

ASPECTOS METEOROLOGICOS DE LA PRECIPITACION RADIATIVA

*Sergio Bravo Flores**

INTRODUCCION

Los escapes nucleares de las centrales atómicas dan origen a impactos ambientales y ecológicos por los daños que producen en la zona donde se generan y áreas contiguas, como asimismo en la Tierra, por el transporte de los residuos radiactivos derivados de las corrientes de aire de superficie y altura. Las explosiones nucleares provocadas por el hombre datan desde la Segunda Guerra Mundial, en los Hemisferios Norte y Sur, y han contaminado en mayor o menor grado las capas atmosféricas.

Accidentes históricos y de conocimiento mundial se han producido en los Estados Unidos de América (Three Mile Island); Inglaterra (Windscale, 1957) y actualmente el más grave de la historia nuclear, en la Unión Soviética —Chernobyl (Ucrania)— el 26 de abril de 1986.

La central atómica de Chernobyl inició sus actividades en septiembre de 1977. Su potencia estimada es de tres millones de kilovatios. Cuenta con cuatro sectores —reactor a agua en ebullición al grafito de 1.000 megavatios cada uno— produciendo antes del desastre 28.000 millones de kilovatios por hora.

Las primeras informaciones fueron en base a hechos consumados —48 horas después, lunes 28 de abril— pues no existió una alerta temprana sobre la explosión. La nube radiactiva, por la acción de los vientos de superficie predominantes del sureste, se desplazó a los países escandinavos, a 1.600 kilómetros de distancia del lugar del accidente.

CARACTERISTICAS METEOROLOGICO-CLIMATICAS DE UCRANIA

Con respecto a la posición geográfica y la situación meteorológica y climática de la región, esta tiene una distribución isobárica que conforma un centro de acción meteorológica de altas presiones, con vientos en el mismo sentido de los punteros del reloj. Hemisferio Norte.

Extrapolando los vientos troposféricos de altura, de gran incidencia en el transporte de las partículas radiactivas en la época en que se generó la explosión, estadísticamente tendríamos:

Altura (metros)	Dirección	Velocidad (Km/h)
Superficie	Sureste	10 a 15
3.000	Oeste-Noroeste	27 a 35
6.000	Oeste-Noroeste	45 a 54
9.000	Oeste	170 a 190
12.000	Oeste	170 a 190
16.000	Oeste	91 a 104

* El autor es docente de la Universidad Santiago de Chile, Departamento de Ingeniera Geográfica.

Estos vientos troposféricos vienen a conformar la "corriente en chorro" (*jet stream*) de circulación planetaria.

En los límites inferiores de la troposfera existen corrientes de aire llamadas vientos alisios, que se desplazan de los 30 grados de latitud norte hacia las zonas ecuatoriales. Vientos del noreste.

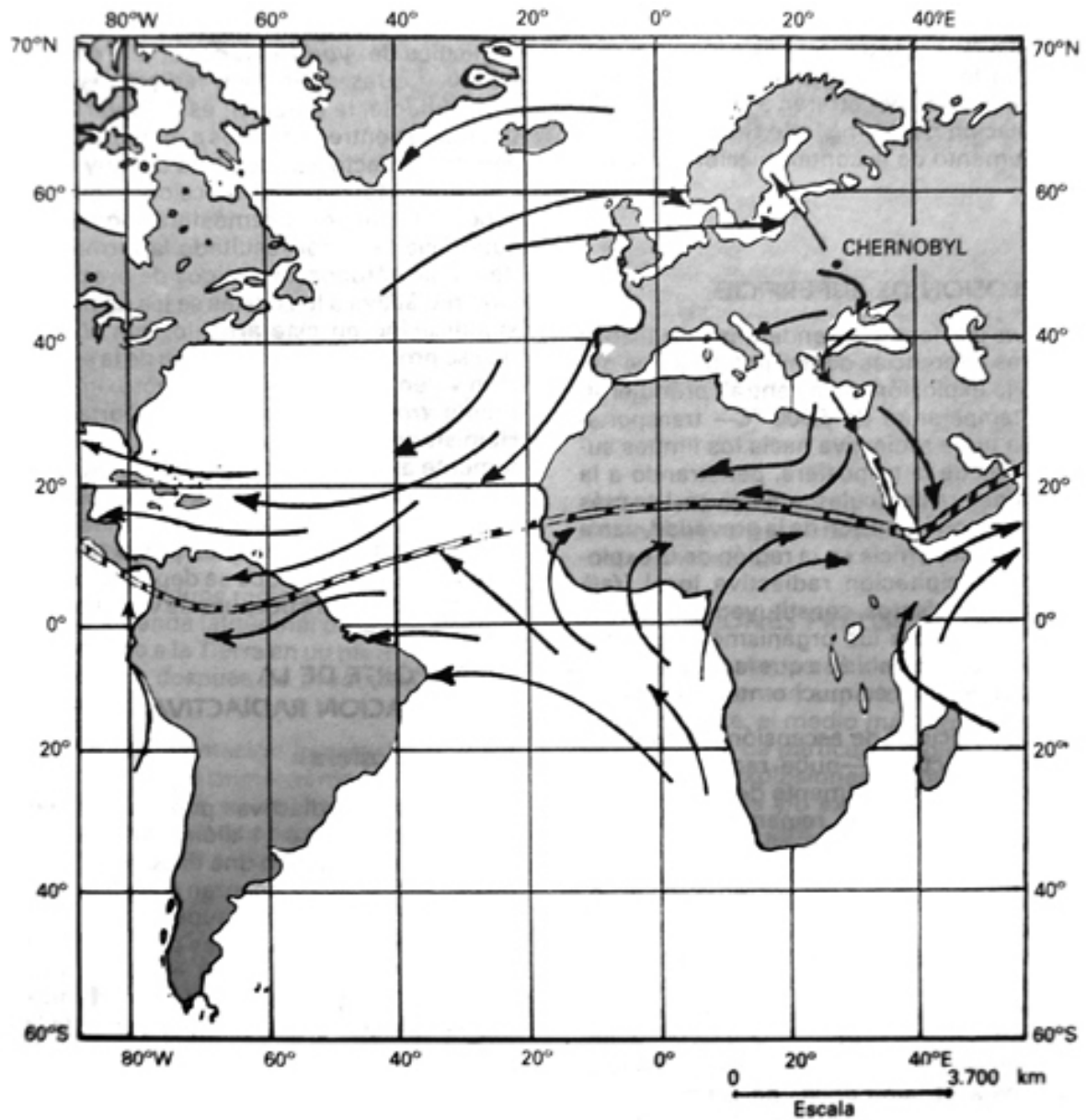


FIG. Nº 1 VIENTOS PREVALECIENTES DE SUPERFICIE. HEMISFERIOS NORTE Y SUR.

Legenda:
— Posición media del Frente Intertropical.
→ Vientos prevaletientes de superficie.

Si se analiza el gráfico se comprueba que las corrientes de aire que se desplazan por la superficie en el Hemisferio Norte siguen una orientación hacia el sureste, siendo esto el principal agente de transporte de las partículas radiactivas hacia los países escandinavos. Los vientos continúan su trayectoria hasta alcanzar las Islas Británicas y, por otra parte, una rama se desplaza hacia Italia y Africa del Norte. De acuerdo a los mecanismos complejos de circulación de la alta troposfera, se produciría un intercambio de flujos de aire entre los Hemisferios Norte y Sur, que permitiría que partículas radiactivas penetraran a los sistemas de circulación del Hemisferio Sur, generando un aumento de la contaminación atmosférica.

EXPLOSION DE SUPERFICIE

Las corrientes ascendentes —causadas por las diferencias de temperatura que generó la explosión de la central, produjeron una temperatura de 5.000 °C— transportaron la nube radiactiva hacia los límites superiores de la troposfera, penetrando a la estratósfera partículas radiactivas. Las más grandes, por la acción de la gravedad, van a caer a la superficie en la región de la explosión: precipitación radiactiva local (*fall out*). Sus efectos constituyen un peligro real para todos los organismos vivos del área afectada, debido a que la precipitación radiactiva local es mucho más intensa.

La velocidad de ascensión de las partículas radiactivas —nube radiactiva— depende fundamentalmente de las condiciones meteorológicas reinantes durante la explosión y después de ella, como así mismo de la potencia de la misma. La altura que pueden alcanzar estas partículas está directamente relacionada con la energía térmica que se desarrolla durante toda la fase de la explosión, el gradiente vertical de temperatura y la densidad del aire de la zona siniestrada. Experimentalmente podemos dar los siguientes datos de la velocidad de ascensión de las partículas.

Tiempo (min)	Velocidad ascensional (km/h)
0,4	400
0,8	300
1,2	250
3,0	150
8,5	50

La duración de la permanencia de las partículas en la estratosfera dependerá de su tamaño, de su tipo; de la altura, de las corrientes de aire, de las situaciones meteorológicas y climáticas, de la vida de las partículas del *yodo 131*, *cesio 137*, *estroncio 90*, y otras emisiones radiactivas. Por consiguiente, la duración es muy variable, fluctuando entre segundos a miles de años, siendo su efecto a largo plazo de muy desigual importancia. Las reacciones que se producen tanto en la atmósfera como en la superficie, dan por resultado la formación de "radioisótopos". Los tipos de precipitación radiactiva a los cuales se les da mayor significación en este artículo, son: *Local*, que se produce cerca de la zona de la explosión y dentro de las 24 horas, aproximadamente; *troposférica*, que es transportada al Hemisferio Norte principalmente, e indirectamente al Hemisferio Sur y tiene una duración aproximada de 3 a 5 meses; *estratosférica*, que está conformada por los residuos radiactivos inyectados por la tropósfera y tropopausa, y que se depositan en la superficie terrestre después de varios años.

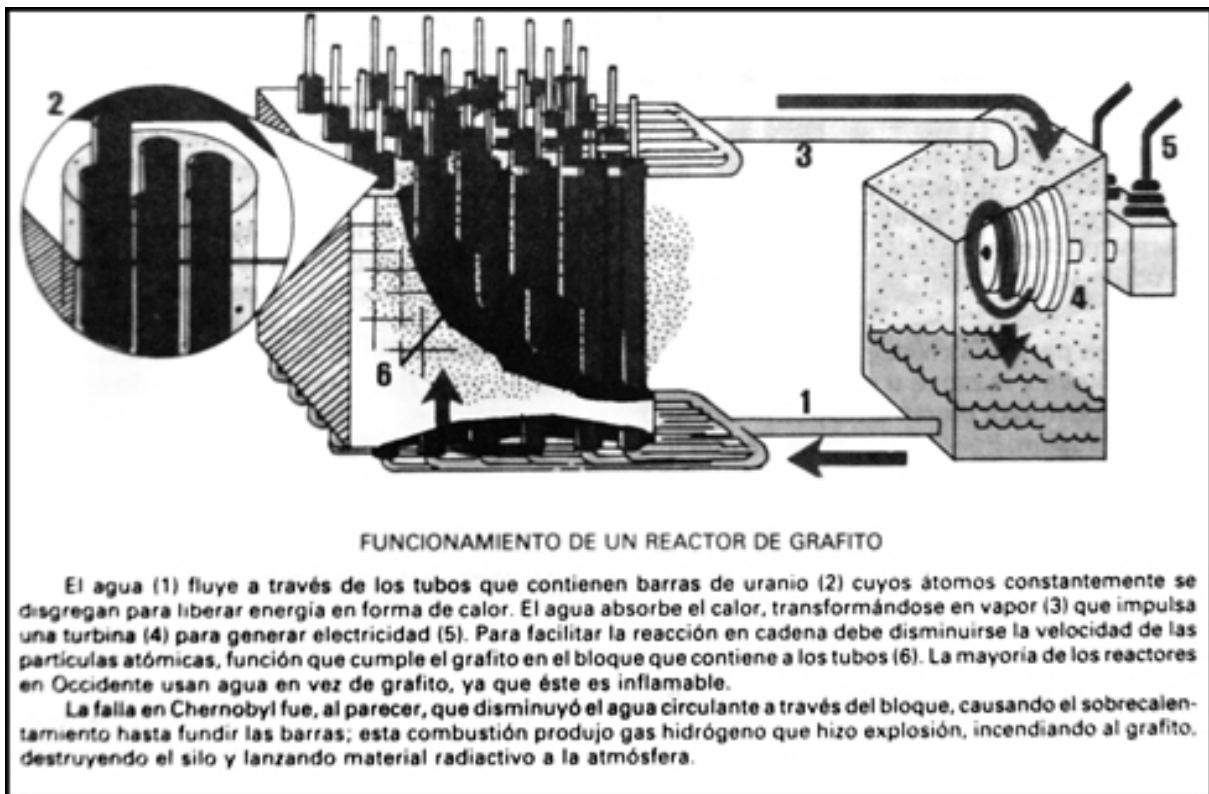
TRANSPORTE DE LA PRECIPITACION RADIATIVA

En la troposfera

Las nubes radiactivas pueden alcanzar alturas entre los 7 a 11 kilómetros. Las corrientes de aire tienen una dirección general de oeste a este y alcanzan grandes velocidades en la troposfera superior; por tanto, las partículas radiactivas pueden dar la vuelta al Hemisferio Norte en dos o tres semanas. En general, estos movimientos de las corrientes de aire dependerán de la situación sinóptica meteorológica que se viva.

En la estratosfera

Los factores que intervienen en el transporte de los residuos son: la advección (movimientos horizontales de las corrientes de aire), la difusión y la sedimentación gravitacional de partículas.



Los residuos radiactivos se distribuyen en una banda latitudinal de la estratosfera; rodeando a la Tierra en un plazo de algunas semanas, después de producida la inyección.

La sedimentación gravitacional es importante en los primeros meses de la inyección, siendo la sedimentación muy lenta, permaneciendo las partículas en la estratosfera entre 5 a 10 años.

Las tendencias generales establecen un intercambio de residuos entre los Hemisferios Norte y Sur, debido a la acción atmosférica generada por la turbulencia.

La acción semipermanente de los anticiclones y las corrientes de aire descendentes provocan un aumento de las concentraciones de partículas al nivel del suelo. La concentración de "aerosoles" en la troposfera; en las zonas en que se forman las nubes; constituye un factor determinante de la magnitud de la precipitación radiactiva sobre la superficie de la Tierra. El depósito radiactivo será mayor en las regiones más lluviosas.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

- Las corrientes de aire troposféricas a niveles inferiores y superiores constituyen, naturalmente, el medio más expedito para el transporte de partículas radiactivas producidas por explosiones nucleares de centrales atómicas y/o explosiones nucleares de superficie y aire.

- La explosión de la central atómica de Chernobyl, debido a las corrientes de aire de superficie provenientes del sureste, transportó las partículas radiactivas desde el lugar del accidente hacia los países escandinavos; por las corrientes del nornoreste, hacia los Balcanes e Italia; por los vientos alisios, hacia el norte de Africa, océano Atlántico y costas orientales de los Estados Unidos; por la posición media del Frente Intertropical, posiblemente por las complejas interacciones de las corrientes de aire entre los Hemisferios Norte y Sur, hacia este último Hemisferio.

- La altura de la nube producida por la explosión de la central nuclear habría levantado partículas hasta un nivel de 20 a 26 kilómetros.
- Las corrientes de aire de los niveles superiores de la troposfera, por su mayor velocidad, transportarán las partículas a lugares más lejanos del lugar de donde se produjo la explosión.
- Las partículas radiactivas contaminarán la lluvia y la nieve u otra precipitación, siendo de mayor efecto en el punto cercano a la explosión. Por consiguiente, la precipitación radiactiva es una fuente de peligrosa contaminación.
- Las medidas más urgentes que hay que considerar ante una explosión o accidente nuclear son *información meteorológica completa*; centros de acción meteorológica; vientos predominantes de superficie y de altura, antes, durante después de la explosión; turbulencias y otros parámetros, como: temperaturas, humedad ambiental, evaporación, presión. Elaboración de un *pronóstico del área*, que podrá ser empleado para evacuar a la población y tomar medidas de acuerdo a la situación que se viva. Recuento inmediato de la contaminación en el sector afectado, mediante el empleo de unidades móviles de monitores, y finalmente, análisis de laboratorio de muestras contaminadas.

BIBLIOGRAFIA

- BRAVO FLORES SERGIO: Informe relacionado con posibles efectos de las explosiones nucleares en el Pacífico Sur, 1964 (apartado: "Informaciones Meteorológicas").
- AIR MINISTRY, METEOROLOGICAL OFFICE: Handbook of Aviation Meteorology, United Kingdom, 1960. pp. 340-341.