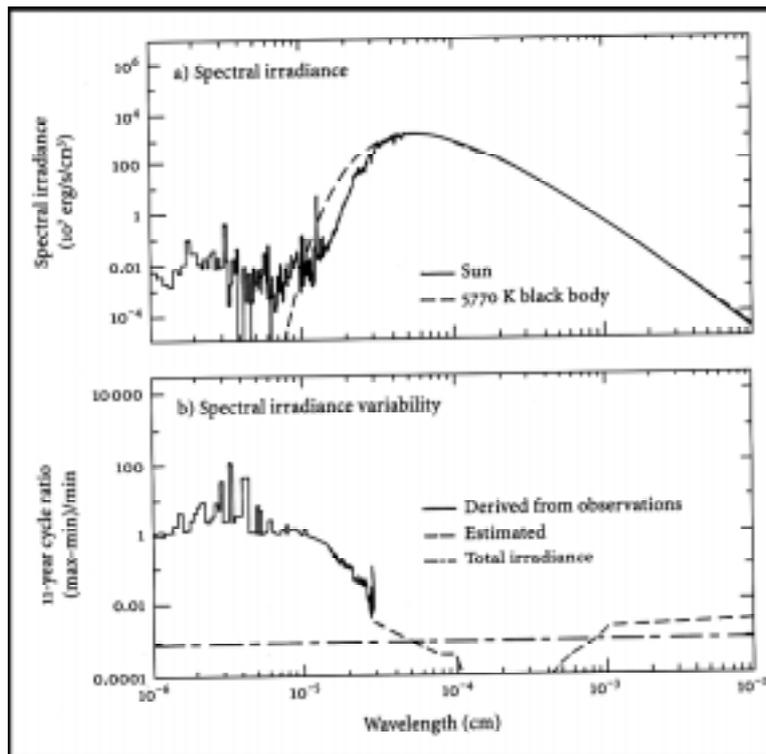


LA VARIACION DE LA RADIACION SOLAR Y SU RELEVANCIA PARA LA TIERRA

Tabaré Gallardo, Dpto. Astronomía, IFFC

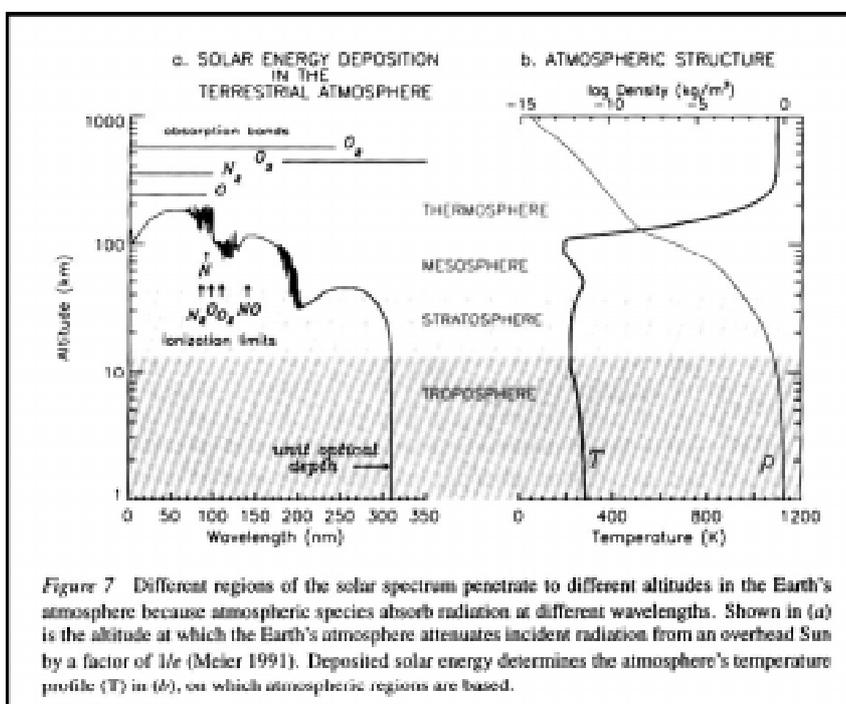
Los fenómenos magnéticos son fuente de significativa variación de radiación solar. Además del período de 27 días debido a la rotación solar, estos fenómenos presentan un ciclo de 11 años que, muy probablemente, es debido a la distorsión de las líneas de campo debido a la rotación diferencial del Sol. No es posible afirmar esto con certeza aun debido a que el monitoreo sistemático del sol es muy reciente cubriendo apenas 2 ciclos. Algunos investigadores sostienen que el ciclo de 11 años y sus variaciones a lo largo de la historia podría estar vinculado al movimiento del Sol en torno del baricentro del sistema solar determinado fundamentalmente por el planeta Júpiter. La variación de la actividad magnética produce cambios en el aspecto de las manchas solares, faculas y plagas que alteran el flujo neto del Sol modificando la densidad y temperatura de su atmósfera. La actividad solar no afecta al espectro solar de manera uniforme. Manchas y faculas por ejemplo afectan el visible e infrarrojo, en cambio las plagas incrementan el flujo en UV. La radiación de la corona tiene su efecto en UV pues la emisión del plasma es aumentada en los bucles de los campos magnéticos ubicados sobre las grandes regiones activas que incluyen las manchas fotosféricas y las plagas cromosféricas. Si bien la actividad solar presenta fluctuaciones seculares y de varias décadas no hay registros confiables de la variación de la radiación total la cual debe medirse desde el espacio. Como las estrellas sin aparente actividad son menos brillantes que aquellas con ciclos de actividad se ha especulado con la posibilidad de que durante el Mínimo de Maunder (siglo 17) el flujo total solar haya disminuido explicando así la edad de frío que entonces se vivió en Europa. En ese período, además de la ausencia de manchas pudo haber una disminución del período de rotación y un aumento del diámetro solar.

Durante el ciclo de 11 años la variación observada de la radiación total es de aproximadamente 0.15%, pero en el extremo ultravioleta la radiación puede llegar al 100%.

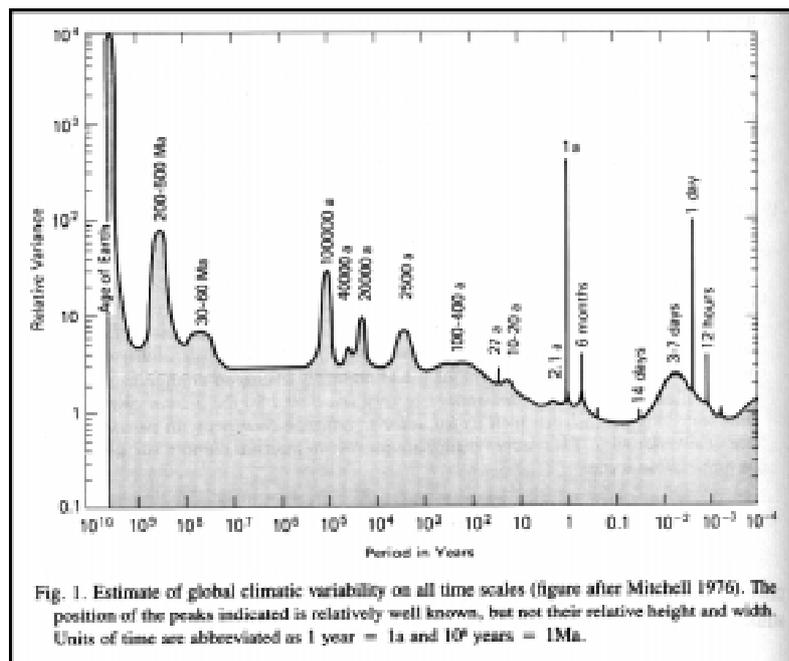
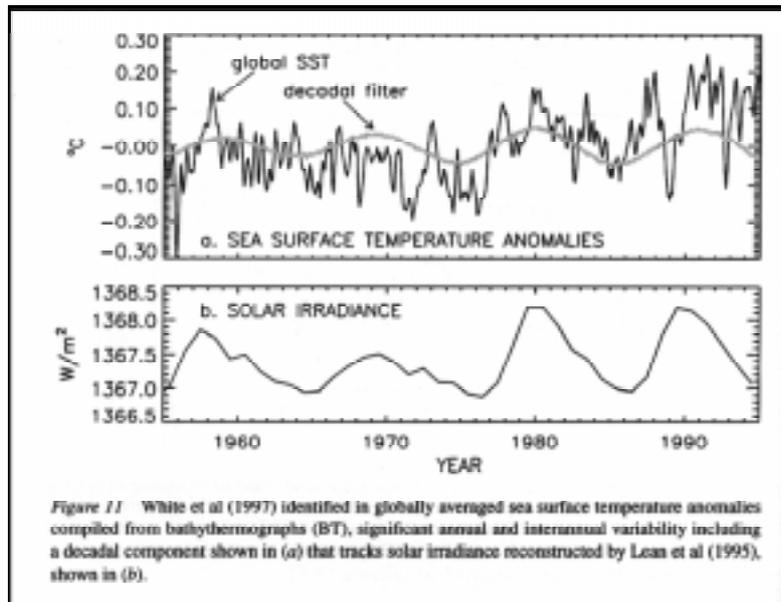


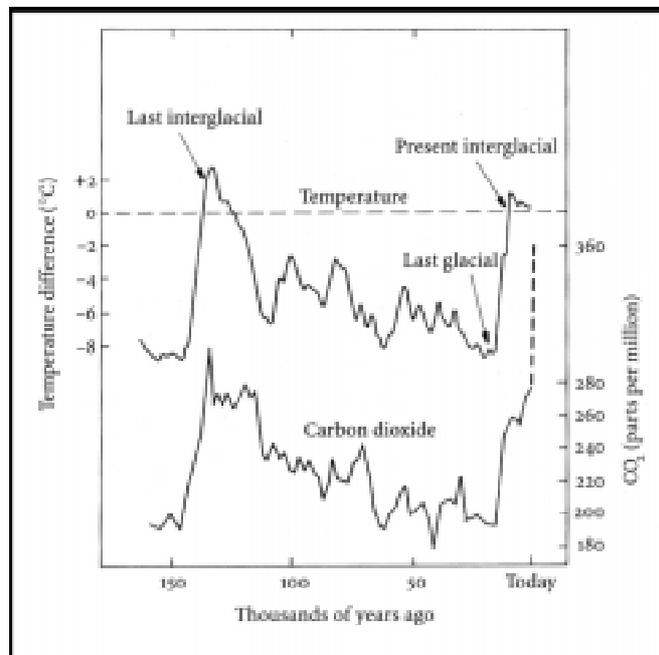
La atmosfera terrestre, una mezcla de gases que se extiende centenares de kilometros por encima de su superficie, es relativamente transparente al visible e IR proximo permitiendo que el 99% de la radiacion solar logre penetrar en la **troposfera**, donde reside el grueso de la atmosfera, donde el tiempo y el clima tienen lugar y donde tiene lugar la biosfera. El 33% de esa energia es reflejada y el 67% es absorbida por el suelo y atmosfera produciendo una temperatura de equilibrio de 255 K. A esta temperatura la Tierra reemite radiacion infrarroja que es reabsorbida por los gases de la atmosfera. Debido a este **efecto invernadero** la temperatura superficial de la Tierra llega a los 288 K.

La radiacion UV solar si bien es solo el 1% y no afecta directamente la superficie terrestre **controla todo el perfil termico de la atmosfera** por encima de la troposfera y la mayor parte de los procesos quimicos, dinamicos y radiativos. La radiacion UV absorbida por el ozono a algunas decenas de kms de altura es la responsable del calentamiento de la **estratosfera**. Mas arriba el oxigeno molecular se disocia debido a la radiacion UV generando los atomos que permiten la formacion del **ozono**. Tanto el oxigeno como el nitrógeno absorben UV siendo los responsables de la temperatura de la **termosfera** (1000 K) a alturas superiores a los 200 km. Finalmente la radiacion UV es la responsable de la ionizacion del nitrógeno y oxigeno formandose como consecuencia una atmosfera de plasma debilmente ionizado llamada **ionosfera** que se encuentra embebida en la atmosfera neutra entre los 50 y los 1000 kms.



Se han encontrado ciclos de 11 y 22 años en un amplio espectro de datos climáticos como temperaturas de tierra, océanos y troposfera, lluvias, incendios forestales y ciclones. En escalas de tiempo mayores en los **registros paleoclimáticos** es evidente una periodicidad de edades de hielo que ocurren cada 100000 años que parece asociada a las oscilaciones en la excentricidad de la órbita terrestre (**efecto Milankovitch**) pero que los modelos climáticos no han logrado aun explicar.





La temperatura superficial terrestre ha crecido en correlacion con el incremento de CO2 por parte del hombre. Sin embargo existen indicaciones de variaciones en la temperatura del planeta en periodos anteriores a la industrializacion (de 1610 a 1800) que parecen responder a la actividad solar. Por ejemplo, la edad de frio vivida en europa en donde la temperatura media bajo 0.5 grados coincidente con el minimo de Maunder pudo ser originada por un decrecimiento de 0.25% en la radiacion total del Sol.

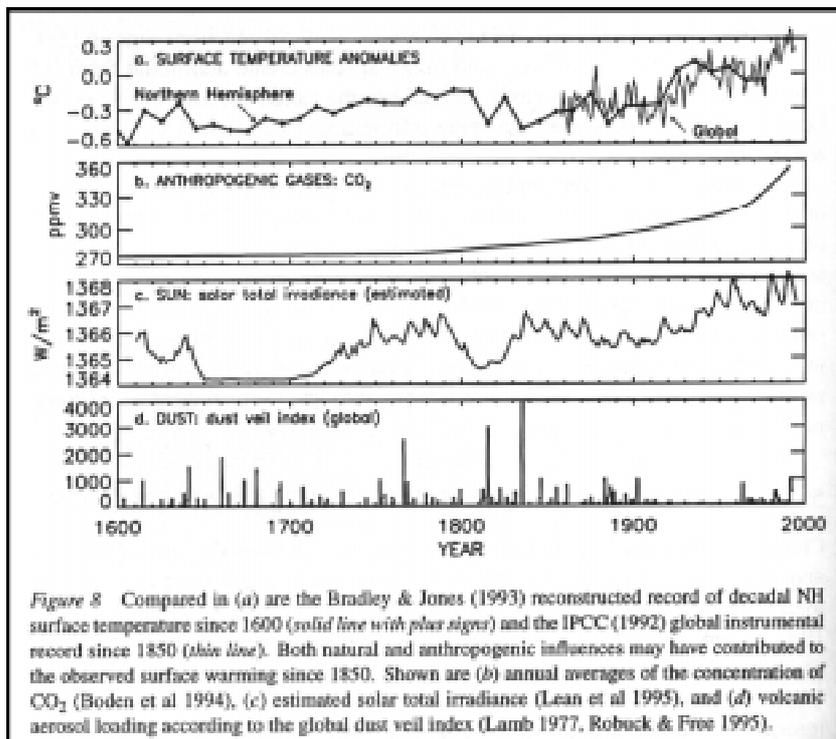
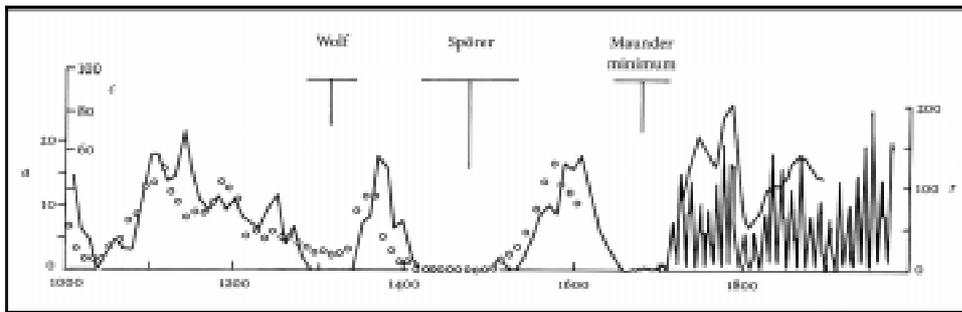


Figure 8 Compared in (a) are the Bradley & Jones (1993) reconstructed record of decadal NH surface temperature since 1600 (solid line with plus signs) and the IPCC (1992) global instrumental record since 1850 (thin line). Both natural and anthropogenic influences may have contributed to the observed surface warming since 1850. Shown are (b) annual averages of the concentration of CO₂ (Boden et al 1994), (c) estimated solar total irradiance (Lean et al 1995), and (d) volcanic aerosol loading according to the global dust veil index (Lamb 1977, Robuck & Free 1995).



La concentración media de ozono en la atmósfera terrestre muestra una constante caída en los 20 años lo cual implica un incremento sostenido del flujo UV sobre la superficie. Esto es atribuido al efecto de los CFC producidos por el hombre. Además el CO₂ producido por el hombre puede estar enfriando la estratosfera y con esto alterando la capacidad del ozono de reaccionar con otros componentes atmosféricos. Son muchos los factores que se combinan para alterar la concentración de ozono y no es sencillo obtener un modelo que lo explique satisfactoriamente. Por ejemplo, si bien es cierto que una mayor actividad solar implica mayor destrucción del ozono también es cierto que cuanto mayor sea la radiación UV que llega a la atmósfera habrá mayor producción de O atómico y en consecuencia mayor tasa de producción de moléculas de ozono.

Las alteraciones de los niveles de ozono podrían producir un calentamiento o un enfriamiento neto en la Tierra dependiendo del balance de energías entre UV e IR. Asimismo, variaciones en los gradientes de temperatura entre troposfera y estratosfera pueden alterar significativamente la circulación en todo el globo modificando el tiempo y clima.

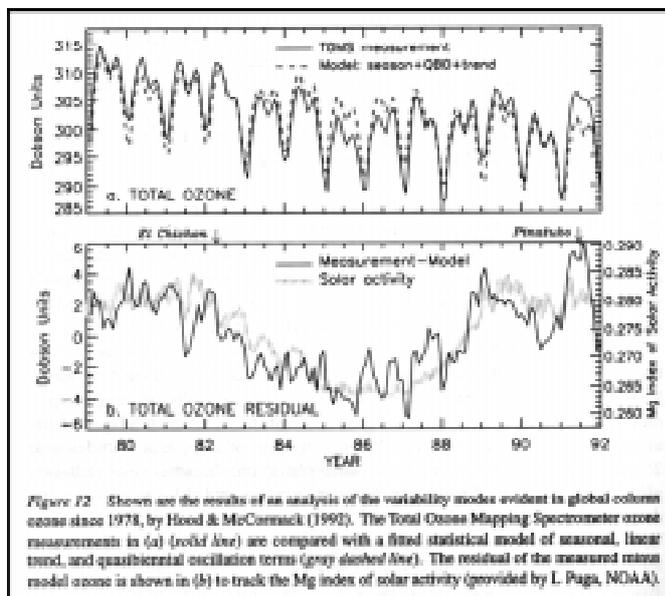


Figure 72 Shows the results of an analysis of the variability modes evident in global column ozone since 1978, by Hood & McCormick (1992). The Total Ozone Mapping Spectrometer ozone measurements in (a) (solid line) are compared with a fitted statistical model of seasonal, linear trend, and quasi-biennial oscillation terms (grey dashed line). The residual of the measured minus model ozone is shown in (b) to track the Mg index of solar activity (provided by L. Paga, NOAA).