

## CONTAMINANTES ATMOSFERICOS Y AGRICULTURA

El término *contaminación atmosférica* evoca corrientemente la imagen de una ciudad congestionada por el humo, cuyos habitantes corren a ciegas con ojos enrojecidos y desorbitados respirando fatigosamente. Esto se acerca a la verdad con frecuencia, con demasiada frecuencia, pero existe otro aspecto de la contaminación atmosférica, en otro sentido, que posiblemente sea más serio bajo el punto de vista de la supervivencia humana. Nos referimos a la acción de la contaminación sobre las plantas, tanto por el daño directo visible, como por la reducción *invisible* del rendimiento que frecuentemente resulta.

Frutos hortícolas, naranjales, viñedos, campos de tabaco, jardines domésticos, plantas de adorno, bosques, pastos, forrajes, trigo, maíz, algodón y otros muchos cultivos son susceptibles. Se pierden valiosas producciones de alimentos, fibras y madera.

### Extensión de los daños

Es casi imposible estimar estas pérdidas, tales como las debidas a insectos y enfermedades, con precisión, pero todos los investigadores están de acuerdo en que son de gran importancia económica. En algunos casos aislados, cuando ha sido posible apreciar daños físicos y destrucciones visibles, se han podido evaluar los daños producidos. Por ejemplo: pérdidas agrícolas en el área de Los Angeles, California, por valor de seis a diez millones de dólares sin contar jardines y plantas de adorno. En Canadá y nordeste de los Estados Unidos se arruinaron millones de libras de tabaco por la acción de los contaminantes. De mayor importancia, pero más difíciles de cifrar, son las reducciones en la fotosíntesis, crecimiento de las plantas y rendimiento debidos al deterioro de las hojas. Puede pensarse que esto reduce la producción total o la calidad de las cosechas hasta niveles de pérdida del orden de varios millones de dólares.

Si el suelo resulta contaminado con sustancias tales como plomo o arsénico, la productividad disminuye y hay peligro de que sobrevengan efectos tóxicos de las cosechas sobre el hombre y los animales. El escape de los coches es, muchas veces, un manantial de productos plúmbeos.

El problema no es nuevo, pero su importancia sobre la producción de alimentos aumenta en el mismo momento en que la atención mundial se concentra sobre la necesidad de incrementar la producción agrícola capaz de alimentar a una población rápidamente creciente. Hacia 1870 científicos alemanes e

---

#### Nota del editor:

El presente artículo está basado principalmente en la Nota Técnica núm. 96 de la OMM, *Air Pollutants, Meteorology and Plant injury* (Contaminantes atmosféricos, meteorología y plagas del campo), recientemente publicado (véase pág. 159). Dicha Nota es el dictamen de un grupo de trabajo de la Comisión de Meteorología agrícola. Los expertos que componían el grupo representaban un amplio espectro de disciplinas científicas y la Nota no será solamente útil en agricultura, sino también para todos los aspectos de la meteorología de la contaminación atmosférica.

ingleses llamaron la atención sobre los daños que el humo produce en los bosques germanos y en la vegetación londinense. En 1903 se publicó el «Handbook on air pollution» (Manual de contaminación atmosférica) de Haselhoff y Landau, pero hacía ya varias décadas que se venían efectuando experiencias y observaciones en este campo.

### Origen de las contaminantes

Grandes cantidades de impurezas de muy variada especie, son diseminadas en la atmósfera. Algunas son de origen natural pero la mayor parte de ellas



Medida de la radiación sobre un emplazamiento experimental en una plantación de tabaco

son artificiales. Su concentración varía según el lugar, la época del año, la proximidad de sus manantiales y las condiciones meteorológicas.

Entre los contaminantes naturales tenemos el polvo del desierto, las cenizas de incendios forestales, partículas de sal, polvo meteórico, polen y polvo volcánico. Gases naturales, principalmente de origen volcánico, incluyendo anhídrido sulfuroso, gas clorhídrico, fluorhídrico y sulfhídrico. Las descargas eléctricas producen pequeñas cantidades de peróxido de nitrógeno y de ozono. El ozono existente en niveles superiores desciende también, a veces, con ocasión de ciertas perturbaciones atmosféricas. Normalmente sólo algunos pocos de estos contaminantes naturales se encuentran en concentración suficiente para ser perjudiciales.

La mayor parte del daño proviene de los productos de la civilización. Probablemente los manantiales más activos de contaminantes artificiales sean la combustión de hidrocarburos para satisfacer las exigencias de energía de la industria y el transporte y para otras necesidades de calor y fuerza. Estos contaminantes comprenden hidrocarburos, peróxido de nitrógeno, aldehidos, fluoruros, gas sulfuroso, ácidos orgánicos, amoníaco y alquitrán. Las cantidades son enormes, estimándose en millones de toneladas por año, sólo en los Estados Unidos. Otros contaminantes industriales son el resultado del escape

de productos de desecho que ocurre en ciertas manufacturas y procesos químicos.

Los manantiales domésticos y de la pequeña industria también contribuyen sustancialmente. Algunos de ellos incluyen vehículos a motor, vertederos de basura, detergentes, fluidos de lavado en seco e incineradores. Aún la misma agricultura contribuye con el uso de pulverizaciones y espolvoreos de insecticidas y herbicidas contra las enfermedades de las plantas.

## Smog

Se ha dedicado mucho trabajo al estudio de los efectos producidos sobre las plantas por determinados contaminantes. El grado de perjuicio depende frecuentemente de otros factores que afectan a la fisiología de la planta, como son la luz, nutrición, humedad y temperatura. Sin embargo, últimamente se ha prestado mayor atención a los contaminantes mixtos.

La palabra *smog* es la más frecuentemente empleada para referirse a una tal atmósfera contaminada. Al principio se aplicó este término a una mezcla de humo y niebla, refiriéndose a la contaminación atmosférica del tipo *London*. Después se aplicó también a la contaminación del tipo *Los Angeles*, aunque en este caso la niebla no fuese una condición necesaria. El primer tipo (humo más niebla), en términos químicos, es una atmósfera reductora, mientras que el segundo («smog» fotoquímico) es oxidante. El último es de primordial interés en lo que se refiere al daño para los vegetales y sus perjudiciales efectos han sido atestiguados desde numerosas regiones del mundo.

El *smog* fotoquímico es una mezcla, de composición variable, de gases, vapores y aerosoles muy irritantes. La formación de tal «smog» está íntimamente ligada a ciertas condiciones meteorológicas favorables, entre las que se encuentran la persistencia de masas de aire estable, con inversiones a bajo nivel, vientos débiles y suficiente insolación. Bajo condiciones adecuadas, las masas de aire pueden transportar el «smog» o los materiales para su producción hasta una buena distancia (uno o dos centenares de km) desde el manantial de los contaminantes. Desde este punto de vista la contaminación atmosférica ya no es un problema puramente local, sino de rango internacional.

Los contaminantes que intervienen en la formación del «smog» fotoquímico proceden de algunos de los manantiales citados. En muchos lugares el origen principal se encuentra en el escape libre de los automóviles; según estimaciones de las cantidades emitidas en una gran capital se aproxima a las 1.000 toneladas diarias, sólo por esta vía.

## Medida de la contaminación del aire

Cuando se trata de medir la contaminación atmosférica se tropieza con ciertas dificultades. No han sido normalizados ni la terminología, ni los procedimientos, ni las unidades y métodos de medida y de análisis. Se dispone de muy pocas estadísticas de la contaminación «natural» o «normal» dignas de confianza que puedan servir de término de comparación. Están en uso varias técnicas de toma de muestras y de métodos de análisis, y los resultados no están presentados de modo uniforme. La comparación de resultados y el uso de datos procedentes de fuentes es casi imposible. Actualmente se trabaja



en varios organismos nacionales e internacionales para corregir este estado de cosas y se están consiguiendo algunos progresos.

La representatividad de los resultados depende en gran parte del lugar y de la altura donde se obtienen las muestras, de la duración del período de muestreo y del tamaño de las muestras. En los estudios agronómicos es esencial la continuidad del muestreo. Se sabe que la concentración de ciertos contaminantes, tales como los oxidantes, varía a lo largo del día con subidas bruscas intermitentes y puede ocurrir que no alcancen concentración suficiente para ser detectados por un muestreo de corto período sino esporádicamente. En las áreas de cultivos en crecimiento es aconsejable disponer de dos niveles de toma de muestras. Una de las muestras podría obtenerse cerca de la superficie superior del follaje vegetal y la otra más arriba, para poner en evidencia el gradiente existente por encima del cultivo. Habría que registrar simultáneamente los datos meteorológicos y biológicos, ya que los efectos sobre la vegetación pueden sufrir la influencia de otros factores aparte de la concentración de contaminantes.

Las condiciones meteorológicas se relacionan directamente con la difusión y dilución de los contaminantes, con su separación de la atmósfera y su precipitación y también con ciertas reacciones químicas y fotoquímicas de las sustancias arrastradas por la atmósfera. En la elección de sitio para una central nuclear hay que prestar mucha atención al clima local y general. Hay que calcular cuidadosamente la dirección y velocidad probables de las sustancias radiactivas en caso de accidente, bajo distintas condiciones meteorológicas posibles. Las mismas precauciones deben tomarse cuando se trata de fijar el sitio de cualquier operación industrial o de otro género, capaz de arrojar sustancias perjudiciales para plantas, animales o personas. Es necesario conocer la dirección y velocidad de los vientos dominantes y la frecuencia de las velocidades y direcciones desfavorables. También hay que prestar atención a la naturaleza y cantidad de la precipitación y a la insolación relativa. Debe ser objeto de un especial estudio la frecuencia de inversiones, o sea, aquellas condiciones meteorológicas bajo las cuales los contaminantes locales se acumulan bajo un *todo* sin experimentar la dilución normal. Es éste un gran objetivo al cual pueden contribuir los Servicios Meteorológicos aplicando los actuales conocimientos y experiencia, para prevenir futuros problemas de contaminación atmosférica y colaborar en la solución de los planteados.

### **Previsión de la contaminación atmosférica**

Cuando llegamos a la cuestión de la previsión de la contaminación es necesario distinguir cuidadosamente entre la previsión de las condiciones meteorológicas favorables al fenómeno y la previsión de la contaminación misma. El primero es un problema exclusivamente meteorológico para cuya solución se dispone ya de mucho trabajo útil. Como ya se ha insinuado en el párrafo anterior es posible llevar a cabo una previsión estadística, basada en datos climatológicos, de la frecuencia y aún de la persistencia de períodos potencialmente peligrosos que pueden esperarse. Además, como se hace, por ejemplo, en los Estados Unidos, es posible la publicación diaria de la predicción de una abundante contaminación potencial. Hoy por hoy esta predicción no puede extenderse a la concentración de contaminantes ya que se desconoce la importancia de la emisión en las áreas peligrosas. Sin embargo, si se conociera cuándo y dónde es elevada la contaminación potencial (meteorológicamente

hablando), sería posible reducir la emisión de contaminantes durante los períodos peligrosos y evitar un posible desastre.

Desde un punto de vista agronómico tales pronósticos llevan consigo una promesa adicional, aún cuando las medidas de reducción de la emisión de contaminantes no sean efectivas. Existen algunos tipos de daño (por ejemplo, el mosaico del tabaco), que llevan consigo un cierto grado de protección con la posibilidad de adelantar la recolección (antes de que sobrevenga el daño) en caso de un aviso anticipado. Solamente el ahorro en uno o dos casos por año, justificaría ya ampliamente tales predicciones. Existen otras posibilidades de protección tales como recubriendo las plantas, por medio de pulverizaciones, etc., que convendría examinar más ampliamente. Los precedentes ya establecidos para la protección de las cosechas contra insectos, enfermedades y heladas (implicando siempre previsiones meteorológicas) garantizan el éxito para una protección similar contra el peligro de la contaminación atmosférica.

M. L. B.

## **RADIACION, INCLUYENDO LAS TECNICAS DE SATELITES**

**SIMPOSIO DE BERGEN, AGOSTO 1968**

Desde el 22 al 28 de agosto de 1968 se celebró en Bergen (Noruega), un simposio sobre radiación, incluyendo la mención de los métodos de medida de la misma desde los satélites; el simposio fue organizado conjuntamente por la UIGG y la OMM (véase *Boletín de la OMM*, Vol. XVIII, N.º 1, página 64). Se anunciaron unos 144 trabajos, pero solamente pudieron leerse en público 84, algunos en sesiones simultáneas, de modo que ningún participante pudo asistir a todas las conferencias. Por lo tanto, este informe no abarca todos los trabajos del simposio, sino solamente aquéllos que el redactor ha considerado más importantes.

Aún dentro de un campo tan restringido como el de la investigación en radiación atmosférica, existen especializaciones como la de instrumentación, la de transmisión de la radiación, la espectroscopía y las relaciones con la climatología y la dinámica. Once trabajos de introducción dieron a los especialistas en otras materias la oportunidad de informarse sobre los diversos temas estudiados.

### **Instrumentos de los satélites**

Con su bien conocido dominio del tema, Suomi (EE. UU.) hizo una exposición de los procedimientos empleados con los satélites, dando una vívida descripción de las numerosas campañas de medidas ya realizadas o en estudio. Demostró también de qué manera los experimentos son estimulados por las teorías dinámicas y por las exigencias de la sociedad, cómo los resultados de la experimentación son devueltos a beneficio de la sociedad y que los nuevos experimentos respaldan la teoría.