

C2.1

## Climatología Física de la Antártida

- **Conceptos básicos de Radiación**
- **Balance de Radiación Global**
- **Balance de Radiación en la Antártida**

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.2

## Radiación

Es la transferencia de energía por **ondas electromagnéticas** que se produce desde la fuente hacia fuera y en todas las direcciones y a través del espacio o algún medio.

La energía viaja en forma de ondas que liberan energía cuando son absorbidas por un objeto. Estas ondas se denominan electromagnéticas debido a que poseen propiedades eléctricas y magnéticas.

---

---

---

---

---

---

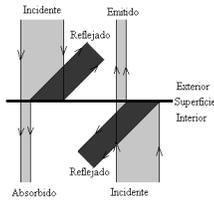
---

---

C2.3

## Propiedades de la superficie de un cuerpo

Sobre la superficie de un cuerpo **incide constantemente energía radiante**, tanto desde el interior como desde el exterior, la que **incide desde el exterior procede de los objetos que rodean al cuerpo**. Cuando la energía radiante incide sobre la superficie una parte se refleja y la otra parte se transmite.



Si la superficie es lisa y pulida, como la de un espejo, la mayor parte de la energía incidente se refleja, el resto atraviesa la superficie del cuerpo y es absorbida por sus átomos o moléculas.

---

---

---

---

---

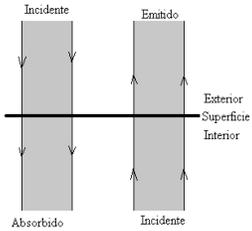
---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.4

### Caso especial



**Toda la energía incidente desde el exterior es absorbida, y toda la energía incidente desde el interior es emitida**

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.5

### Definición: CUERPO NEGRO

Es un cuerpo que emite (o absorbe) radiación electromagnética con un 100% de eficiencia en todas las longitudes de onda.

La radiación emitida por un cuerpo negro se denomina radiación de cuerpo negro.

La superficie terrestre y el Sol absorben y emiten radiación con una eficiencia cercana al 100% y pueden ser considerados cuerpos negros.

---

---

---

---

---

---

---

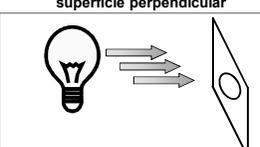
---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.6

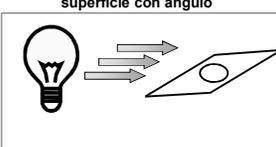
### Definición: FLUJO

Es la cantidad de energía o material que atraviesa un área determinada en forma perpendicular en una unidad de tiempo. Depende de la distancia a la fuente de energía.

superficie perpendicular



superficie con ángulo



---

---

---

---

---

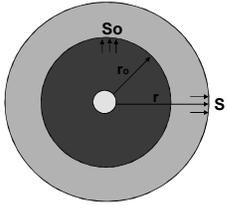
---

---

---

C2.7

### Ley del cuadrado inverso



$$S = S_0 (r_0 / r)^2$$

↓

Si se duplica la distancia a la fuente de energía, la intensidad de la radiación disminuye en un factor de (1/4)

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.8

### Ley de Wien

El flujo de radiación emitido por un cuerpo negro es máximo para una longitud de onda  $\lambda_{m\acute{a}x}$  que depende inversamente de la temperatura del cuerpo:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \beta / T$$

$\beta = \text{constante} = 2898 \mu\text{m K}$   
 $T = \text{temperatura absoluta (K)}$

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.9

### Ley de Stefan-Boltzmann

El flujo de energía emitido por un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo.

$$E = \sigma T^4$$

$\sigma = \text{constante} = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Watt m}^{-2} \text{ K}^{-4}$   
 $T = \text{temperatura absoluta (K)}$

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.10

## Radiación solar

La radiación solar que llega al sistema Tierra-atmósfera se conoce también con el nombre de **radiación de onda corta** por los valores de longitud de onda en que se concentra el máximo de emisión de energía solar.

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.11

### EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Se constituye por el rango total de tipos de radiación electromagnética que difieren por sus longitudes de onda.

**LUZ VISIBLE**  
Las radiaciones sólo son visibles dentro de este espectro.  
El color de la luz depende de su longitud de onda.

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.12

Alrededor del 40% de la energía del Sol es emitida en longitudes de onda más largas que el límite visible de 700 nm que constituyen la **radiación infrarroja (IR)**. Las ondas infrarrojas tienen longitudes de onda entre 1.000 nm y 1.000.000 nm.

Aproximadamente el 44% de la energía emitida por el sol corresponde a la **radiación visible**, en el rango entre 400y 700 nm.

Aproximadamente el 10% de la energía del Sol es emitida en longitudes de onda más cortas que aquellas de la luz visible, que constituyen la **radiación ultravioleta (UV)**. Las longitudes de ondas ultravioletas son aquellas menores que 400 nm.

---

---

---

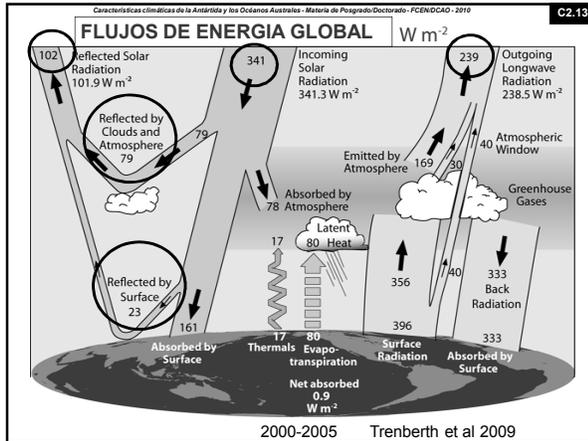
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.14

## Reflexión

Aproximadamente el 30% de la energía solar que llega al tope de la atmósfera es reflejada al espacio por lo que no interviene en el calentamiento de la atmósfera.

La fracción de la radiación reflejada por la superficie terrestre se denomina **albedo**.

Depende por ejemplo, de la naturaleza de la superficie y la inclinación de los rayos solares.

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.15

superficie	albedo (%)
nieve fresca	80-85
arena	20-30
pasto	20-25
bosque	5-10
suelo seco	15-25
agua (Sol cerca del horizonte)	50-80
agua (Sol cerca del cenit)	3-5

**Albedo promedio de la Tierra = 30%**

---

---

---

---

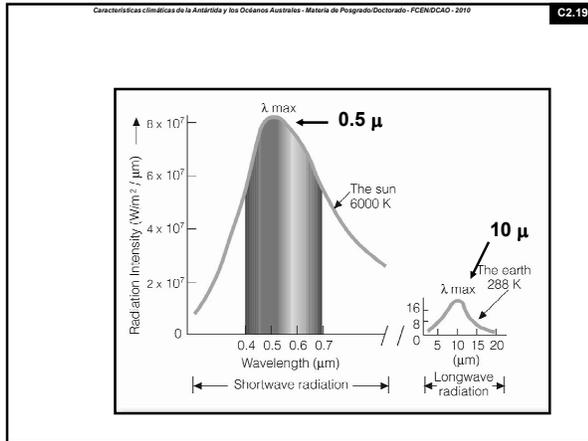
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.20

### Radiación terrestre

- Aproximadamente el 51% de la energía solar que alcanza el tope de la atmósfera llega a la superficie terrestre en *forma directa o difusa* y es absorbida por el suelo.
- La mayor parte de esta energía es reirradiada hacia el cielo en **longitudes de onda infrarrojas**. La radiación terrestre se emite en longitudes de onda comprendidas entre  $1 \mu m$  y  $30 \mu m$  con un máximo en  $10000 \text{ nm}$  ( $10 \mu m$ ). La atmósfera no absorbe radiación de onda larga en la banda entre  $8 \mu m$  y  $11 \mu m$ .
- Este rango de longitudes de onda se denomina **ventana de radiación** debido a que la atmósfera permite que esa radiación escape al espacio exterior.

---

---

---

---

---

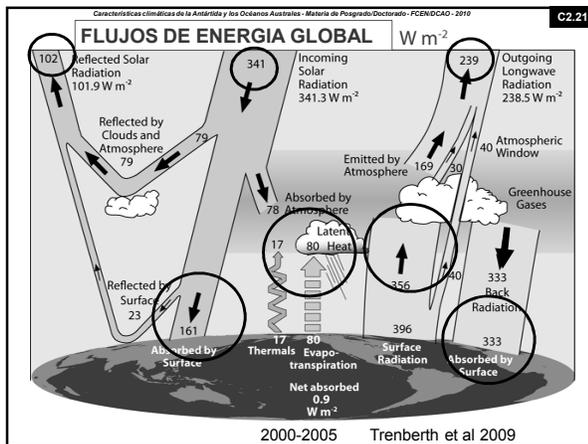
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAD - 2010 C2.22

### Radiación neta de onda corta ( $W/m^2$ )

Net Short-Wave Radiation Sun

Este mapa fue generado por el sistema de información geográfica ArcView 3.2a. Fuente: Repertorio de Datos de la Universidad de Oregon, 2004

Valores positivos representan energía que se recibe en la superficie y valores negativos energía emitida desde la superficie

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAD - 2010 C2.23

### Radiación neta de onda larga ( $W/m^2$ )

Net Long-Wave Radiation Dark

Este mapa fue generado por el sistema de información geográfica ArcView 3.2a. Fuente: Repertorio de Datos de la Universidad de Oregon, 2004

**Radiación neta de onda larga =  $OL\downarrow - OL\uparrow$**

Valores positivos representan energía que se recibe en la superficie y valores negativos energía emitida desde la superficie

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAD - 2010 C2.24

### Radiación neta ( $W/m^2$ )

Short-Wave Radiation Sun

Long-Wave Radiation Dark

Net Radiation

Este mapa fue generado por el sistema de información geográfica ArcView 3.2a. Fuente: Repertorio de Datos de la Universidad de Oregon, 2004

**Radiación neta = Radiación neta OC + Radiación neta OL**

---

---

---

---

---

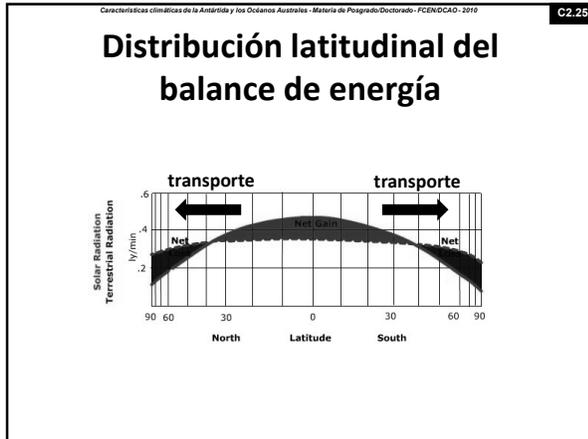
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

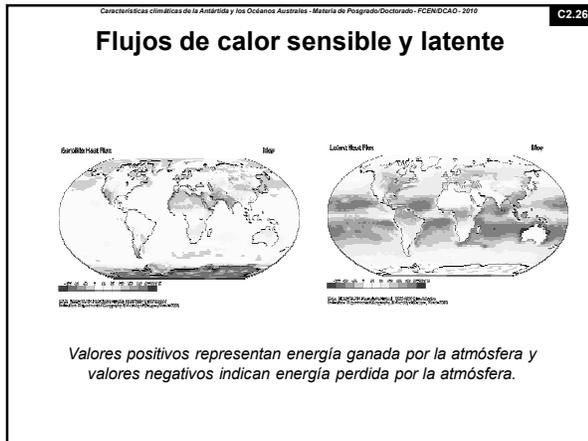
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

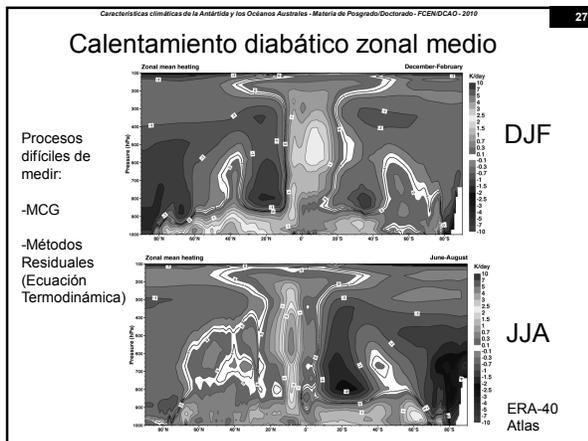
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

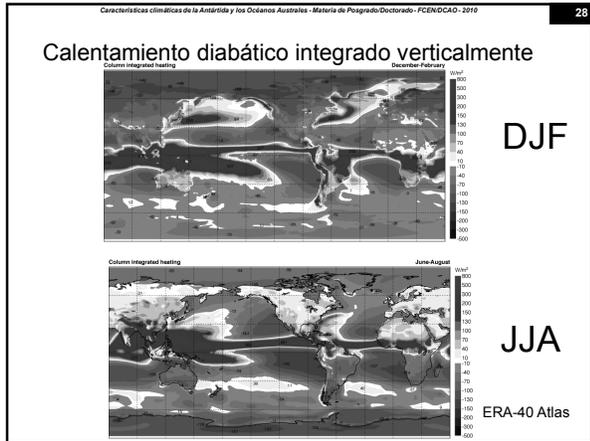
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

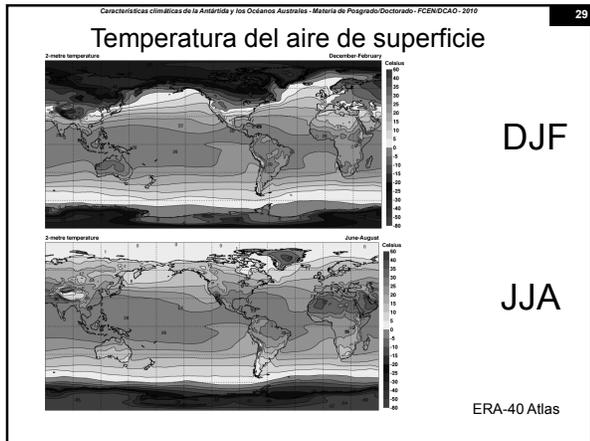
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

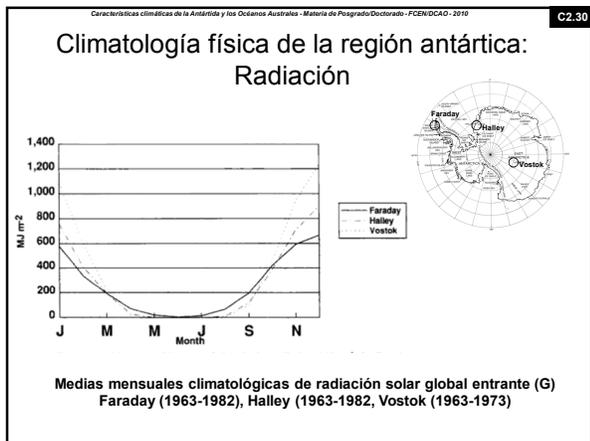
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.31

### Albedos típicos de superficie encontrados en la Antártida

Surface type	Albedo (%)	Reference
Snow on the plateau	80-90	Gardiner and Shanklin (1989)
		Dolgina <i>et al.</i> (1976)
		Dalrymple <i>et al.</i> (1966)
Blue ice	69	Weller (1980)
Sea water	10-15	Lamb (1982)
Sea ice (concentration >85%)	75-80	Weller (1980)
Sea ice (concentration 15-85%)	54	Grenfell (1983)
		Weller (1980)
Bare ground (Bunger Oasis)	15-20	Solopov (1969)

---

---

---

---

---

---

---

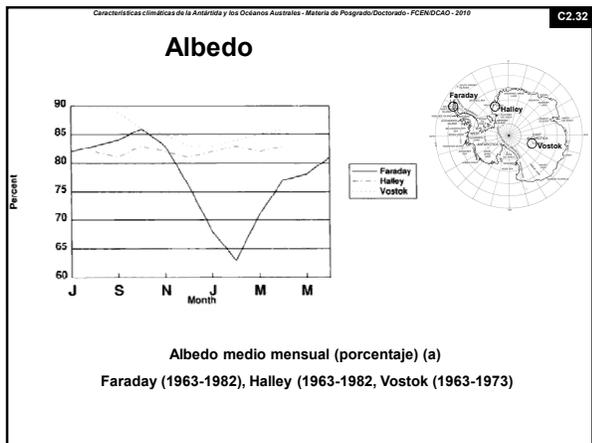
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

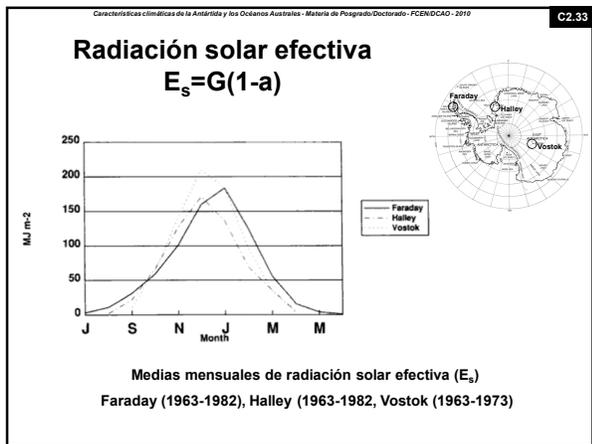
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

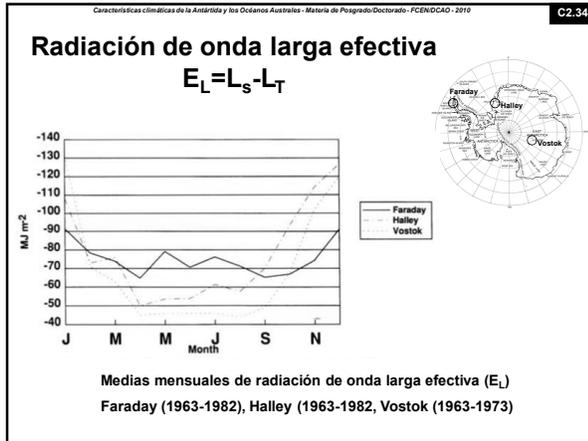
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

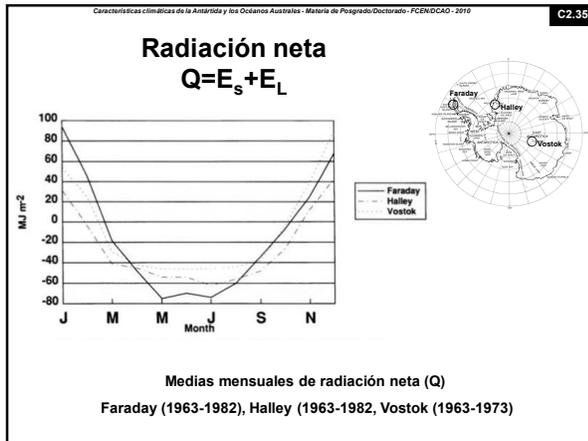
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

C2.36

### Las nubes y la radiación neta:

- Las nubes afectan el balance de radiación:
  1. reflejando parte de la radiación solar incidente
  2. aumentando la radiación de onda larga hacia abajo
- Sobre superficies de gran albedo (hielo) domina (2.)
  - Aumento de la nubosidad -> aumenta el calentamiento radiativo neto
- Sobre el océano abierto domina (1.)
  - Aumento de la nubosidad -> enfriamiento de la superficie

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCIAO - 2010

C2.37

## Balance de radiación en el hielo marino

- Albedo del hielo marino muy variable (40%-90%)
- Durante el invierno mayor pérdida de radiación en las zonas de hielo marino que en el continente
- Durante el verano, el albedo relativamente bajo -> mayor absorción de radiación que en el continente.




---

---

---

---

---

---

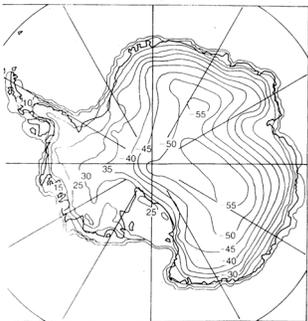
---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCIAO - 2010

C2.38

## Temperatura



**Medias anuales de la temperatura de superficie sobre la Antártida, deducida de mediciones de temperatura de la nieve**

(Conolley and Cattle, 1994)

---

---

---

---

---

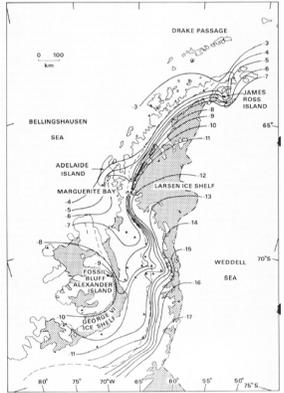
---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCIAO - 2010

C2.39



**Temperatura media anual en la Península Antártica, deducida de mediciones de temperatura de nieve y de observaciones de estaciones**

(Reynolds, 1981)

---

---

---

---

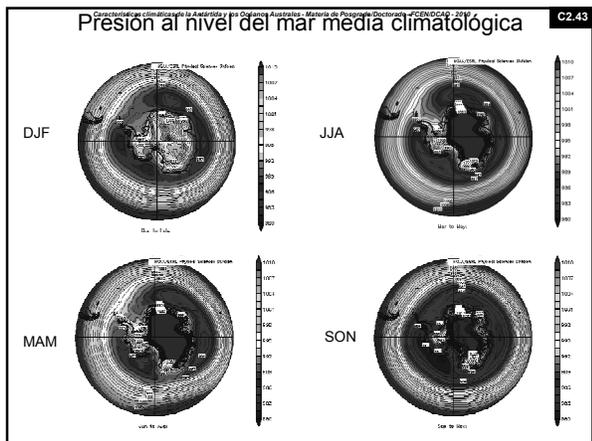
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

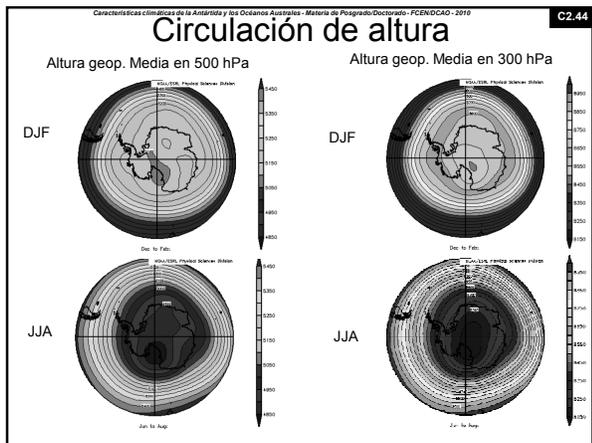
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

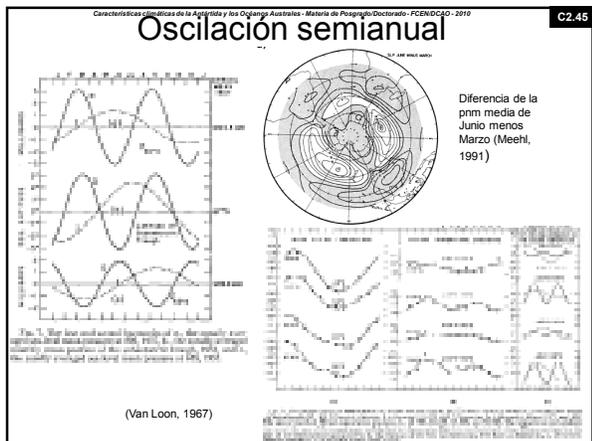
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

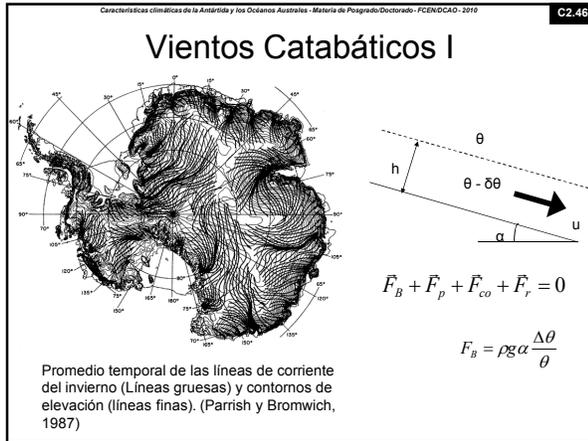
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

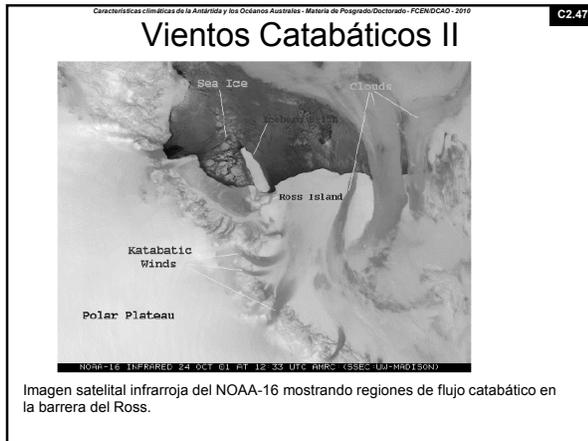
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

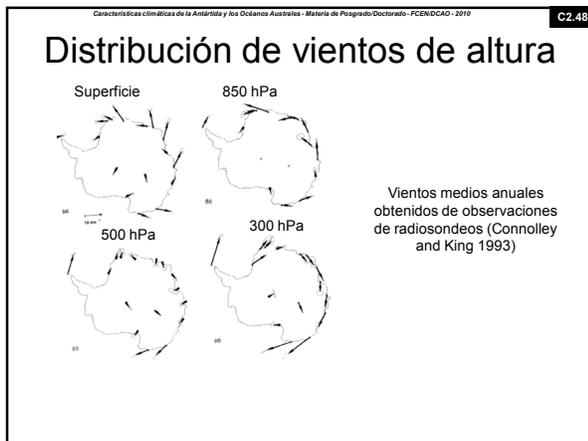
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

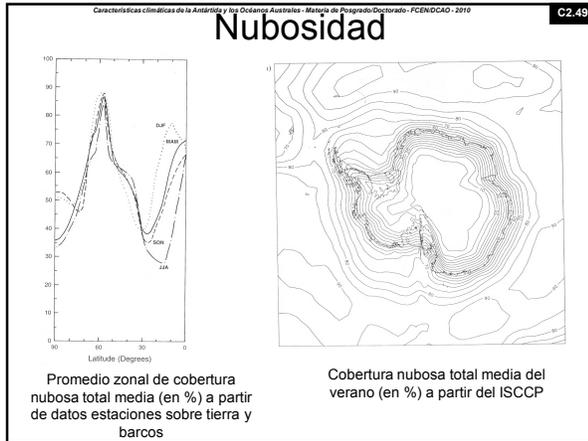
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Precipitación**
- Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCIAO - 2010 C2.50
- **Acumulación nieve en la Antártida:**
    - Precipitación
    - Sublimación
    - Deriva de nieve
    - Escurrimiento
  - **Métodos de observación:**
    - Observaciones directas
    - Técnicas de sensoramiento remoto
    - Métodos glaciológicos
  - **Métodos indirectos de estimación:**
    - Balance de humedad
    - Modelos numéricos
    - Dynamical retrieval methods

---

---

---

---

---

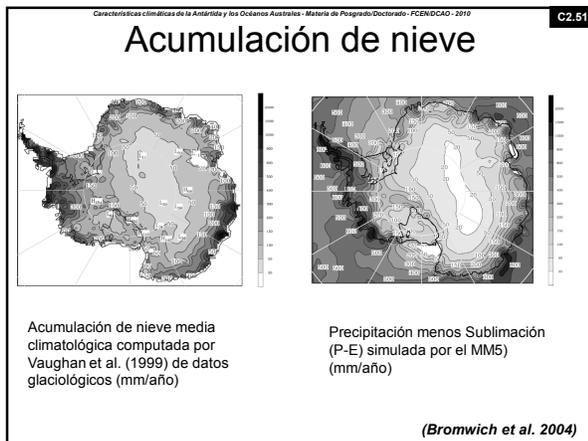
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

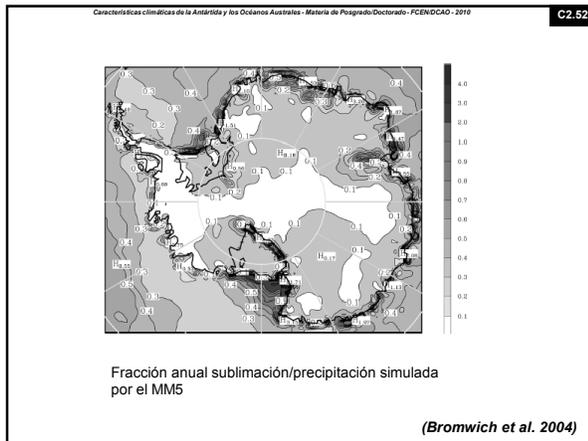
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

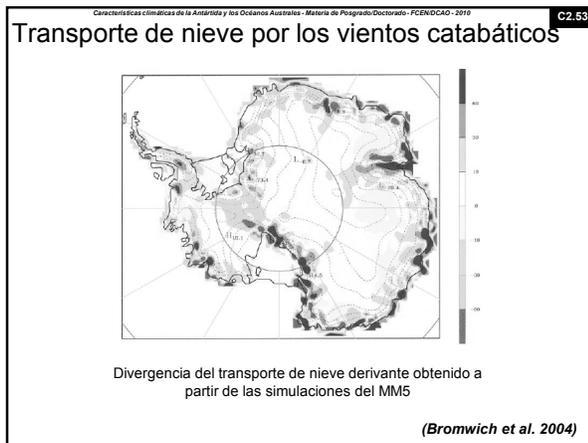
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

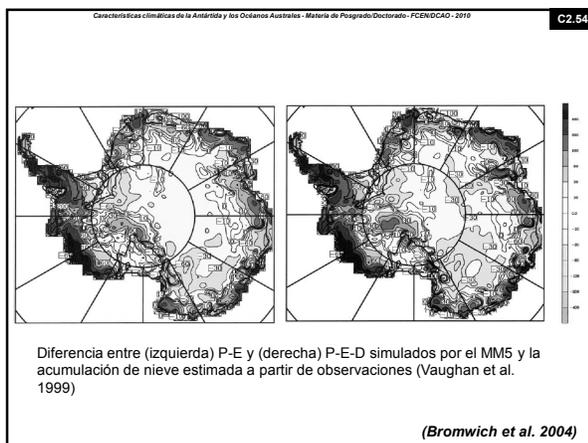
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

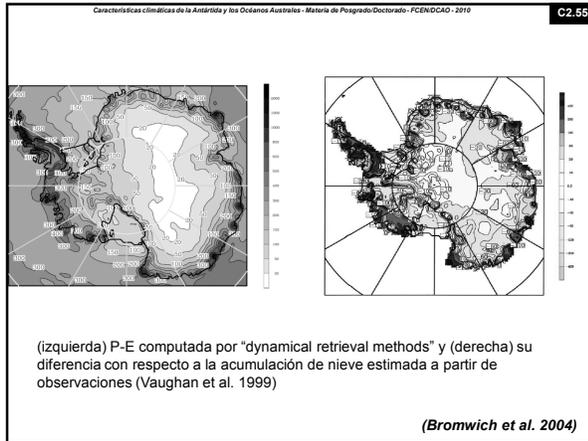
---

---

---

---

---



---

---

---

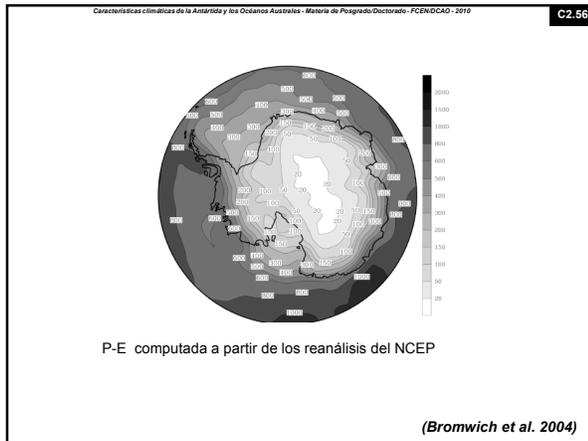
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

Características climáticas de la Antártida y los Océanos Australes - Materia de Posgrado/Doctorado - FCEN/DCAO - 2010 C2.57

## Referencias

- King, J. C., and J. Turner, 1997. Antarctic Meteorology and Climatology. J. C. King, and J. Turner, Cambridge Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press.
- Bromwich, D. and T. Parish, 1998: Meteorology of the Antarctic, Cap. 4 Meteorology of the Southern Hemisphere. Meteorological Monographs, Vol. 27, No 49. American Meteorological Society.
- Bromwich, D., Z. Guo, L. Bai, and Q.-S. Chen, 2004: Modeled Antarctic Precipitation. Part I: Spatial and Temporal Variability. J. Climate, 17, 427-447.

---

---

---

---

---

---

---

---