

férico con un papel almidonado empapado de yoduro de potasio. El ozono descompone el yoduro, y el yodo libre forma con el almidón un hermoso color azul, cuyo tono es tanto más obscuro cuanto mayor la cantidad de ozono atmosférico.

El químico francés Houzeau, que ha estudiado asiduamente estas cuestiones, ha reemplazado el papel ozonométrico de que acabamos de hablar con un papel de tornasol encarnado, la mitad del cual estaba empapado en una solución neutra y diluida de yoduro de potasio. Al poner el ozono en libertad, el yodo de esta parte produce su coloración azul, mientras que la otra mitad continúa encarnada, si no ha experimentado la acción de otros compuestos que existen accidentalmente en el aire, como el ácido nítrico, el cloro, etc. El papel Schoenbein no presenta esta garantía de compulsión.

Para las observaciones meteorológicas se usan, además de los papeles ozonométricos, métodos especiales de dosificación; por ejemplo, A. Levy se sirve, en los experimentos que hace en el observatorio de Montsouris, del método que consiste en hacer pasar un volumen conocido de aire al través de una disolución normal de arseniato de potasa mezclado con yoduro de potasio puro. El ozono transforma el arseniato en arsenito, y mediante un licor normal de yodo se valúa en peso la cantidad de arsenito transformado y por consiguiente la del ozono que ha servido para la transformación. Véanse algunos de los resultados obtenidos por estos diferentes métodos:

Böckel en Estrasburgo y Houzeau en Rouén están acordes en fijar un máximo ozonométrico en los meses de mayo y junio; la cantidad de ozono disminuye marcadamente en verano, mucho en otoño, y reaparece á fines de invierno, haciéndose sobre todo perceptible en el mes de marzo. Berigny, que ha estado muchos años haciendo en Versalles observaciones ozonométricas continuas, ha encontrado también un máximo en mayo (1855) con un mínimo en noviembre; pero los nueve años siguientes le han dado un máximo en marzo y el mínimo en noviembre. En Montsouris (1877-1883) la influencia de las estaciones ha parecido poco sensible, habiendo sido los meses de febrero y marzo los que han dado un máximo ozonométrico (1,3) y en diciembre un mínimo (0,6).

Según Böckel, el aire contiene más ozono al amanecer, de octubre á junio, sucediendo lo contrario de junio á septiembre. El doctor Berigny ha observado en 1864 un predominio de la mañana sobre la tarde todo el año. La cantidad de ozono, en una misma estación, parece depender de la dirección de los vientos reinantes, siendo los más favorables para la producción del ozono los vientos de entre Norte y Sudeste por el Oeste. Las observaciones de A. Levy, de Montsouris, le dieron un resultado casi semejante. "Cuando los vientos soplan del Noroeste al Estesudeste pasando por el Norte, la proporción de ozono es escasa; en la región Sur, por el contrario, los vientos nos llegan cargados de ozono, y en particular los comprendidos entre el Sur y el Oeste (1)". En concepto de M. Peligot, despréndese de todas las observaciones ozonométricas hechas hasta aquí (1866) "que la producción del ozono es un fenómeno atmosférico más bien que un fenómeno resultante de las acciones que se producen en el seno ó en la superficie de la Tierra.". No es de parecer de que las máximas observadas en primavera ó en verano sean el resultado del desarrollo de la vegetación en estas épocas del año, y cree más probable que el aire deba á los vientos procedentes del mar este exceso de

(1) *Anuario del Observatorio de Montsouris para 1884*. Según las observaciones hechas en Rouén, en 1877, por L. Gully, debe de haber una relación entre la ozonización del aire y los movimientos giratorios de la atmósfera, siendo el fenómeno más marcado en la parte Norte del torbellino (para nuestro hemisferio); lo cual explica también el predominio del ozono en primavera y en verano.

ozono. "Por efecto de las borrascas, de las tempestades, de los huracanes, de la evaporación y del transporte del agua y de las acciones eléctricas que van unidas á estos fenómenos en el seno de los mares, el ozono se desarrolla, y este cuerpo nos llega con los vientos que soplan en nuestras costas."

Por lo que respecta á la influencia del ozono atmosférico en la salud, la cuestión continúa aún bastante controvertida. El doctor Cook, médico de Bombay, hizo en 1863 y 1864 un trabajo en que demuestra "que existe una conexión evidente entre la carencia ó la disminución del ozono en el aire y el recrudecimiento del cólera, sucediendo lo propio con la disentería y con las calenturas intermitentes. Cuando el ozono existe en el aire en proporción relativamente grande, estas enfermedades desaparecen; cuando disminuye, causa nuevas víctimas."

Según P. Thenard, es ya tiempo de decir la verdad al público sobre las fábulas difundidas acerca del ozono.

"Lejos de ser benigno, dice, es uno de los venenos más enérgicos de cuantos puede haber en nuestros laboratorios. No entraré en detalles sobre su modo de acción fisiológica; únicamente diré que bajo la influencia del ozono, y en dosis sumamente reducidas, M. A. Thenard ha reconocido que los glóbulos de la sangre se contraen rápidamente y hasta cambian de forma y que el pulso disminuye hasta que el de un conejillo de las Indias, que da en estado normal 148 pulsaciones,

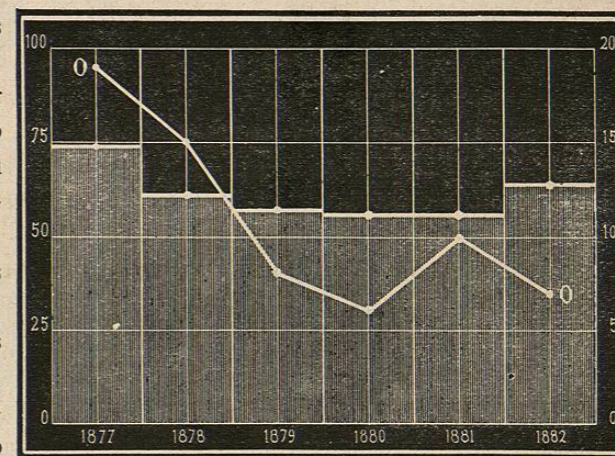


Fig. 22.—Proporción del ozono de la atmósfera con los vientos reinantes

queda reducido á 30 al cabo de una permanencia de un cuarto de hora, repetida una vez por hora durante cinco consecutivas.", Dicho físico terminaba emitiendo algunas dudas sobre las indicaciones dadas por los papeles ozonométricos, y por consiguiente sobre la existencia misma del ozono en el aire, dudas hoy disipadas desde que la dosificación se hace por el método de los líquidos dosificados á su vez de antemano.

Terminemos lo que teníamos que decir acerca del ozono, con el extracto siguiente de una nota de Marié-Davy, en la cual insiste este sabio en la utilidad de las observaciones ozonoscópicas, bajo el punto de vista de la Meteorología, único que nos interesa considerar aquí:

"Las observaciones simultáneas hechas en las escuelas normales primarias de Francia han demostrado que, siempre que el centro de un movimiento giratorio pasa por el Norte del lugar de la observación, los papeles se coloran más ó menos, y que por el contrario continúan casi sin alteración cuando el centro pasa por el Sur, cualquiera que sea la fuerza del viento. Cuando llega una borrasca de alta mar, las brújulas comienzan á agitarse muchos días antes de la llegada del temporal. Los papeles ozonoscópicos dan sus indicaciones algo más tarde; pero en Francia, por lo menos, valen tanto como las del barómetro. Por esto se comprende que, á pesar de la imperfección de los

procedimientos de observación, se hagan observaciones ozonoscópicas en casi todos los observatorios.,,

El ilustrado director del Observatorio de Montsourís ha adoptado desde 1876 en este establecimiento la observación de los papeles ozonoscópicos y la dosificación en peso del ozono, por el arsenito de potasa, al que antes hemos hecho referencia.

VI

LOS POLVILLOS INORGÁNICOS DE LA ATMÓSFERA

El aire no contiene solamente las varias sustancias gaseosas que acabamos de enumerar, y cuya presencia se puede descubrir tan sólo mediante un análisis delicado. También hay en ella una multitud de corpúsculos sumamente tenues, que flotan y revolotean sin cesar á toda altura, mantenidos en suspensión gracias á la extraordinaria pequeñez de su masa y transportados por los vientos á distancias enormes. Estos polvillos, á los que se ha dado también el nombre de *inmundicias de la atmósfera*, son de naturaleza y origen sumamente varios, como se verá, y como lo han demostrado las investigaciones ya antiguas de Brandes, de Berzelius, de Liebig y sobre todo de Ehrenberg, y las más recientes de Pierre, Boussingault, Barral, Tyndall, Pasteur, Maddox y M queil.

Muchos de estos corpúsculos son en tal manera diminutos que para descubrirlos se necesita apelar á los microscopios de mayor aumento; los más grandes son los únicos visibles á la simple vista, en circunstancias que todos conocemos y en condiciones de fácil realización. Exáminese lo que pasa en un haz luminoso que se hace penetrar por una rendija en el interior de una cámara oscura, y llamará la atención la prodigiosa cantidad de átomos luminosos que chispean como otras tantas estrellitas en el fondo obscuro del aire; los más pequeños casi inmóviles si el aire está tranquilo, los mayores cayendo lentamente, y todos poniéndose en movimiento en todos sentidos á la menor agitación, á la menor corriente de aire que se suscita en el medio en que se los observa. Mucho tiempo ha transcurrido sin que estos corpúsculos llamaran la atención de los sabios; pero desde que se los estudia se comprende que tienen muchísima mayor importancia de lo que se podía sospechar; desde el punto de vista puramente científico considerados, han suministrado datos que interesan á la meteorología, á la geología, á la astronomía y á la biología; desde el punto de vista práctico, la higiene y la agricultura sacarán sin duda de ellos enseñanzas de gran utilidad.

Los polvillos de la atmósfera presentan numerosas variedades por lo que á su origen atañe; pero se los puede dividir en dos clases principales: los que proceden del suelo mismo ó de las aguas, y que son por consiguiente de origen terrestre, y los extraños á nuestro globo y de origen cósmico. En cuanto á su naturaleza, pueden clasificarse de dos modos: en polvillos de naturaleza universal ó inorgánica, y en polvillos orgánicos, que en su mayoría son gérmenes vivientes, esporos, bacterias y microbios. Claro está que en el aire que nos rodea deben flotar partículas de todos los objetos que se hallan en nuestras habitaciones y que pertenecen á los tres reinos, y los vientos se las llevan también á grandes distancias de los sitios habitados. El ilustrado F. Pouchet, que ha hecho el análisis microscópico del aire recogido en todas las regiones del globo, ha encontrado siempre en él harina de trigo.

“Esta base de nuestra alimentación, usada en todas partes, dice, está asimismo di-

seminada por el aire en todas partes. Con auxilio de este fluido penetra en los lugares más recónditos de nuestras viviendas y de nuestros monumentos. La he descubierto en los sitios más inaccesibles y apartados de nuestras vetustas iglesias góticas, mezclada con el polvo ennegrecido por seis ú ocho siglos de antigüedad: la he encontrado en los palacios y en los hipogeos de la Tebaida, en donde quizás databa de la época de los Faraones. En nuestras ciudades es uno de los más abundantes corpúsculos del aire; al atravesarle, la nieve que cae y el insecto que revolotea lo recogen en gran cantidad. He contado hasta cuarenta y cinco granos de harina en las alas de una mosca.,,

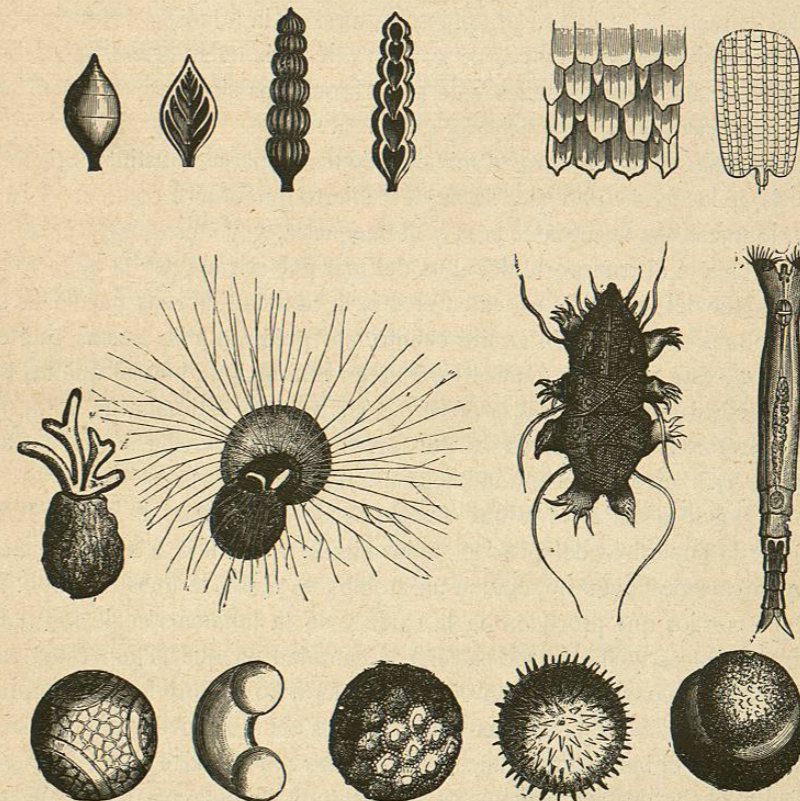


Fig. 23.—Corpúsculos en suspensión en la atmósfera

En ciertas épocas y en ciertas regiones continentales ó marítimas se observan copiosas lluvias de arena seca y fina, de polvillos rojizos sumamente tenues; á veces acontece que estos polvillos de color están mezclados con el agua meteórica, con la lluvia, la nieve, el granizo, lo cual ha dado lugar, en tiempos de credulidad y superstición, á la leyenda de las lluvias de sangre. Más adelante nos ocuparemos con algunos detalles de estos fenómenos singulares, de los que tratamos aquí únicamente para explicar la presencia en la atmósfera de los corpúsculos que en ella se encuentran. Hoy se sabe que éstos proceden, ya de los desiertos del interior de Africa, de donde los barren los huracanes ó los torbellinos atmosféricos, ó ya del barro seco de las orillas del Amazonas y del Orinoco. Además, algunos de estos polvillos los constituyen millones de infusorios, como lo ha mostrado Ehrenberg, y son por consiguiente de origen orgánico.

Tampoco son ajenas las erupciones volcánicas ó la diseminación de partículas sólidas.

das. Los volcanes en actividad despiden con frecuencia á gran altura, además de los gases y vapores cuya fuerza elástica es la causante de la erupción, cenizas reducidas á polvo impalpable, que las corrientes de aire de las altas regiones arrastran en seguida á enormes distancias del foco que las ha producido. Estas partículas de materia, infinitesimales por decirlo así, permanecen largo tiempo en suspensión en la atmósfera, en la cual dan lugar, según se sospecha, á ciertos fenómenos hasta aquí no explicados, tales como las nieblas secas observadas en ciertas épocas, ó los arreboles crepusculares que hemos visto este año por espacio de meses enteros. Durante las formidables erupciones que han trastornado la isla de Java y las orillas del estrecho de la Sonda han sido lanzados polvillo ó cenizas á prodigiosas alturas en la atmósfera. Reflejando estas partículas la luz del Sol, mucho antes de su orto y después de su ocaso, han debido ser causa de las iluminaciones anormales y de las coloraciones singulares que se han observado en gran parte de la superficie del globo.

Otras partículas sólidas, de origen mineral, tienen al parecer distinto origen. Merced al análisis de las aguas pluviales se ha descubierto que el aire contiene cloruros de sodio (1) y de magnesio, sulfatos de sosa y de magnesia, y yoduros, cuya presencia se explica atribuyéndola al transporte del agua del mar pulverizada por la agitación de las olas y los embates del viento. Si así es en efecto, la cantidad de esas partículas salinas debe ser tanto más abundante en el aire cuanto más próximo á las costas esté el sitio en que se recoge este aire para analizarlo, ó mejor aún el agua pluvial que las ha precipitado. Y en efecto, así lo prueba la observación. Brandes estimaba en 26 gramos el peso de las materias salinas acarreadas por metro de agua pluvial; según los análisis practicados por Is. Pierre, esta cantidad llega á 24,5 gramos (2).

Todos los polvillo del aire de que acabamos de hablar son de origen terrestre: arrebatados de la superficie del suelo ó de las aguas, vuelven á ella por efecto de la gravedad, y al caer de nuevo no añaden un átomo á la masa de nuestro globo. No sucede lo propio con los que proceden de la caída y de la inflamación de los bólidos y de las estrellas fugaces, y si es difícil calcular la cantidad en que llegan estos cuerpos extraños á la Tierra cuando penetran en la atmósfera, no es posible poner en duda el hecho de la introducción de partículas más ó menos tenues procedentes de su deflagración. Navegando el barco americano *Josiah-Bates* por la parte del Océano Indico que se extiende al Sur de Java, cayó en su cubierta una lluvia de partículas sólidas muy finas de color negruzco. En aquel momento no se notaba ningún fenómeno que pudiera explicar tan repentina irrupción de polvillo. El capitán del buque, M. Callam, recogió algunos fragmentos, que se remitieron á Ehrenberg por mediación de Maury. El análisis microscópico hizo ver en las partículas recogidas formas singulares, análogas á las de gotitas ó ampollas que estando líquidas se hubieran solidificado bruscamente. Sometidas al análisis químico, dieron hierro y óxido de hierro, lo que hizo suponer que te-

(1) En el tomo I de EL MUNDO FÍSICO hemos visto que el análisis espectroscópico revela también la presencia del cloruro de sodio en el aire. "Los observadores, dijimos, han de tomar toda clase de precauciones para que esta reacción no se manifieste al punto mediante la presencia de la raya amarilla (D del sodio) en el espectro; bastando sacudir el polvo de un libro cerea del instrumento para que en el acto aparezca dicha raya."

(2) Partiendo de aquí, este físico ha calculado que una hectárea de tierra de las cercanías de Caén recibe anualmente lo menos 147 kilogramos de materias sólidas en disolución en las aguas pluviales, y de ellos 37,5 de sal marina. Barral no ha encontrado en París, á igualdad de superficie, más que 10,6 kilos de dicha sal. La diferencia entre las distancias de Caén y París al mar basta para explicar la de las cantidades de sal.

nían un origen cósmico y que procedían de la explosión ó más bien de la inflamación de un bólido en las alturas de la atmósfera, hipótesis corroborada posteriormente por las investigaciones de muchos sabios, entre ellos M. Nordenskiöld, que ha descubierto la presencia de un polvillo ferruginoso abundante en la nieve de los glaciares polares, y MM. Gastón y Alberto Tissandier, que han encontrado en la nieve de los Alpes, ó en los polvillo recogidos en varios sitios y á diferentes alturas, los mismos corpúsculos esféricos ó globulares del *Josiah-Bates*. Después de reconocer G. Tissandier que estos glóbulos (el mayor de los cuales apenas tenía $\frac{1}{50}$ de milímetro de diámetro) se componen de óxido de hierro magnético, se expresa en estos términos acerca de su origen:

"Para explicar su presencia en la atmósfera, he recurrido al fenómeno de los meteoritos y de las estrellas fugaces; supongo que al romperse en fragmentos estas masas metálicas, despiden en torno suyo partículas incandescentes de hierro metálico, cuyos más diminutos residuos, arrastrados por las corrientes atmosféricas, caen en la superficie entera del globo en forma de óxido de hierro magnético, más ó menos totalmente fundido. El rastro luminoso de las estrellas fugaces debe tener por causa la combustión de esas innumerables partículas, que tienen el aspecto de las chispas que brotan de una tenue lámina de hierro que arde en el oxígeno."

M. Nordenskiöld recogió cuidadosamente en 1871 las partes superficiales de una abundante capa de nieve caída en Estocolmo, y encontró en ella gran cantidad de polvo negro como el hollín, el cual consistía en una substancia orgánica rica en carbón. Aquel polvo, enteramente igual al recogido en 1869 cerca de Upsal cuando la caída de un meteorito, contenía también partículas de hierro metálico que el imán atraía. Igual resultado dió la nieve recogida en marzo de 1872 por el hermano de M. Nordenskiöld en una parte desierta del interior de Finlandia, y luego por éste, en agosto y septiembre del mismo año, al Norte del Spitzberg, en los campos de hielo de las regiones árticas. Además de la presencia del hierro, el sabio sueco descubrió la de níquel y cobalto, así como la de fósforo.

El teniente Nordqvist, individuo de la expedición del *Vega*, recogió en un témpano de la costa de Taimur un polvillo que formaba sobre la nieve manchitas amarillas, y que el doctor Nordenskiöld tomó al pronto por *mucus* de diatomeas; pero el examen microscópico efectuado por el doctor Kjelmann dió á conocer la naturaleza cristalina de aquellas partículas, que tenían á lo sumo un milímetro de diámetro y que al poco tiempo quedaron reducidas á un polvillo amorfo é insípido. Era carbonato de cal, pero no presentaba la forma romboédrica del espato calizo ni las propiedades de la aragonita.

"¿Estos cristales, dice el sabio sueco, fueron en su origen una especie de carbonato de cal hidratado, formado por cristalización del agua del mar por efecto de un gran frío y que perdió en seguida su agua de cristalización al experimentar una temperatura de $+10^{\circ}$ á $+12^{\circ}$? Pero en este caso, no se les habría encontrado en la capa superficial de nieve, sino más profundamente en el hielo. ¿Habrían caído de los espacios interplanetarios á la superficie de nuestro globo, formando antes de su descomposición alguna amalgama de materia, tan diferente de las formas mineralógicas terrestres como ciertas combinaciones químicas ha poco tiempo descubiertas en los meteoritos? La presencia de estos cristales en las capas de nieve superiores y su insipidez al aire libre parecen militar en favor de esta hipótesis."

Sin dejar de reconocer "la diferencia que debe mediar siempre entre una convicción personal y una convicción científica, considero, sin embargo, probada por todas estas observaciones la existencia de un polvo cósmico que cae imperceptible y conti-