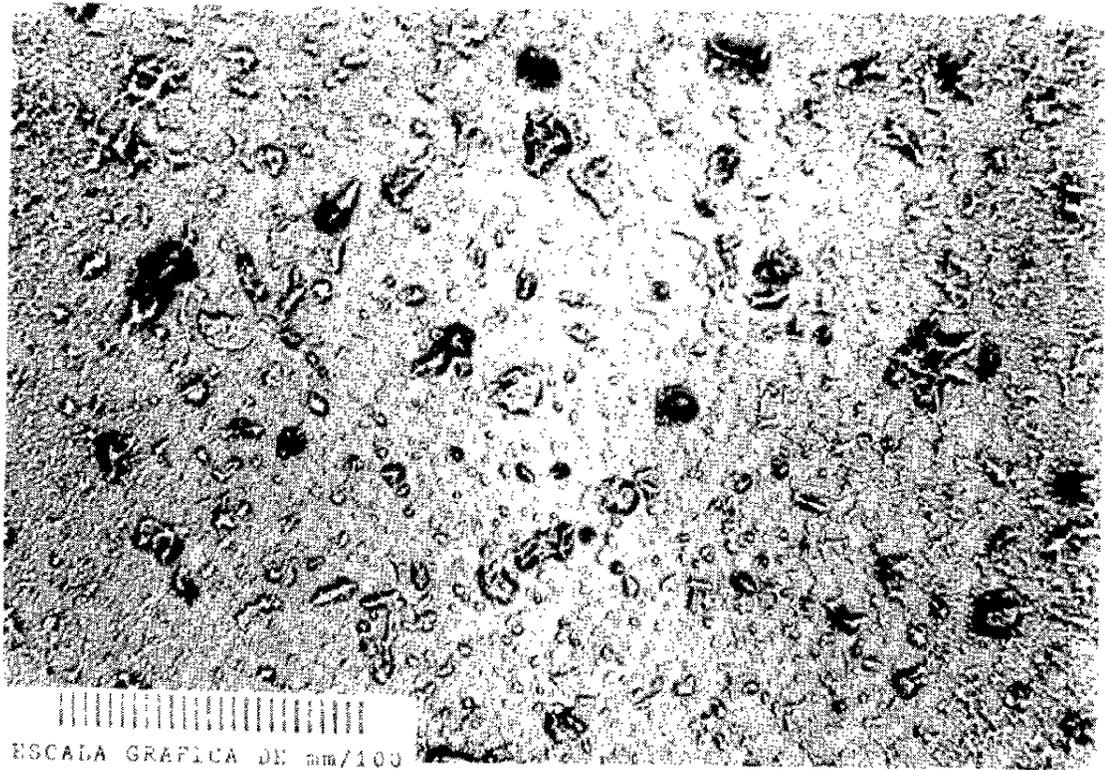


**Comienzo de la cristalización de una gota de agua de mar. Ya se han formado grandes cristales de cloruro de sodio y debajo de ellos cristales estrellados de yeso.**

de más diluídas, las mismas sales. La calina no se disipó completamente con las primeras lluvias. Por el contrario, cuando dejaba de llover por unos días comenzaba de nueva ya que hacía mucho viento. Finalmente llovió muy fuerte y la disipó.

Como un último experimento de esta serie, y antes de que comenzara a llover fuertemente, recogí unas gotas de rocío en la yerba del jardín, un día a las 7 a.m. Me sorprendió la alta concentración de sales que encontré y sobretudo que eran fuertemente delicuescentes. Tuve que calentar por largo tiempo las láminas para lograr apenas una cristalización parcial. Diría que hay una mayor proporción de cloruro de magnesio respecto al cloruro de sodio que la que hay en las gotas de lluvia.

Aquí les muestro una lámina de sales de rocío.



**Cristalización parcial de una gota de rocío después de calentar por 2 horas.**

Ahora bien, recapitulando todo esto tenemos:

1º.—La calina proviene del mar. Se forma cuando el fuerte oleaje tanto mar afuera como contra la playa produce millones de burbujas que se rompen en el aire, dando origen a un gran volumen de salpique o aspersión, cuyas gotitas al entrar en contacto con el Viento Alisio se evaporan rápidamente formando un aerosol que se dispersa en el aire. Este aerosol, que es la calina, está constituido de cristallitos de cloruro de sodio y de microgotas de soluciones concentradas de las sales higroscópicas que quedan en el agua de mar una vez separado el cloruro de sodio y el yeso. Probablemente en el proceso de la formación de la calina intervienen otros factores, tales como la electricidad estática.

2º.—Las primeras lluvias que caen después del verano, cuando hay calina, disuelven las partículas de ésta y en consecuencia contienen en sus aguas cloruro de sodio, yeso y otras sales de origen marino.

3º.—No toda la calina desaparece con la primera lluvia, a menos que ésta sea muy copiosa; de manera que el fenómeno de la presencia de sales en la lluvia puede durar varios días.

4º.—Cuando el aire está cargado de calina, el rocío matutino contiene sales que se han condensado con el agua y que aparentemente también son de origen marino.

Los anteriores pues, son los hechos observables. Pero ¿Qué significará todo esto? ¿Qué efectos tendrá este fenómeno sobre la vegetación? ¿Sobre los suelos? ¿Sobre los Seres humanos?. Ciertamente no lo sé.

La concentración de sales en las primeras lluvias parece ser unas mil veces menor que la del agua de mar. Uno está tentado a creer que el efecto sobre la vegetación podría ser adverso; pero por el contrario, en las zonas bien drenadas podría ser más bien favorable. Quizás más grave sería la ausencia total de dichas sales.

La yerba se seca tan rápidamente al comienzo del verano que uno se pregunta si es sólo debido a la falta de lluvia. Quizás el rocío salado tiene algo que ver con ello. En cambio las primeras lluvias hacen reverdecer la yerba en pocas horas.

Dos comentarios interesantes me han sido hechos por botánicos amigos con quienes he hablado sobre esto. Uno me dijo que quizás, por fin hemos

encontrado como es que las plantas epífitas logran alimentarse y crecer. Otro me dijo, por eso debe ser que los campesinos dicen: "un buen aguacero después del verano es mejor que cien regadas".

¿Habrá alguna conexión entre la calina y el grave problema que se ha presentado en los Valles de Aragua y en la zona regada por el Dique del Guárico, regiones en que los suelos se están poniendo salados?. La explicación clásica de este fenómeno es que en las zonas artificialmente regadas la sal sube por capilaridad de la mesa de agua. Quizás esa no sea la única explicación.

El alto porcentaje de sales del Lago de Valencia podría tener algo que hacer con la calina.

Y ¿a los seres humanos?. No hay duda de que cuando yo captaba las partículas de la calina en mis láminas de microscopio, ya sea a lo largo de la costa, o en la Autopista del Este, o en el avión; yo respiraba cantidades mil veces mayores que las que se adherían al bálsamo. Posiblemente uno está acostumbrado y no se da cuenta. Recordemos que la composición salina de la sangre humana es notablemente semejante a la del agua de mar. Fuera de la sensación de pesadez de la atmósfera en los días muy calinosos, la única reacción que he oído es la de ciertas personas que dicen que les irrita los ojos.

Un médico amigo mío insinuó la posibilidad de que en aquellas zonas andinas donde los habitantes sufren de bocio es quizás porque allí no les llega la calina con sus sales yodadas.

¿Será posible que la adición de un litro de agua de mar a mil litros de agua ordinaria nos de un fertilizante barato?.

En relación con esta remota pero intrigante posibilidad he encontrado en los últimos días una referencia que hace Eduardo Rohl en su Climatología de Venezuela sobre estudios hechos en 1889 por nuestro notable químico Vicente Marciano en asociación con un químico alemán, de que las aguas pluviales recogidas en Caracas "contienen ácido nítrico en una proporción 13 veces mayor de este azoado abono que en los países septentrionales, o sean

unas 2,23 parte por millón". Lamentablemente no he podido encontrar en las bibliotecas de Caracas el artículo original.

Si además pues, de mis sales marinas, nuestra lluvia ha logrado absorber nitrógeno del aire, quizás la posibilidad de que el agua de las primeras lluvias tenga un valor fertilizante no es tan remota.

Ojalá que el próximo verano nuestro Viento Salante traiga bastante calma para continuar mis observaciones. Y en cuanto a la primera lluvia que caiga el año que viene, entonces estaré preparado para recoger mucho litros de ella para hacer experimentos.

Quizás para entonces algunos de Uds. se hayan interesado en todo esto y procedan a hacer observaciones que se sumen a las que yo apenas he iniciado.