

VARIACIONES DIARIAS DE CARACTERISTICAS IONOSFERICAS SOBRE SAN MARTIN, PENINSULA ANTARCTICA Y CONCEPCION, CHILE, DURANTE LOS INTERVALOS PERTURBADOS DE OCTUBRE/NOVIEMBRE 2003
(Diurnal variation of ionospheric characteristics over San Martín, Antarctic Peninsula and Concepción, Chile, during disturbed intervals of October/November 2003)

Foppiano, A.J.^a; Mosert, M.M.^b; Ovalle, E.^a y Araujo, J.^c

^aDepartamento de Geofísica, Universidad de Concepción, Chile

^bComplejo Astronómico “El Leoncito”, San Juan, República Argentina

^cInstituto Antártico Argentino, Buenos Aires, República Argentina

1. INTRODUCCION

Los efectos ionosféricos observados antes, durante y después de una tormenta geomagnética se han estudiado por décadas. En los últimos años se han reportado descripciones nuevas de algunos de estos fenómenos, particularmente en la región F, y se ha sugerido posibles escenarios y modelos, especialmente para latitudes medias (Rodger et al., 1989; Mendillo et al., 1992; Prölss, 1997; Field et al., 1998; Fuller-Rowell and Codrescu, 1998; Danilov, 2001; Meléndez et al., 2005). En este trabajo solo se describe variaciones diarias de algunas características ionosféricas determinadas usando ionogramas de Octubre y Noviembre de 2003 obtenidos en San Martín (68.1°S; 67.1°W), Península Antártica, y Concepción (36.8°S; 73.0°W), Chile. En algunos de estos días se observaron actividades solares y geomagnéticas extraordinariamente altas (e.g. Lopez et al., 2004)

2. MATERIALES Y METODOS

Las características ionosféricas se han determinado siguiendo los estándares internacionales. En este trabajo se han considerado la f_{min} – frecuencia mínima para la que se observan ecos verticales, f_oE – frecuencia máxima de una onda ordinaria que se refleja desde la región E, fEs – frecuencia máxima desde una capa Es, f_oF2 – frecuencia máxima desde la región F, $h'E$ – altura virtual de la región E, $h'F$ – altura virtual de la región F, y $M3000F$ – el factor de transmisión para propagación vía región F a una distancia de 3000 km. Se usan los valores de las características correspondientes a cada hora del día, y a veces cada 15 minutos, para todos los días de Octubre y Noviembre de 2003. Para hacer las observaciones en San Martín y Concepción se usaron ionosondas (IPS 42) y antenas asociadas (deltas cruzadas) iguales, y también en ambos casos se grabaron los ionogramas en formato digital.

Para determinar los valores de referencia de las características ionosféricas correspondientes a condiciones solares y geomagnéticas quietas se seleccionaron los valores determinados cada 15 minutos durante los días 4, 5, 8, 9, 10, 11 y 12 de Octubre, para los cuales los índices solar y geomagnético son $F10.7 < 119$ y $A_p < 7$. Los valores se suavizaron usando un promedio móvil de 9 puntos mas un ajuste que sigue la forma de una “spline” cúbica. Solo se incluyeron valores no calificados con símbolos alfabéticos de umbral (D – mayor que, y E – menor que). Hay horas del día para las cuales no se puede obtener valores de referencia precisos, particularmente para Concepción, debidos

fundamentalmente al malfuncionamiento del ionosonda. Ello ocurre básicamente alrededor de medio día y para las características h'F y M3000F.

Para identificar los intervalos de gran actividad solar y geomagnética se usaron los índices de ocurrencia de llamaradas solares y de nivel de actividad geomagnética Kp y Dst. Estos se obtuvieron del Preliminary Report and Forecast of Solar Geophysical Data (sec.noaa.gov/weekly) y del National Geophysical Data Centre (ngdc.noaa.gov/STP).

3. RESULTADOS

La Figura muestra, solo a manera de ejemplo, las variaciones diarias de las características ionosféricas foE, foF, fmin, h'E, h'F en San Martín y Concepción para el 28 de Octubre de 2003, junto con las variaciones de los índices Kp y Dst. También se incluyen las variaciones diurnas de referencia. Todas las variaciones tienen como eje del tiempo la hora local correspondiente a Concepción (las variaciones para San Martín se han corrido una hora hacia la izquierda para que los valores de las características mostrados sean simultáneos).

Uno de los efectos más espectaculares en la ionosfera sobre ambos lugares es, evidentemente, la ionización masiva de la región D y la parte baja de la región E. Esto se observa en el repentino aumento de la fmin a las 05:15, la posterior condición de "apagón" (ionogramas en blanco, sin ecos) durante varias horas y la lenta recuperación hasta llegar a la normalidad alrededor de las 18:00 en Concepción y algo más tarde en San Martín. Esta ionización es sin duda el resultado de la llamarada solar de protones tipo X 17/413 producida por la Región 486 que tuvo su máxima intensidad a las 11:10 TUC. Como siempre ocurre en estos casos, no se puede documentar los efectos de la llamarada sobre las otras características por la condición de "apagón". Sin embargo, al menos se puede ver aumentos en concentración electrónica máxima de la región E (ver evolución de la foE), cuando esta región ya se puede ver, entre las 1600 y 1800, en ambos lugares.

Aunque la actividad geomagnética durante el día 28 no es muy grande (Kp entre 3 y 5), probablemente está asociada a masas coronales eyectadas desde el Sol después de las llamaradas tipos X1/3b de la Región 486 que ocurrió a las 06:54 TUC y X1/In de la Región 484 que ocurrió a las 18:19 TUC del día 26 de Octubre, y que produjeron "apagón" en su momento tanto en San Martín como en Concepción. Los efectos de esta actividad pudieran ser los que se observan en la concentración electrónica máxima y en la altura de la región F, que se pueden ver (foF2 y hF) en horas de la madrugada y noche, cuando la región F está visible en los registros. En San Martín son menores, tal vez excepto alrededor del medio día, donde se observa una disminución de la concentración por un par de horas (a veces llamada fase negativa). Es notable que la concentración electrónica siga una evolución prácticamente normal en horas de la tarde y noche, donde incluso reproduce el típico máximo secundario que se observa a esas latitudes en primavera y verano, después del equinoccio (asociado a fenómenos de transporte en la región). Por su parte, en Concepción, la concentración electrónica es significativamente mayor que la normal tanto en la madrugada como en la noche, en lo que podría corresponder a una fase positiva. Por su parte, las alturas de la región F sí muestran una asociación con el nivel de actividad

geomagnético moderado. Prácticamente a toda hora en que se puede observar dichas características, las alturas son mayores que las normales en los dos lugares, particularmente en San Martín en la madrugada y la noche.

4. CONCLUSIONES

Se ha logrado documentar algunos efectos de los niveles excepcionales de las actividades solares y geomagnéticas experimentadas en Octubre y Diciembre de 2003 sobre varias características ionosféricas observadas sobre San Martín, Península Antártica, y Concepción, Chile. En particular, la ionización masiva de la región D producida por las llamaradas solares especialmente intensas, y los aumentos y disminuciones de la concentración electrónica máxima de la región F asociadas a las tormentas geomagnéticas notables.

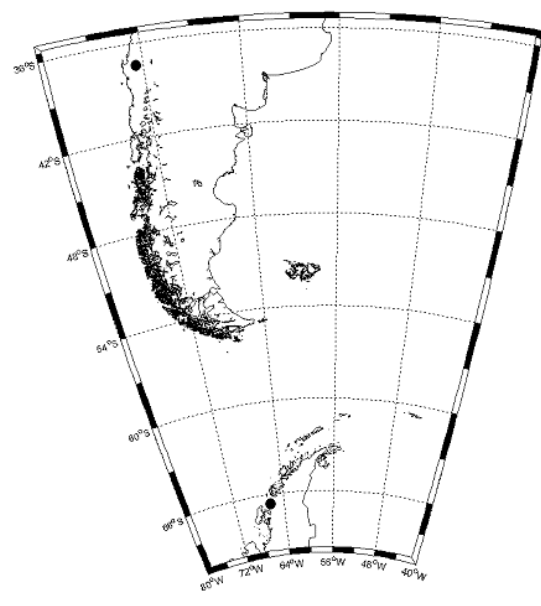
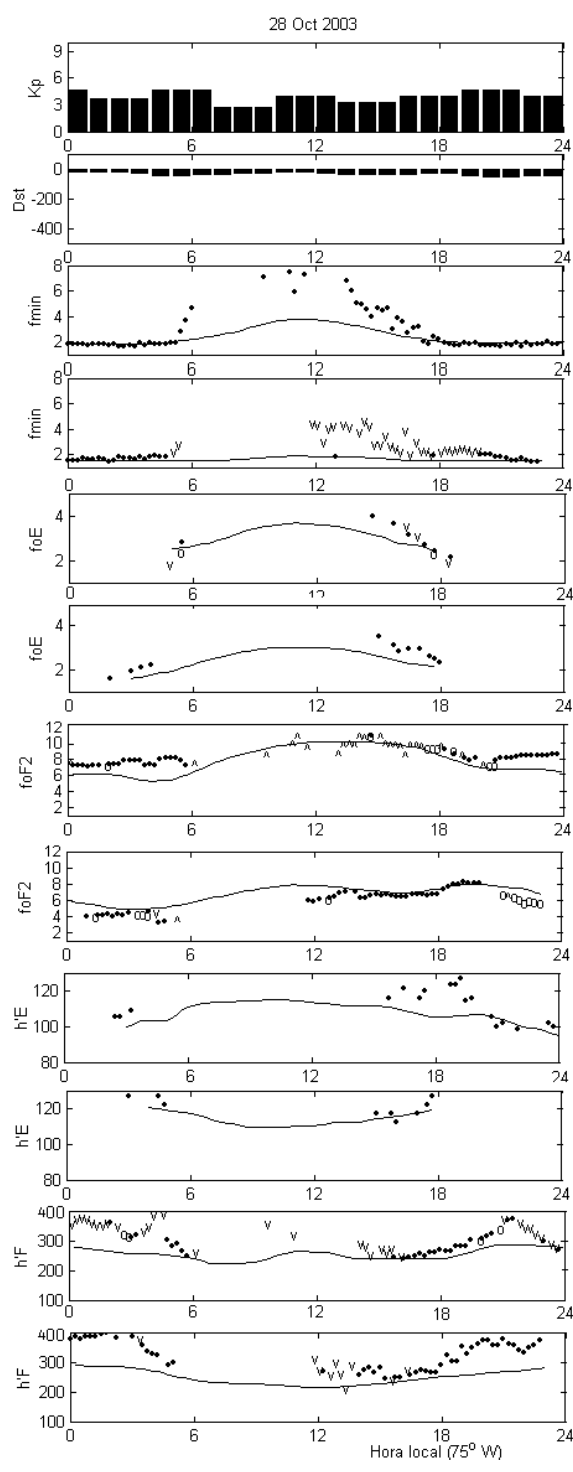
Se espera poder determinar las variaciones diarias de las características ionosféricas sobre otros lugares ubicados entre San Martín y Concepción, en el mismo sector de longitudes, para intentar determinar la velocidad de propagación de los efectos sobre la región F. Esto permitiría, eventualmente, fijar límites superiores para este tipo de efectos.

Agradecimientos

Nuestros especiales agradecimientos a los abnegados operadores de los ionosondas de San Martín y Concepción. Los ionogramas de San Martín fueron gentilmente interpretados y escalados por Oscar Abarca, y los de Concepción por Avelino Sáez, sin el concurso de los cuales no habría sido posible realizar este trabajo.

Referencias

- Danilov, A.D. 2001. F2 Region Response to Geomagnetic Disturbances. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*: 63 (5), 441-449.
- Field, F.R., Rishbeth, H., Moffett, R.J., Idenden, D.W., Fuller-Rowell, T.J., Millward, G.H. and Aylward, A.D. 1998. Modelling Composition Changes in F-Region Storms. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*: 60 (5), 523 – 543.
- Fuller-Rowell, T.J. y Codrescu, M.V. 1998. How Does the Thermosphere and Ionosphere React to a Geomagnetic Storm. In: *Magnetic Storms Geophysical Monograph 98*, AGU, 203-225.
- Lopez, R.E., Baker, D.N. y Allen, J. 2004. Sun unleashes halloween storms. *EOS*:85, 105, 108.
- Meléndez Oliveros, B., Martín Hernández, R. y Palacio Suarez, L. 2005. On the onset and meridional propagation of the ionospheric F2-region response to geomagnetic storms. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*: 67(17-18), 1706-1714.
- Mendillo, M., He, X.Q. y Rishbeth. H. 1992. How the Effects of Winds and Electric Fields in F2-Layer Storms vary with Latitude and Longitude: A Theoretical Study. *Planetary and Space Science*: 40 (5), 595-606.
- Pröller, G.W. 1997. Magnetic Storms Associated Perturbations of the Upper Atmosphere. In: *Magnetic Storms. Geophysical Monograph 98*, AGU, 227-241.
- Rodger, A S; Wrenn, G L and Rishbeth, H. 1989. Geomagnetic storms in the Antarctic F-region. II Physical interpretation. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*: 51, 851-866.



(a) Ubicación de las estaciones ionosféricas usadas: San Martín (68.1°S; 67.1°W) y Concepción (36.8°S; 73.0°W).

(b) Variaciones diarias de características ionosféricas y de índices geomagnéticos Kp y Dst para el 28 de Octubre de 2003. ● valor preciso (sin letra calificativa). ○ valor dudoso (letra calificativa U). ^ mayor que (letra calificativa D), v menor que (letra calificativa E). ----- valores de referencia correspondiente a intervalos de condiciones solares y geomagnéticas quietas (F10.7 < 119; Ap < 7). El panel superior para cada característica ionosférica corresponde a Concepción.