

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA NO CONDUCTORA EN NIGERIA Y AFRICA CENTRAL

S. Duhau^{*} y A.M. Osella

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Buenos Aires

RESUMEN

Se representa el sistema de corrientes ionosféricas usando un modelo similar al hallado para la zona ecuatorial peruana, ajustando sus parámetros de modo tal que la componente horizontal del campo producido por dicho sistema en la superficie terrestre reproduzca la parte externa de la componente horizontal de las variaciones geomagnéticas diarias (v.g.d.) medidas.

Utilizando un modelo de conductividad sencillo, introducido en el trabajo previo, se calcula la componente horizontal del campo inducido por dicho sistema y se ajusta el parámetro p , profundidad de la capa no conductora, de modo de reproducir la parte interna de la componente horizontal de las v.g.d.. Para probar la validez del modelo propuesto, se calcula la componente vertical del campo producido por el sistema de corrientes y la del campo inducido con el valor de p hallado, y se lo compara con las partes externa e interna, respectivamente, de la componente vertical de las v.g.d.. La metodología descrita se aplica a las v.g.d. observadas en Nigeria y Africa Central.

ABSTRACT

The ionospheric current system is represented by a model similar to the one used at the Peruvian dip equator and its parameters are obtained by fitting the horizontal component of the magnetic field produced at ground by that current system with the external part of the measured geomagnetic daily variations (g.d.v.)

The horizontal component of the induced field is computed using a simple model for the distribution of the earth conductivity, which parameter p , the depth of the non-conducting layer, is obtained by fitting this field to the internal part of the horizontal component of the g.d.v..

To test the validity of the proposed model, the vertical components of the field produced by the current system and the field induced with the value of p found here are computed and compared with the external and internal parts, respectively, of the vertical component of the g.d.v..

This methodology is applied, in the present work, to the g.d.v. measured in Nigeria and Central Africa.

* Miembro del CONICET

1. INTRODUCCION

La profundidad de la capa no conductora puede ser estimada a partir del análisis de las variaciones geomagnéticas diarias (v.g.d.) y del sistema de corrientes ionosféricas.

En la zona ecuatorial Africana, las v.g.d. fueron medidas por Ogbuehi y Onwumechilli (ver Onwumechilli, 1967) en Nigeria y por Fambitakoye (1973) en Africa Central, pero se desconocen las corrientes ionosféricas en ambas zonas, ya que éstas aún no han sido medidas. En un trabajo previo (Duhau y Osella, 1983) las autoras introdujeron un método para inferir el sistema de corrientes a partir de las v.g.d., que fue aplicado a la zona ecuatorial peruana, donde se pudo comprobar su validez por estar medidas simultáneamente las v.g.d. y las corrientes ionosféricas. Por lo tanto, en el presente trabajo se aplicará este método para inferir el sistema de corrientes en Nigeria y en Africa Central. Con el sistema de corrientes así obtenido y las v.g.d. previamente separadas en sus partes de origen externo e interno, se determinará la profundidad de la capa no conductora, siguiendo el procedimiento aplicado en la zona peruana (Osella, 1983) y se compararon los resultados obtenidos en las distintas zonas.

2. SEPARACION DE LAS V.G.D. Y OBTENCION DEL SISTEMA DE CORRIENTES

2.1. Descripción del método utilizado

Las v.g.d. se pueden separar en sus partes de origen externo e interno, sin hacer ninguna hipótesis previa sobre el campo inducido, usando el método propuesto por Siebert y Kertz (1957), con el cual se separa cada componente, siempre que se pueda calcular previamente la transformada de Hilbert de la otra, con suficiente precisión. Este problema fue analizado por las autoras en un trabajo previo (Duhau y Osella, 1982), y se probó que, en zonas ecuatoriales, se puede aplicar la transformada de Hilbert a la componente vertical, Z , pero no a la horizontal, H . Por lo tanto este método se va a aplicar para separar la componente horizontal en sus partes de origen externo, H_e , e interno, H_i , que están dadas por (Siebert y Kertz, 1957):

$$H_e(x) = \frac{1}{2} \{H(x) + KZ(x)\} \quad (1a)$$

$$H_i(x) = \frac{1}{2} \{H(x) - KZ(x)\} \quad (1b)$$

$$\text{con} \quad KZ(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{Z(x')}{x-x'} dx' \quad (2)$$

El sistema de ejes usados es una terna cartesiana con x positivo hacia el norte, y positivo hacia el este y z positivo hacia abajo.

Una vez separado H, se determina el sistema de corrientes. En la zona ecuatorial, el sistema de corrientes ionosféricas tiene dos contribuciones: una extensa (planetaria), J_e^P , y una localizada (electrochorro), J_e^J , que circulan a una altura $h = 107$ km (Davis y otros) y que se pueden representar por (Duhau y Osella, 1983):

$$J_e^P = C e^{-kz} \cos\{k(x-x_0)\} + B \tag{3a}$$

$$J_e^J = \begin{cases} J_0 \left\{ 1 - \frac{(x-x_j)^2}{D^2} \right\} \delta(z+h) \hat{y} & -D+x_j < x < D+x_j \\ 0 & -D+x_j > x \text{ ó } x > D+x_j \end{cases} \tag{3b}$$

Los valores de los parámetros C, B, J_0 , k, D, x_0 y x_j se determinan calculando primero la componente horizontal del campo producido por estas corrientes y luego ajustando, por cuadrados mínimos, a la parte externa de la componente horizontal de las v.g.d. previamente obtenida.

Con el sistema de corrientes así obtenido, se calcula la componente vertical del campo que produce, Z_e , y restándolo de la componente vertical del campo total, Z, se obtiene la parte interna, Z_i .

2.2. Aplicación del método en Nigeria y en Africa Central

En Nigeria, las v.g.d. fueron medidas en una cadena de once estaciones cubriendo el intervalo (-450km, 450km) alrededor del ecuador magnético, por Ogbuehi y Onwumechilli (ver Onwumechilli, 1967). En Africa Central, fueron medidas por Fambitakoye (1973) en una cadena de nueve estaciones cubriendo el intervalo (22°48'N, -0.4°23'S) alrededor del ecuador magnético. Los perfiles resultantes se muestran en la figura 1. Todos los datos se han normalizado, de modo de dar 100 nT a 140 km al norte del ecuador magnético.

Aplicando el método descrito en la sección anterior, se separaron las dos componentes de las v.g.d. en sus partes externa e interna y se obtuvo el sistema de corrientes, en ambas zonas.

Para los parámetros definidos en las ec. (3a) y (3b) se obtuvieron los siguientes valores:

	C Am/m	B Am/m	J_0 Am/m	K (km^{-1})	D (km)	x_0 (km)	x_j (km)
Nigeria	0.0299	0.0087	.134	7.6×10^{-4}	390	-200	0
A. Central	0.0302	0.0240	.109	7.6×10^{-4}	350	-700	40

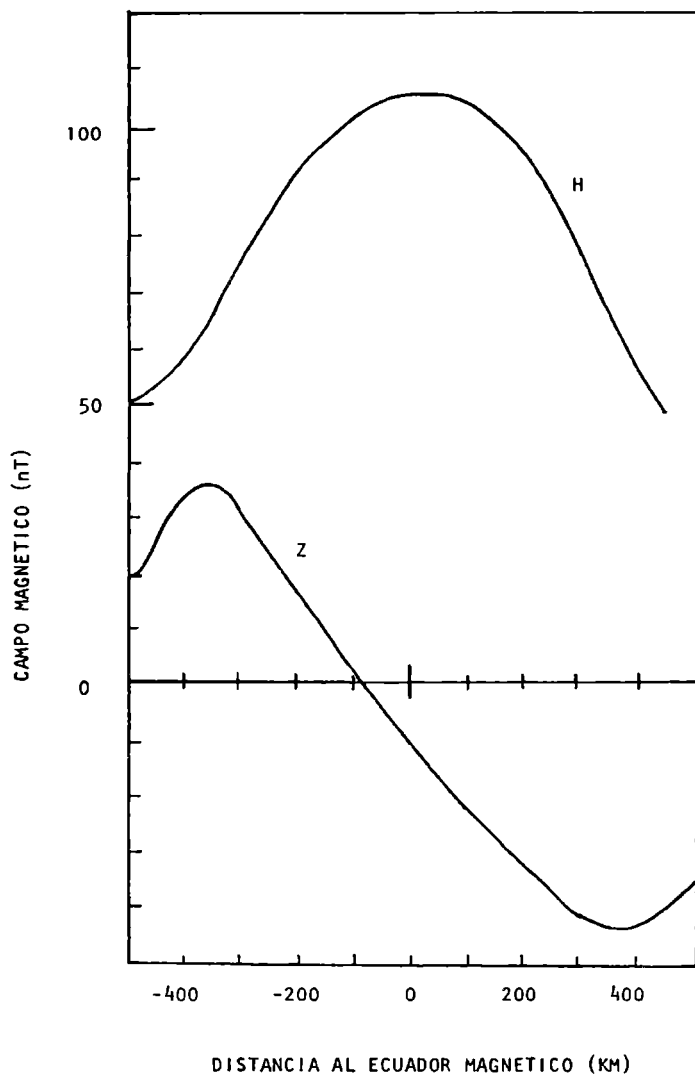


FIGURA 1a

Las v.g.d. medidas en Nigeria por Ogbuehi y Onwumechilli (ver Onwumechilli, 1967) normalizadas para dar 100 nT a 140 km al norte del ecuador

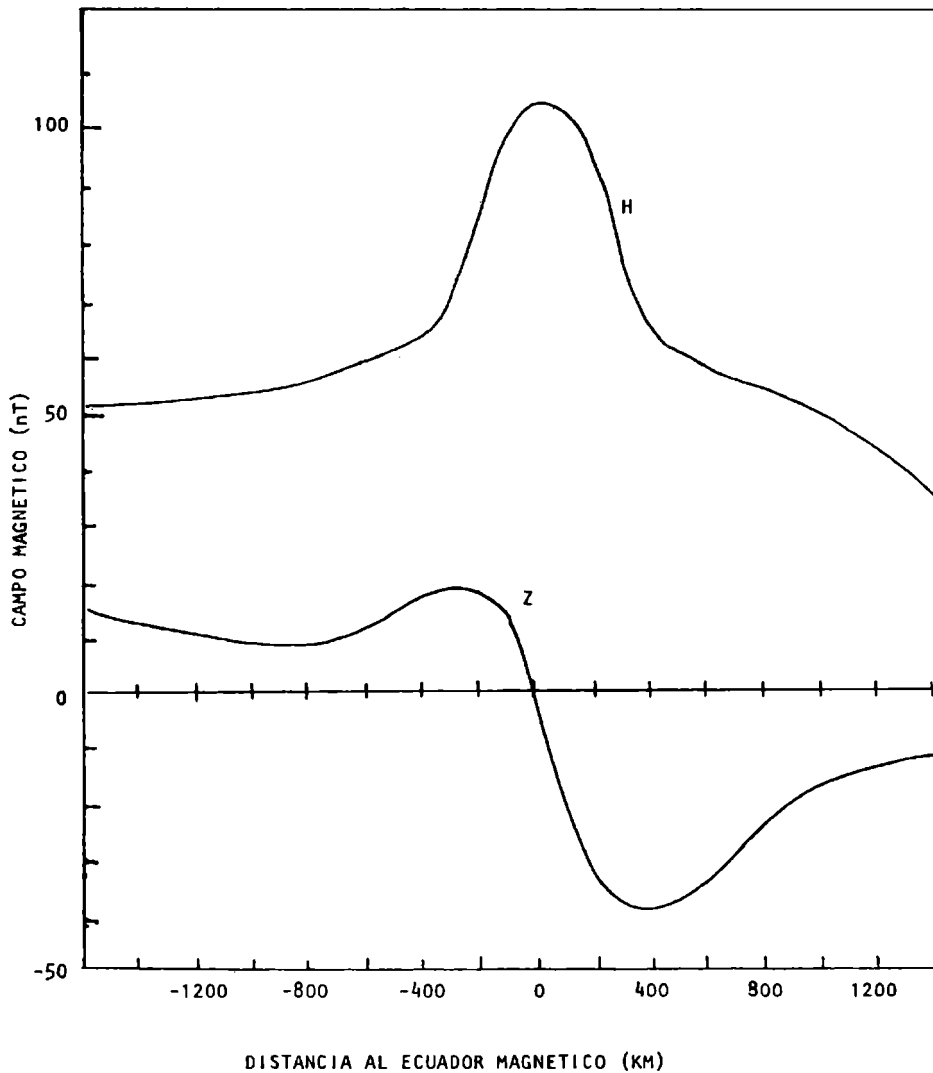


FIGURA 1b

Las v.g.d. medidas por Fambitakoye (1973) en Africa Central, normalizadas para dar 100 nT a 140 km del ecuador magnético.

La Figura 2 muestra la parte interna de las componentes horizontal y vertical obtenida en Nigeria (Fig 2a) y en Africa Central (Fig 2b).

3. ANALISIS DE LA PARTE INTERNA

En zonas donde no hay discontinuidades en la profundidad de la capa no conductora, es posible calcular el campo inducido por el sistema de corrientes hallado previamente, suponiendo un modelo simple consistente en una capa no conductora hasta una profundidad p y un semiespacio perfectamente conductor debajo de ésta. El campo inducido resultante frente a esta configuración depende de un único parámetro, p , (Osella, 1993) cuyo valor se obtiene ajustando, por cuadrados mínimos, dicho campo con la parte interna de la v.g.d.. Como la componente horizontal está menos afectada por anomalías locales de la conductividad se usará sólo esta componente para determinar p .

3.1. Nigeria

Analizando la parte interna de las v.g.d. (Fig 2a) no resulta aparente la existencia de una discontinuidad en p al norte del ecuador magnético. Por lo tanto, el modelo previamente descrito se aplicó en el intervalo (-100 km, 400 km), obteniéndose un valor de $p = (500 \pm 30)$ km. Con este valor de p se calculó la componente vertical del campo inducido. La Figura 3 muestra la parte interna de las v.g.d. y el campo inducido con el valor de p hallado, para las componentes horizontal (Fig 3a) y vertical (3b). Se puede ver que ambas componentes ajustan muy bien al norte y que la notable anomalía en el sur se ve claramente en ambas componentes, lo cual implica la presencia de una discontinuidad latitudinal en p , ya que si esta fuera paralela al perfil medido, no se detectaría en la componente horizontal.

3.2. Africa Central

Un análisis cualitativo de la parte interna de las v.g.d. (Fig 2b) muestra claramente una diferencia en la profundidad de la capa no conductora que parece mantenerse constante en los intervalos (-1200 km, -400 km) y (600 km, 1200 km). Por lo tanto se aplicó el modelo descrito en estas dos zonas.

En el intervalo al norte del ecuador magnético se consiguió un buen ajuste con $p=500 \pm 50$ km, mientras que en el sur el ajuste no es tan bueno y parecería que dentro de ese intervalo la profundidad de la capa no conductora aumentaría suavemente hacia el sur, teniendo una profundidad promedio igual al doble de la que tiene al norte (Fig. 4). Existe, por lo tanto, un fuerte gradiente en p localizado en el intervalo (-400 km, 600 km) alrededor del ecuador magnético.

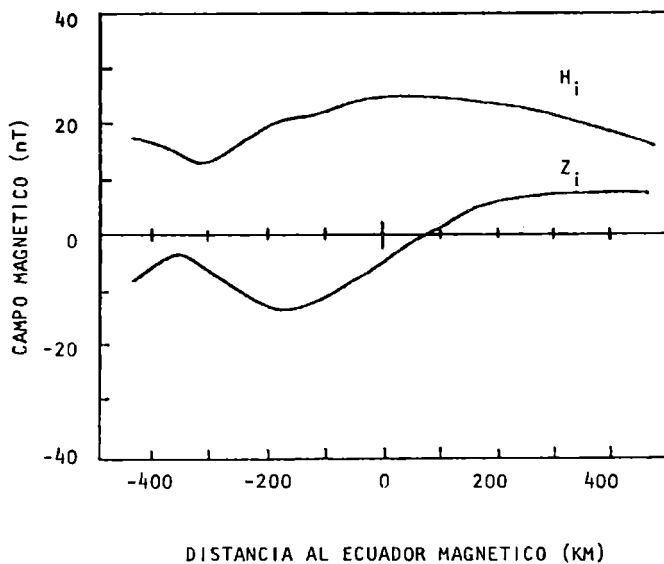


FIGURA 2a

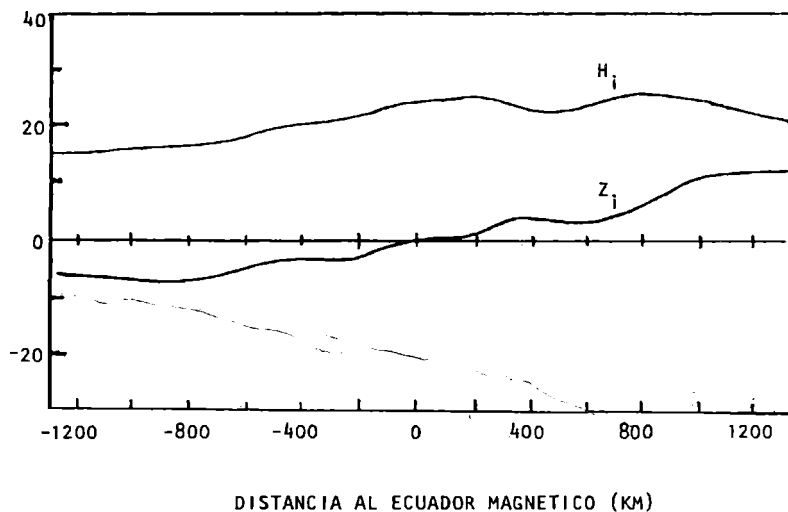


FIGURA 2b

Parte interna de las componentes horizontal (H_i) y vertical (Z_i) de las v.g.d. obtenidas en Nigeria (Fig. 2a) y Africa Central (Fig. 2b)

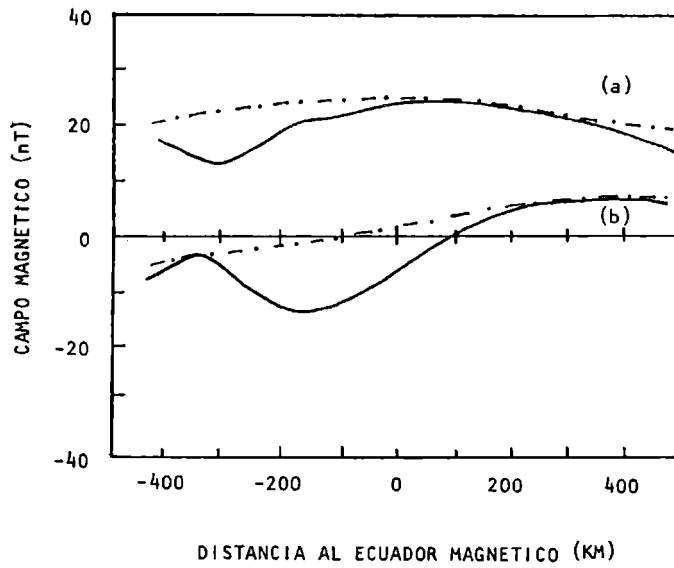


FIGURA 3

Parte interna de las v.g.d. (línea llena) y el campo inducido con $p = 500$ km (raya-punto) para las componentes horizontal (a) y vertical (b), en Nigeria.

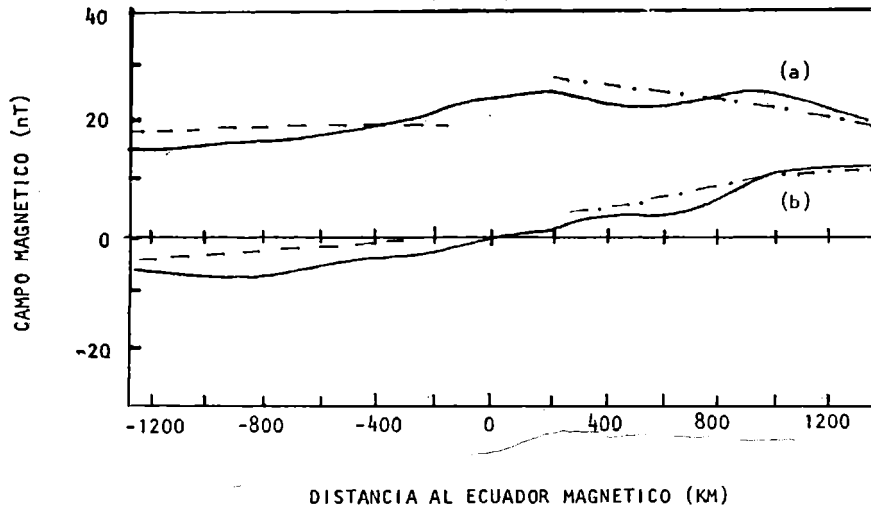


FIGURA 4

Parte interna de las v.g.d. (línea llena) y el campo inducido con $p = 500$ km (punto- raya) y $p = 1000$ km (raya) para las componentes horizontal (a) y vertical (b), en Africa Central.

4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La figura 5 muestra la ubicación de las cadenas usadas por Ogbuehi y Onwumechilli y por Fambitakoye.

Nótese que en ambas zonas se obtuvo que al norte, la profundidad de la capa no conductora permanece constante y aproximadamente igual a 500 km.

En el sur en cambio, no se logró un buen ajuste en Africa Central, mientras que en Nigeria, donde la cadena es mucho menos extensa se manifiesta, en forma clara, la presencia de una anomalía que podría estar extendida hacia el sur.

Esto permite concluir que, en la zona ecuatorial africana, el manto se encuentra a una profundidad relativamente constante al norte, con un valor medio de 500 km, y que aumenta progresivamente, hacia el sur del ecuador, llegando a duplicarse la profundidad que tiene al norte.

BIBLIOGRAFIA

- Duhau, S. y Osella, A.M., 1982: A correlation between measured E-region current and geomagnetic daily variation at equatorial latitudes; *J. Geomag. Geoelec.*, 34, 23.
- Duhau, S. y Osella, A.M., 1983: Estudio de la anomalía en la conductividad terrestre en la zona ecuatorial peruana I. Análisis del sistema de corrientes ionosféricas; *Geoacta*, XII (1)
- Fambitakoye, O., 1973: Effects induits par l'electrojet equatorial au centre de l'Afrique; *Ann. Geophys.* 29, 149.
- Onwumechilli, A., 1967: Physics of geomagnetic phenomena; Editado por Matsushita and Campbell, Vol. 1, pp. 426.
- Osella, A.M., 1983: Estudio de la anomalía en la conductividad terrestre en la zona ecuatorial peruana. II. Determinación de la profundidad de la capa no conductora; *Geoacta*, XII(1)
- Siebert, M. y Kerts, W., 1957: Zur Zerlegung eines lojaken erdmagnetischen Feldes in ausseren und inneren Anteil; *Narch. Akad. Wiss. Gottinger, Math-Physik kl*, N°5.

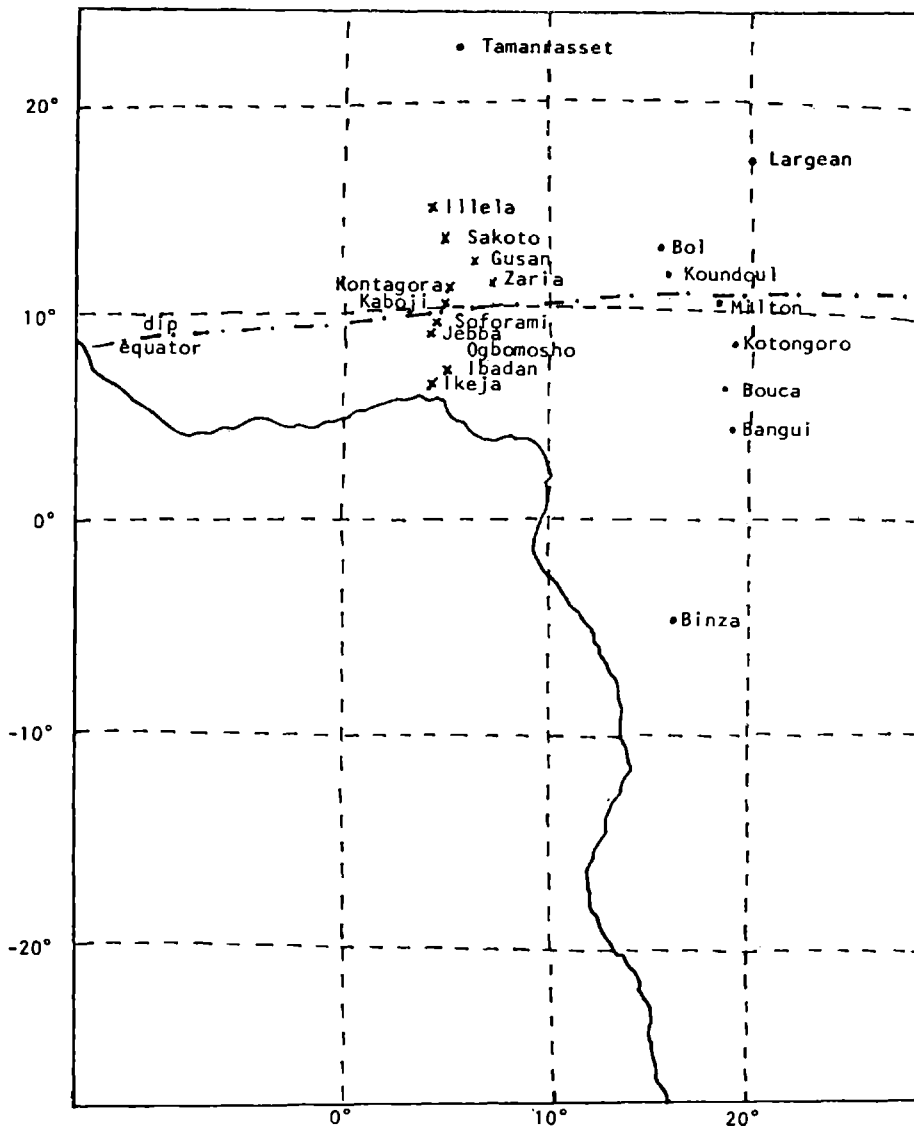


FIGURA 5

Ubicación de las estaciones usadas por Ogbuehi y Onwumechilli (ver Onwumechilli, 1967) (cruces) y por Fambitakoye (1973) (puntos)

