

INFLUENCIA DEL CAMPO ELECTRICO ATMOSFERICO SOBRE LOS SERES VIVOS

INTRODUCCION

Es de todo el mundo conocida la gran influencia que tienen los fenómenos meteorológicos sobre la vida de los animales y de las plantas. El desarrollo de estos estudios constituyen ramas de la Meteorología, como la agrícola, médica, fenológica, etc.

En el presente artículo nos proponemos divulgar algunos estudios efectuados por *Fred Viès* y otros investigadores, en relación con la influencia que sobre los seres vivos tiene la electricidad atmosférica.

Las propiedades eléctricas de la atmósfera se manifiestan por la existencia de un campo eléctrico, por una cierta conductividad, y por las corrientes eléctricas que se producen en el seno de la atmósfera como consecuencia de aquellos.

La existencia del campo eléctrico ha sido demostrada estudiando su estructura por medidas electrostáticas. La conductividad se manifiesta en la descarga de los cuerpos electrizados colocados en soportes aislantes en el seno de la atmósfera. La ionización de los gases, y el estudio de las propiedades de los iones, han permitido una interpretación de la conductividad del aire y del origen de las cargas eléctricas existentes en la atmósfera. La existencia en la atmósfera y en tierra de sustancias radioactivas, que emiten radiaciones ionizantes, son la causa de la ionización de la atmósfera.

EL CAMPO ELÉCTRICO TERRESTRE

La Tierra está rodeada de un campo eléctrico. Se comporta aquélla como un gran conductor, constituyendo una superficie de nivel de este campo. Las restantes superficies de nivel, son aproximadamente paralelas a la superficie de la Tierra. Estas superficies de nivel se deforman por los accidentes del relieve terrestre (colinas, casas, árboles, etc.), aproximándose o alejándose, pero contorneando el relieve (fig. 1).

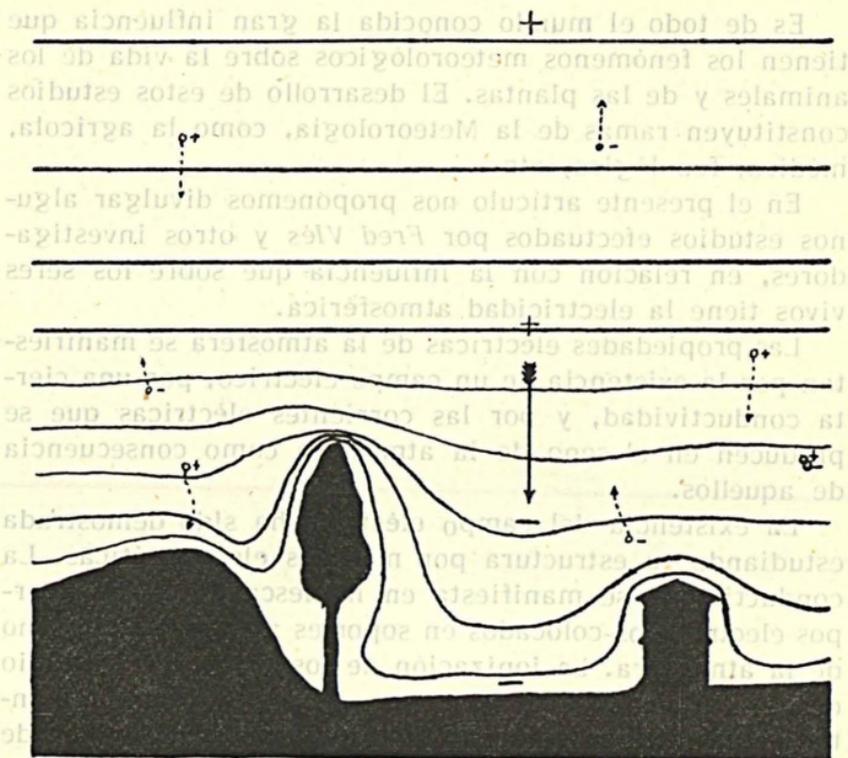


Fig. 1.

Como se ve en la figura 1, las superficies de nivel, o equipotenciales, del campo eléctrico, están más separadas

en el valle que en la parte alta de las colinas o de los árboles o edificios. Este mismo fenómeno se observa en las grandes edificaciones conductoras, como la torre Eiffel, y de las medidas efectuadas del campo eléctrico, se ve que en las inmediaciones de la parte más alta de dicha edificación el gradiente del potencial es cien veces mayor que en el suelo.

La Tierra, se comporta como un conductor cuya superficie está cargada negativamente, mientras que la alta atmósfera es positiva; por tanto, la atmósfera está comprendida en un campo eléctrico en el que el gradiente se dirige de las capas altas hacia la superficie de la Tierra.

El gradiente del potencial, es en las capas bajas del orden de 100 a 150 voltios por metro; presentando variaciones periódicas (diurna y anual) y variaciones accidentales muy fuertes; es más grande en invierno que en verano, y más grande en los Polos que en el Ecuador.

La variación diurna, presenta generalmente un mínimo próximo a la madrugada y un máximo durante el resto de la jornada.

Con la altitud disminuye el gradiente con bastante rapidez, ya que a 1.500 metros se reduce a la cuarta parte de su valor; y, a 4.000 metros, a la décima parte, presentando esta variación algunas irregularidades, sobre todo en las grandes alturas.

Durante el día, las curvas que se obtienen registrando el potencial eléctrico en un punto de la atmósfera, son muy accidentadas, siendo más regulares por la noche. Los fenómenos meteorológicos (temperatura, presión, vientos, nubes, lluvias, nieve, etc.), intervienen profundamente en las variaciones del campo, llegando incluso a invertirse éste temporalmente como consecuencia de hacerse

capas bajas positivas con respecto a otras capas más altas. La Luna, el Sol y su actividad, y los eclipses, parece que influyen también.

La medida del potencial en un punto de la atmósfera, es decir, la diferencia entre este punto y la Tierra tomada como cero, se hace por medio de un electrómetro; la caja de éste se conecta a tierra y la aguja se conecta a un "colector" (de llama, de corriente de agua, o de pintura radioactiva), dispositivo capaz de perder de una manera continua cargas eléctricas y de mantenerse así al nivel de la superficie equipotencial en donde está colocado.

IONIZACION ATMOSFERICA Y CONDUCTIVIDAD

La conductividad del aire atmosférico es debida a la presencia de iones positivos y negativos. Bajo la acción del campo eléctrico, estos iones se ponen en movimiento en sentido contrario. Si el campo es débil, la velocidad de desplazamiento será pequeña; y, ocurrirá lo contrario, si el campo es fuerte; siendo la velocidad proporcional al campo. Resulta de esto una corriente eléctrica total en que la intensidad i por centímetro cuadrado, vendrá dada por la expresión:

$$i = H(n_+ e v_+ + n_- e v_-)$$

en la que H designa el campo eléctrico, n_+ el número de iones positivos (+), n_- el número de iones negativos (-), v_+ y v_- las velocidades de los iones (+) y (-), respectivamente, en un campo unidad, y e la carga común de dichos iones.

Cada uno de los sumandos de dentro del paréntesis, se denomina conductividad de los iones (+) y (-) respecti-

vamente, designándose por la letra λ con el signo; así tendremos:

$$i = H(\lambda_+ + \lambda_-) = H\Lambda$$

Los iones se clasifican en *pequeños iones* o *normales* y *iones gruesos*. Los primeros, están constituidos por un pequeño número de átomos o de moléculas (una o dos) de oxígeno o nitrógeno cargados con un electrón único (captado o expulsado). Los segundos, están formados por un ión normal unido a un núcleo polimolecular (gotas o polvo). La movilidad de los iones pequeños es de varios millares de veces mayor que la de los iones gruesos. El número de iones gruesos es muy grande, en comparación con el de los iones pequeños, sobre todo en las ciudades.

Tanto los iones pequeños como los gruesos se recombinan cuando se encuentran los de signos contrarios neutralizándose, siendo mayor el coeficiente de recombinación de los pequeños que el de los gruesos.

La relación de conductividades $\frac{\lambda_+}{\lambda_-}$ es ligeramente superior a la unidad, pero oscila en torno a ella. Crece la conductividad con la altitud, sufriendo influencias locales; también crece con la temperatura, y varía en sentido inverso de la presión y de la humedad.

El cálculo de la conductividad se puede realizar midiendo las pérdidas de un conductor cargado, colocado en el seno de la atmósfera, en función del tiempo; pérdidas debidas a los iones que existen en la atmósfera y medida que está relacionada con la conductividad. Para evitar la acumulación de iones, sobre todo de gruesos, en las proximidades del conductor, se ventila éste haciendo pasar una corriente de aire. También puede realizarse el cálculo de la conductividad por medida de la resistencia eléctrica del aire considerado como una suspensión de un coloide electrolítico.

INFLUENCIAS EN UN SISTEMA SEGUN ESTE AISLADO O CONECTADO A TIERRA

Es fácil darse cuenta que existirán diferentes condiciones físicas en un sistema según esté aislado o conectado a tierra (fig. 2).

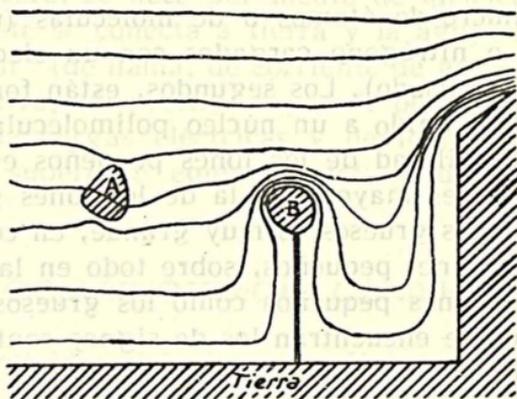


Fig. 2.

Un cuerpo conductor cargado, A, colocado a una altura en el seno de la atmósfera y aislado, capta iones de signo contrario, hasta que adquiere el potencial del campo eléctrico terrestre correspondiente a su altitud y entonces se manifiesta neutro con respecto al medio exterior. Las variaciones del campo eléctrico exterior, producirán variaciones de carga en el cuerpo, que se manifestarán con retraso, tendiendo al equilibrio indicado. Este proceso de neutralización o equilibrio con el campo, se acelera cuando por algún proceso interno del sistema, éste emite cargas de una manera progresiva, como es el caso de un colector radioactivo o de una llama. Los procesos físicos o químicos, sobre todo en los seres vivos, como la respiración, cambiarán las características del sistema, por el hecho de la existencia del campo eléctrico terrestre.

Si el sistema está unido a tierra (fig. 2) el potencial cero de B , no corresponde a su altitud. Las líneas de nivel se deforman rodeando al sistema y aumentando el gradiente de potencial en las proximidades de su superficie, haciendo que B sea asiento de un flujo permanente de iones, que no llegará nunca al equilibrio debido a la capacidad prácticamente infinita de la Tierra. Se puede suponer que el intercambio de iones se realiza según el gradiente general del campo eléctrico, captando el sistema los iones positivos, o emitiendo iones negativos. Si el sistema cuerpo-tierra posee fuerzas electromotrices, es decir, si el potencial de B no es cero, se modificará profundamente el flujo de iones. La corriente iónica del sistema será cerrada por la atmósfera exterior como si fuera un conductor de tipo iónico.

Según la forma en que se realice la conexión a tierra, el cuerpo, como hemos visto, estará sometido a diferentes condiciones físicas.

Existen tres tipos de conexiones (fig. 3).

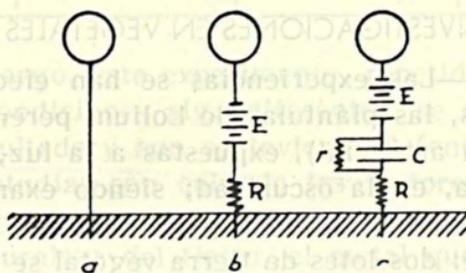


Fig. 3.

a) Conexión directa. b) Con una fuerza electromotriz E y una resistencia R . c) Con una fuerza electromotriz E , resistencia R y capacidad C , shuntada por una resistencia r .

Tanto el aislamiento de un sistema en un punto de la

atmósfera, como su conexión a tierra, requiere especialísimos cuidados y medidas delicadas de control, pues por un fallo en esto se falsearía totalmente la interpretación de los resultados de las experiencias.

LOS PROCESOS BIOLÓGICOS EN CONEXIÓN O AISLADOS DEL SUELO

Hasta el momento presente se han estudiado los fenómenos del crecimiento de los organismos en relación con la conexión, o no, de los mismos al suelo. Estos estudios se han realizado sobre retoños de fanerógamas (gramíneas, etc.), cultivos de bacterias, crecimiento de mamíferos jóvenes, como el ratón, las ratas y los niños, incubación de huevos de gallina y gusano de seda, etc.

También se han estudiado, paralelamente a estos procesos biológicos, una serie de acciones patológicas, como el cáncer experimental.

En lo que sigue haremos un resumen de estas experiencias.

INVESTIGACIONES EN VEGETALES

Gramíneas.—Las experiencias se han efectuado sobre dos gramíneas, las plántulas de *Lolium perenne* L. (hierba de pradera artificial), expuestas a la luz, y las plántulas de avena, en la oscuridad; siendo examinados más de 20.000 individuos. Las experiencias se han efectuado como sigue: dos lotes de tierra vegetal se colocaron en tiestos no vidriados, y éstos en planchas parafinadas, suspendidas del techo por medio de cuerdas y aisladores; uno de los lotes se pone en conexión con tierra y el otro queda aislado. Cada lote recibe la misma cantidad de granos, y los brotes o retoños tendrán idénticas condiciones. Se controla la presión, temperatura, humedad y aislamiento, la capacidad respecto a tierra y la conductividad del aire.

Los resultados indican que entre la plántula media del lote aislado y en conexión a tierra se observan diferencias de peso en fresco, de la cantidad de agua y de la proporción de materia seca. En general, las plántulas de los lotes aislados sobrepasan a las de los lotes en conexión a tierra en un 50 por 100.

Si llamamos ganancia relativa de las aisladas en tanto por ciento (%) a la expresión:

Plantas aisladas — plantas en conexión a tierra

Plantas en conexión a tierra

Se tienen los siguientes resultados para la ganancia relativa de las plantas aisladas:

Planta	Peso en fresco de la plántula	Peso en seco de la plántula	Cantidad de agua
Lolium	+ 57 %	— 4,5 %	+ 65 %
Avena	+ 26 %	+ 21 %	+ 26 %

Sin embargo, este experimento, repetido en otras épocas y en condiciones algo diferentes, se aparta bastante de este resultado y aun se invierte el fenómeno; por eso hay que estudiar con cuidado los factores que intervienen en el proceso. Tienen influencias sobre los resultados: la naturaleza del tiesto, el metal que hace la conexión entre la tierra vegetal del tiesto y el suelo. Aparecerá en el contacto de tierra-metal una fuerza electromotriz. Naturalmente, la conductividad atmosférica también será factor de primer orden.

La ganancia de las plantas aisladas en relación con las conectadas a tierra, está relacionada matemáticamente con el llamado *coeficiente de circulación eficaz*. Este coeficiente depende de las fuerzas electromotrices de la

cadena (planta-suelo) y del coeficiente de conductividad del aire.

La ganancia en agua de las plantas aisladas está íntimamente ligada al coeficiente de circulación eficaz, explicando éste las variaciones, incluso las inversiones, que aparecen en los experimentos.

Tienen gran importancia en el desarrollo de los experimentos las diferentes propiedades fisicoquímicas que se producen en la tierra vegetal, por el hecho de la conexión al suelo, aunque solamente haya esto ocurrido en una parte de la experiencia.

Otras fanerógamas.—Las plántulas de las fanerógamas en general se comportan de manera diferente cuando el substrátum está aislado o conectado al suelo.

El trigo germina más rápidamente en botes aislados; pero cuando aparece la clorofila, las plántulas en conexión con el suelo se desarrollan mejor que las aisladas.

En el caso de germinación de la *Sinapis alba* (Mostaza blanca) el desarrollo de las plántulas hasta llegar a adultas ha sido más considerable en los tiestos conectados al suelo. El número de granos producidos ha sido casi el doble en los conectados al suelo que en los aislados, y aquéllos parece ser que tienen un poder germinativo ligeramente superior a éstos.

Bacterias.—Se han efectuado diversos experimentos de cultivo de bacterias en las condiciones anteriores. En el caso de un brote estafilocócico, se ha observado que el desarrollo del cultivo en un intervalo del experimento es muchísimo mayor en los conectados al suelo.

Los estudios sobre las bacterias diftérica, tífica, colibacilo, neumobacilo, levadura de cerveza, etc., han arrojado resultados diferentes según la naturaleza del organismo y las condiciones de experimentación.

INVESTIGACIONES EN LOS ANIMALES

Huevos y desarrollo embrionario.

Huevos de gallina.—Se observan desigualdades en el tiempo de incubación; en el caso de los huevos aislados (colocados sobre parafina) es de uno a dos días más de lo normal, y en los conectados al suelo (colocados sobre lámina metálica unida a tierra) es de uno a dos días más corto que lo normal.

Huevos de gusano de seda.—Se han hecho estudios sobre el desarrollo de los huevos y sobre la duración y comportamiento de la metamorfosis en las dos condiciones. Los huevos se colocaron en cajas metálicas mezclados con limaduras para mejor asegurar el contacto; las restantes condiciones son idénticas. El metal de contacto tiene influencia, como ocurría en las plantas.

El resumen de las observaciones es:

	Ventaja para	
	Lotes aislados	Lotes no aislados
Comienzo del desarrollo ..	6 %	—
Aborto	—	12 %
Hasta la oclusión	17 %	—
Vida de crisálida	2,8 %	—
Vida adulta	8,6 %	—

Como se ve en el cuadro, vive mejor el organismo aislado. Desgraciadamente no se han hecho medidas paralelas de la conductividad, y puede que variando ésta artificialmente se consiguiera mayores diferencias en la producción.

CRECIMIENTO DE MAMIFEROS JOVENES

Lactantes humanos.—Se organizó una instalación que permitía aislar las cunas por medio de suspensiones no conductoras; seis bebés normales, de los cuales tres se aislaban, y otros tres se conectaban al suelo por intermedio de un galón o aro metálico colocado en el piececito, fueron observados simultáneamente durante ocho días; durante otros ocho días se invirtieron las condiciones, y los

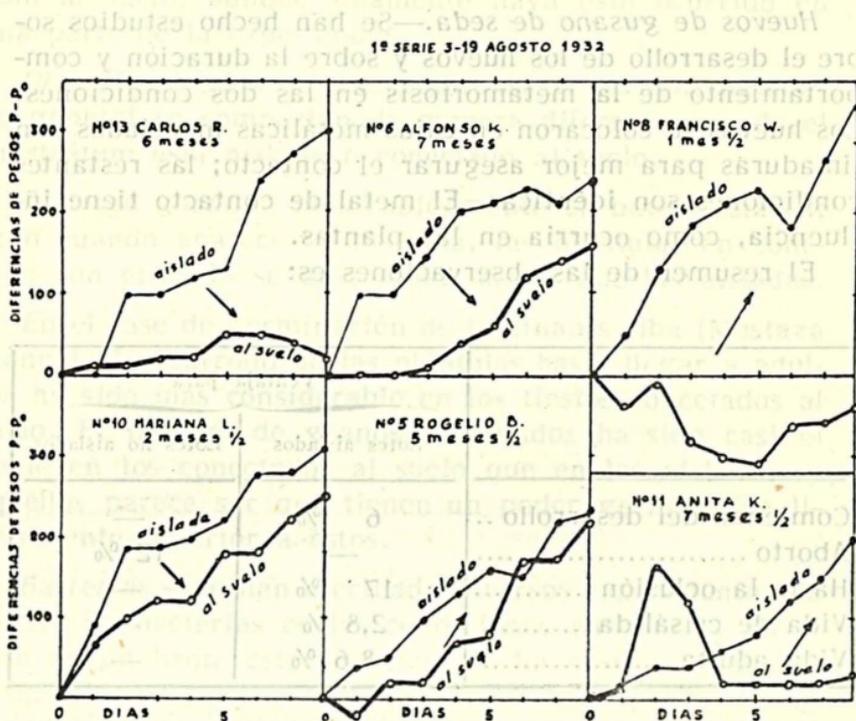


Fig. 4.

primitivamente aislados se conectaron a tierra y los conectados se aislaron. Así, la experiencia evita causas de

error, como las debidas a la desigualdad de edad, alimentación, etc., de los bebés; y cada niño se compara consigo mismo. Se hicieron medidas simultáneas en la habitación, dos veces al día, de conductividad, de capacidad y de potencial, al nivel de las cunas.

En esta primera experiencia, que corresponde a una conductividad atmosférica muy fuerte, los seis bebés en estado de aislamiento presentan curvas de crecimiento en peso, cuyas pendientes son más fuertes que cuando están conectados a tierra, cualquiera que sea el orden del experimento, o sea que da lo mismo que empiece el niño por estar aislado o por estar conectado a tierra (fig. 4). Las flechas indican el orden de sucesión de los dos estados.

Una segunda experiencia se hizo algunas semanas después con otros seis niños, en un período de débil conductividad, y parece que los resultados son más atenuados y hasta que algunos se invierten.

El análisis de las fuerzas electromotrices de las cadenas (bebé-tierra), junto con las observaciones de conductividad atmosférica, permitieron calcular el coeficiente de circulación eficaz. Las curvas de este coeficiente muestran un gran paralelismo con las curvas de variación de peso de los bebés, lo que hace suponer una relación muy estrecha entre los factores eléctricos atmosféricos y el metabolismo del lactante.

Ratones y ratas.—Se observa que el peso de los ratones aislados es superior al de los conectados a tierra cuando la conductividad es grande, e inferior cuando es pequeña, en el transcurso del tiempo y en igualdad de condiciones experimentales.

En cuanto a las ratas en crecimiento, aisladas o en conexión al suelo, el tanto por ciento de ganancia de las aisladas en comparación con las otras, es en:

15 días	18 por 100
30 días	17 por 100

60 días	20 por 100
90 días	19 por 100
111 días	10 por 100

PROCESOS PATOLOGICOS

Cáncer experimental, cáncer espontáneo.—También tiene influencia la unión a tierra o el aislamiento del ser vivo en la aparición y desarrollo del cáncer.

Una infección del geranio con bacillus tumefaciens da un mayor número de tumores en las plantas conectadas al suelo (8 sobre 26) que en las plantas aisladas (2 sobre 27).

De los ratones se tiene una serie de datos estadísticos sobre el cáncer de alquitrán, que demuestra una desigualdad en los dos estados.

Se ha realizado una larga experiencia sobre el cáncer espontáneo, con una gran cantidad de ratones (6.500 en cajas unidas a tierra y 2.000 en cajas aisladas), durante cuatro años. Calculando el número de casos de tumores por cien individuos, la relación de los conectados al suelo sobre los aislados es de 2,3; es decir, que aparecen dos veces y pico más cánceres en los unidos a tierra que en los aislados. También se ha demostrado la gran influencia que en la aparición de brotes tiene el valor del coeficiente de circulación, que, como se recordará, depende de la conductividad y de la diferencia de potencial entre la caja y tierra. Se ha demostrado que hay un máximo de cánceres para una zona determinada de valores del coeficiente de circulación eficaz, situada en las regiones negativas del mismo.

Ha sido experimentada la influencia de la fuerza electromotriz o diferencia de potencia en la línea caja-tierra

(de -4 voltios a $+4$ voltios) para diversas naturalezas del fondo de las cajas o jaulas (cinc, cobre, carbón, etc.), llegando a la conclusión de que el número medio de cánceres crece cuando la diferencia de potencial se eleva.

Hasta ahora no se han analizado suficientemente estos procesos patológicos; pero es indudable que el intercambio iónico de los seres vivos con la atmósfera, que naturalmente, dependerá del coeficiente de circulación eficaz, interviene en los organismos, creando un estado metabólico de susceptibilidad orgánica, que favorece la aparición de anomalías celulares malignas, o que de otra manera amplifica el transporte de algún virus desconocido cuya repartición será efectuada por la atmósfera.

Parece ser que el tan repetido coeficiente tiene también relación con la aparición de brotes de poliomielitis infantil, lo que apunta la idea del transporte aéreo de algún virus cargado eléctricamente.

OTROS PROCESOS

Otros muchos experimentos de un gran interés se han efectuado, pero no podemos describirlos en gracia a la brevedad; además, con lo dicho es suficiente para resaltar las influencias atmosféricas que gravitan también sobre otras muchísimas enfermedades.

Procesos físicoquímicos o químicos (evaporación del agua, algunas reacciones, etc.) son influidos en su mecanismo por la conexión a tierra o el aislamiento.

* * *

Las explicaciones teóricas de estas intervenciones atmosféricas llevarán a doctrinas, que pueden ser hipótesis de trabajo, con las que (D. m.) se abran nuevos horizontes para el ataque a peligrosos azotes de la Humanidad.

J. A. B. O.