

PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS
DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO CATASTRAL Y DE ESTADÍSTICA

SERVICIO METEOROLOGICO ESPAÑOL

Serie **A**, núm. **2**.

Sobre las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre

POR EL

METEORÓLOGO DR. A. DUPERIER

Jefe de la Sección de Investigaciones.
Catedrático de Geofísica de la Facultad de Ciencias de Madrid



MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
STMA. TRINIDAD, 7. — TELÉFONO 31199

1933

.37
M
2

AEMET-BIBLIOTECA



1021844

R.º 13.903

Sig 550.32

SOBRE LAS FLUCTUACIONES DEL CAMPO ELÉCTRICO
TERRESTRE

POR

A. DUPÉRIER

SOBRE LAS FLUCTUACIONES DEL CAMPO ELECTRICO TERRESTRE,

por A. DUPERIER.

RÉSUMÉ:

L'auteur a étudié les fluctuations du champ électrique en faisant de mesures à des points différents, à la même minute que fait les pointages le Benndorf enregistreur de la station électrique du Val Joyeux, près de Paris. Dans ce but, on a employé une prise de potentiel à l'ionium et un electromètre à fil de Wulf.

Dans un rayon d'action de 300 mètres et à multiples reprises l'auteur a trouvé un parallélisme frappant entre les deux courbes obtenues de la sorte. Parallélisme qui semble tout à fait independant de la direction du vent et de la nubosité du ciel.

Les observations faites à 1200 mètres ne permettent pas de définir ces résultats avec la même précision, mais des causes d'erreur différentes ont pu contribuer à masquer le phénomène.

Cependant, ces résultats, à l'avis de l'auteur, sont suffisants pour qu'il ne soit plus possible de considérer les fluctuations du champ électrique comme provoquées seulement par des perturbations locales irrégulières. Il faudrait plutôt songer à un phénomène d'une plus grande ampleur.

1. Es bien sabido que, a un lado y otro del valor medio que determina su variación diurna, el campo eléctrico, en un punto del aire próximo al suelo, sufre perturbaciones incesantes que vienen siendo consideradas como variaciones arbitrarias sin conexión con fenómeno alguno general y provocadas por desplazamientos irregulares de cargas libres o arrastradas con el polvo, que bien por influencia electrostática o por alterar la conductibilidad del medio modifican el campo de manera más o menos arbitraria, según las condiciones de emplazamiento de la estación de observación y de los fenómenos meteorológicos que la influyen. Estas perturbaciones no serían las mismas en el mismo instante para los distintos puntos del aire, al menos cuantitativamente, y sin conexión con fenómeno alguno general, como antes decimos.

Nosotros nos hemos propuesto su estudio detenido, objeto de la presente Memoria.

2. Para ello, es evidente, el método directo consiste en determinar el campo simultáneamente en diversos puntos de la atmósfera libre, y nosotros, a este fin, hemos utilizado el registro de potencial que se hace permanentemente en la estación eléctrica del "Val Joyeux del Institut de Physique du Globe de París", determinando directamente, por otra parte, el potencial del aire en un punto diferente mediante un dispositivo apropiado.

La estación del "Val Joyeux" se encuentra a treinta kilómetros al sudoeste de París y en ella se registra el potencial sobre un suelo cubierto

de césped y de extensión horizontal suficiente para hacer despreciable toda corrección por topografía. Su colector, constituido por una sal de radio, va colocado en el punto medio de un hilo metálico horizontal de veinticinco metros de largo, a dos metros sobre el suelo. El registro se hace mecánicamente por medio de un electrómetro Benndorf que marca el potencial cada minuto.

Para las medidas de lectura directa se imponía un dispositivo transportable. El que nosotros hemos adoptado consiste en un soporte de madera de pino de 2,6 metros de alto y 6 centímetros de diámetro, a lo largo del cual corre transversalmente una varilla horizontal de ebonita que lleva en uno de sus extremos el colector de ionium que utilizamos. Finalmente, esta varilla de longitud regulable, permite alejar el colector del soporte desde 15 centímetros hasta dos metros de distancia horizontal al mismo. El potencial se determina con un electrómetro Wulf de hilos de cuarzo recubiertos de platino por pulverización catódica. Estos hilos son tan ligeros que basta la resistencia del aire para hacer aperiódicos sus movimientos. Su separación se lee con microscopio que permite asegurar cómodamente el voltio en las medidas. La capacidad del sistema móvil de este electrómetro es muy pequeña, de algunas unidades electrostáticas solamente.

Nuestro colector, sin embargo, no va unido directamente a la ebonita, porque este aislador no es suficiente por sí solo para este género de determinaciones. Hubimos, pues, de estudiar diversos aisladores para elegir el más conveniente que sirviera de enlace entre el colector y la varilla de ebonita. Y a este respecto, quizá sea interesante hacer notar que entre los aisladores que nos vimos obligados a desechar se encuentra el *orcá*, un aislador preconizado de excelente por algunos, y que, sin embargo, ni aun protegido por agentes fuertemente desecadores, como el sodio, resulta utilizable en la atmósfera húmeda de París. Después de diversos ensayos, nos decidimos por el ámbar, y en este sentido, nuestro dispositivo se modifica prolongando la varilla por un cilindro de ámbar de seis centímetros de largo y dos de espesor, al extremo del cual se fija la toma de potencial. Además, este cilindro va protegido por un manguito de ebonita con trozos de sodio en su interior que permiten mantener suficientemente seco el aire aprisionado.

Para que las determinaciones sean comparables, se plantea en primer lugar el problema de definir exactamente la perturbación introducida en el campo por el soporte y demás accesorios. Por lo que respecta al electrómetro y a la presencia del observador, su influencia se elimina operando convenientemente lejos de la toma de potencial. En nuestro caso, una distancia de ocho metros ha resultado suficiente.

En cuanto al soporte, su influencia es determinable midiendo el campo a su alrededor a diferentes alturas y refiriendo las observaciones a las indicaciones del registrador en el mismo instante. El cuadro que sigue da una idea de la distribución de superficies equipotenciales, resumiendo los resultados medios de trescientas observaciones repartidas por igual entre las

determinaciones efectuadas a 1, 1,5 y 2 metros sobre el suelo y a distancias de 0,15, 0,5, 1,15 y 2 metros del soporte:

	0,15	0,5	1,0	1,5	2,0	
2,0	0,58	0,85	0,99	0,99	1,00	$\frac{E a}{E}$
1,5	0,52	0,76	1,02	1,12	1,00	
1,0	0,43	0,57	0,89	1,00	1,00	
Promedios.	0,51	0,73	0,97	1,04	1,00	

En él consignamos los cocientes del campo aparente $E a$ (voltios por metro) en cada uno de estos puntos, por el campo real E acusado por el registrador. Se ha tomado igual a la unidad el valor de este cociente a los dos metros de distancia horizontal, porque efectivamente, en esta posición los dos campos coinciden sensiblemente en todos los casos, y se ha tenido en cuenta esta reducción en todos los demás. Un espacio de quince metros mediaba entre los dos colectores. Puede admitirse, por tanto, que más allá de un metro el campo recobra su uniformidad.

3. Para estudiar las variaciones, consideradas irregulares, del campo alrededor del valor medio que determina su marcha diurna, hemos empezado por comparar su magnitud en dos puntos de la misma superficie horizontal a dos metros de altura y distantes quince metros entre sí. Nuestra toma de potencial de ionium va colocada sistemáticamente, en éstas y en todas las medidas que siguen, a metro y medio del soporte.

Las observaciones se han efectuado guardando todas las precauciones debidas. El hilo metálico de conexión entre el colector y el Wulf, tiene ocho metros de longitud y va tendido normalmente al viento para que las cargas desarrolladas por la desintegración del ionium no puedan fijarse sobre él falseando las lecturas. El electrómetro ha sido calibrado repetidas veces, incluso a temperaturas del orden de las de experiencia, si bien estudios preliminares nos habían hecho ver que su coeficiente de variación térmica era prácticamente despreciable. La simultaneidad de las medidas directas con las indicaciones del Benndorf es asegurada con el empleo de un cronómetro de bolsillo puesto al punto con el reloj del registrador y, finalmente, las cargas que por rozamiento se desarrollan sobre la ebonita al hacer la instalación de los aparatos, cada día son eliminadas paseando en su proximidad inmediata un colector radioactivo.

Con estas precauciones, la figura 1 muestra los resultados obtenidos

en circunstancias meteorológicas distintas y para valores medios del campo diferentes.

Los puntos en círculo, separados por intervalos de un minuto, representan las determinaciones del campo obtenidas por lectura directa y los

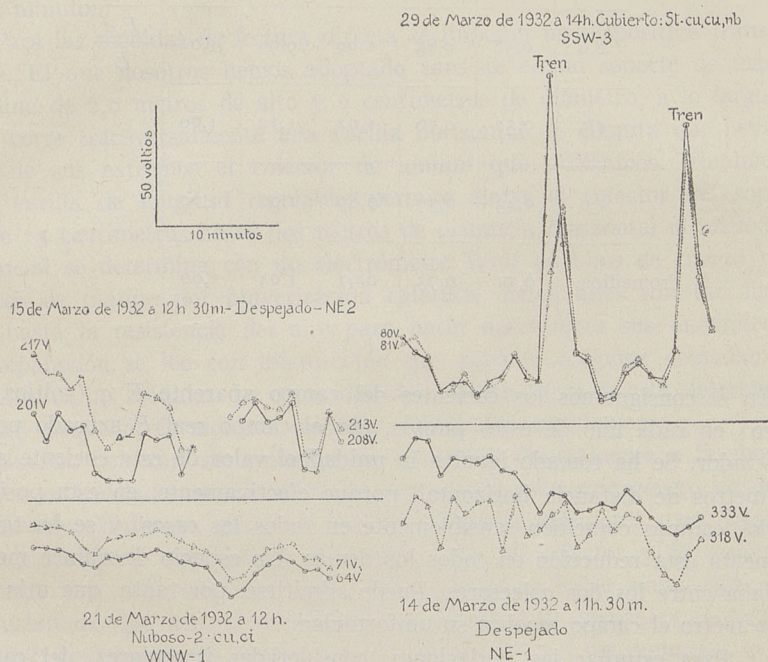


Fig. 1.

puntos en triángulo las indicaciones del registrador en el mismo instante. El número que acompaña a cada una de las líneas significa el valor medio del campo, en voltios por metro, que se deduce de ellas, correspondiente al intervalo de tiempo considerado. Finalmente, un estado del cielo con la clase y cantidad de nubes expresadas en décimas partes de cielo cubierto, de la dirección y fuerza del viento, así como la hora media del día en que las observaciones fueron efectuadas, van insertos junto a cada grupo de curvas.

El paralelismo que de su examen se deduce es indudable, habida cuenta de la naturaleza misma de las irregularidades, de la dificultad de que nuestras medidas sean exactamente simultáneas con las del registrador y de la diferencia de actividad entre los colectores. Y es indudable, sea cual fuere la situación meteorológica e independiente del valor absoluto del campo, desde 64, el 21 de marzo, hasta 333 voltios por metro el 14 del mismo mes. En París, su valor medio en el invierno es de 140 aproximadamente.

Los máximos bruscos que aparecen en las observaciones del 29 de mar-

zo coinciden con pasos de trenes por la vía del ferrocarril distante trescientos metros. La dirección del viento en este día era favorable para arrastrar hacia los puntos de observación los productos de combustión de las locomotoras, que bien por transporte de carga con el humo o, quizá mejor, por formación de gruesos iones por el vapor, determinan el salto súbito del campo.

La figura 2 se refiere todavía a resultados obtenidos en las mismas

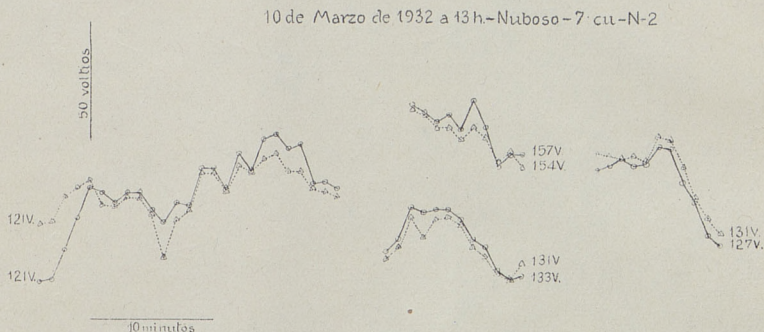


Fig. 2.

condiciones. Los hacemos, sin embargo, resaltar porque dada la dirección del viento del día a que se refiere y la posición relativa de las tomas de potencial con respecto a la caseta que contiene los aparatos registradores de la estación, las condiciones de ventilación no son las mismas en los puntos ocupados por aquéllas. A nuestro colector, en efecto, llega el aire directamente sin obstáculo y, en cambio, la caseta obstruye su paso libre hacia el de Benndorf. A pesar de ello, la marcha del campo resulta idéntica.

Resulta, pues, que dentro del radio de acción de quince metros que separa las tomas, la superficie equipotencial que pasa por ellas a dos metros de nivel se desplaza paralelamente a sí misma, sea cuales fueren el origen y la cuantía de las fluctuaciones a que el campo se encuentre sometido.

Es lógico pensar que las restantes superficies equipotenciales sufran un proceso análogo, mas para ver cómo se presenta la experiencia hemos medido el potencial en puntos de distinto nivel, permaneciendo fijo el colector de registro. En la figura 3, el grupo de curvas de la horizontal superior hace ver los resultados obtenidos de esta manera.

El paralelismo se mantiene, conservándose uniforme el campo en los dos metros de profundidad a que se extiende la experimentación.

Las curvas que aparecen en la parte inferior son una afirmación más de las mismas conclusiones, pues en vez de operar a diferentes niveles geométricos, hemos aprovechado la perturbación introducida en el campo por la caseta a que antes nos hemos referido, para que, sin variar la altura

de dos metros de nuestra toma, operar en distinta superficie equipotencial aproximándonos a ella distancias variables. Se ve que aun en la posi-

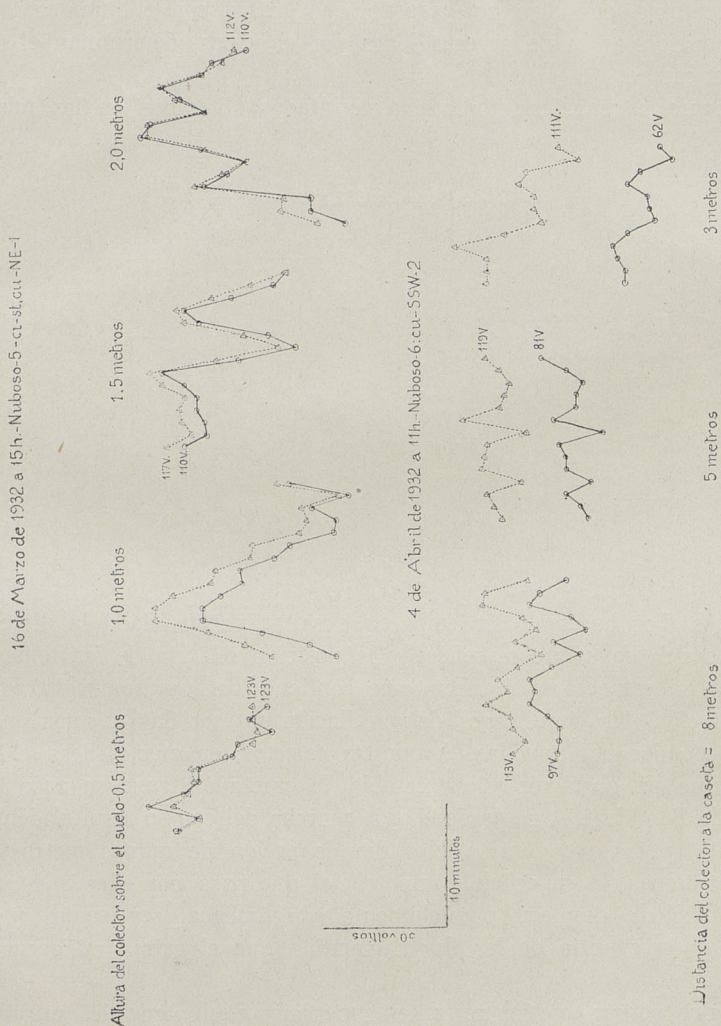


Fig. 3.

ción más próxima, donde serían de temer, por otra parte, remolinos de viento y, por tanto, acumulaciones momentáneas de carga perturbadora de ser ésta arrastrada por el aire, las fluctuaciones del campo son las mismas que veinticinco metros más lejos en un punto convenientemente despejado.

4. El interés de extender a mayores distancias relativas estas observaciones era indudable. En la figura 4 consignamos las medidas logradas a 300 y 1.200 metros.

En las primeras se manifiesta una uniformidad en la fluctuación verdaderamente sorprendente, pues incluso la perturbación formidable que re-

presenta el máximo ocasionado por el paso de un tren, afecta sucesivamente a los dos puntos de observación con tres minutos de intervalo, en

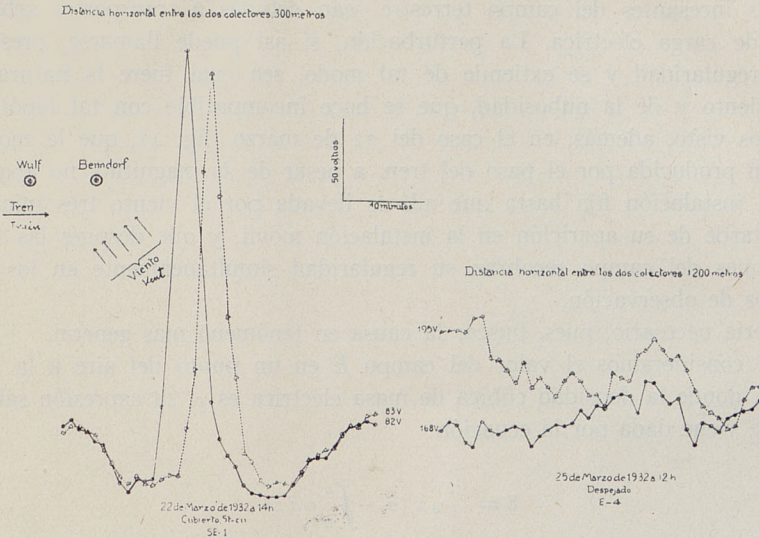


Fig. 4.

relación con su posición relativa a la marcha del tren y a la dirección del viento, como se ve a la izquierda del gráfico.

En cambio, las medidas del 26 de marzo a 1.200 metros de distancia no permiten definir los mismos resultados, pero diversas circunstancias concurren en las observaciones de este día que pueden contribuir a enmascarar aquella relación si realmente a esta distancia se mantiene. Son éstas esencialmente la naturaleza del terreno en que nos vimos obligados a operar y la fuerza del viento. En nuestro deseo de evitar correcciones de índole topográfica, hubimos de conformarnos con un suelo recién labrado y exento de vegetación, a diferencia del terreno firme y cubierto de césped sobre el que se encuentra la estación fija; y de esta manera la fuerza del viento de este día pudo influir sobre nuestra instalación arrastrando polvo. Por otra parte, un viento de tal intensidad puede alterar irregularmente el funcionamiento de los colectores, desplazando con excesiva rapidez, antes de ser captadas por ellos, las cargas desarrolladas por ionización que aseguran el equilibrio de potencial. En este caso, claro es que la actividad de la sal radioactiva influirá de modo notable.

De todos modos, la marcha de las curvas al final es sensiblemente la misma, pero era evidente la necesidad de repetir estas observaciones.

Desgraciadamente, el estado del tiempo no se encuentra a nuestro arbitrio y la lluvia persistente en los días sucesivos nos obligó a dejar París sin poder repetir ni extender a otras distancias las medidas, como hubiera sido nuestro deseo.

5. Sin embargo, no dejan de tener su interés las consecuencias que se deducen de este estudio, aun realizado entre límites tan estrechos.

A nuestro juicio, no es posible ya, en efecto, admitir que las fluctuaciones incesantes del campo terrestre sean debidas a transportes arbitrarios de carga eléctrica. La perturbación, si así puede llamarse, presenta una regularidad y se extiende de tal modo, sea cual fuere la naturaleza del viento y de la nubosidad, que se hace incompatible con tal hipótesis. Hemos visto, además, en el caso del 22 de marzo (fig. 4), que la modificación producida por el paso del tren, a pesar de su magnitud, no aparece en la instalación fija hasta que allí es llevada por el viento tres minutos más tarde de su aparición en la instalación móvil, y que después las fluctuaciones del campo recobran su regularidad simultáneamente en los dos puntos de observación.

Sería necesario, pues, buscar la causa en fenómeno más general.

Si consideramos el valor del campo E en un punto del aire a la altitud z , donde la densidad cúbica de masa eléctrica es ρ , su expresión sabido es que viene dada por la ecuación:

$$E = -4\pi(\sigma + \int_0^z \rho dz)$$

siendo σ la densidad de carga superficial del suelo.

Si las fluctuaciones no son imputables a ρ , podría pensarse en la existencia de altas capas ionizadas que modificando σ por variación de su ionización o por movimientos incesantes en la vertical o por ambas causas a la vez, perturbarían el campo de las capas próximas al suelo si su influjo no se hacía sentir más lejos de lo que significa simplemente una perturbación.

La importancia que esto puede tener sobre el desentrañamiento de las causas oscuras que motivan el campo terrestre es indudable. Pero nuevas determinaciones se precisan en el mismo sentido, con toda la escrupulosidad que requiere este género de medidas.

* * *

Constituye para nosotros una satisfacción hacer constar aquí nuestro profundo agradecimiento al Profesor Monsieur Maurain, Director del Institut de Physique du Globe de París, por las facilidades que de todo género allí se nos dieron y bajo cuya tutela pudo llevarse a cabo este trabajo. Nuestro reconocimiento igualmente a sus colaboradores.

París, 1932.

Institut de Physique du Globe.

550
IN
A