

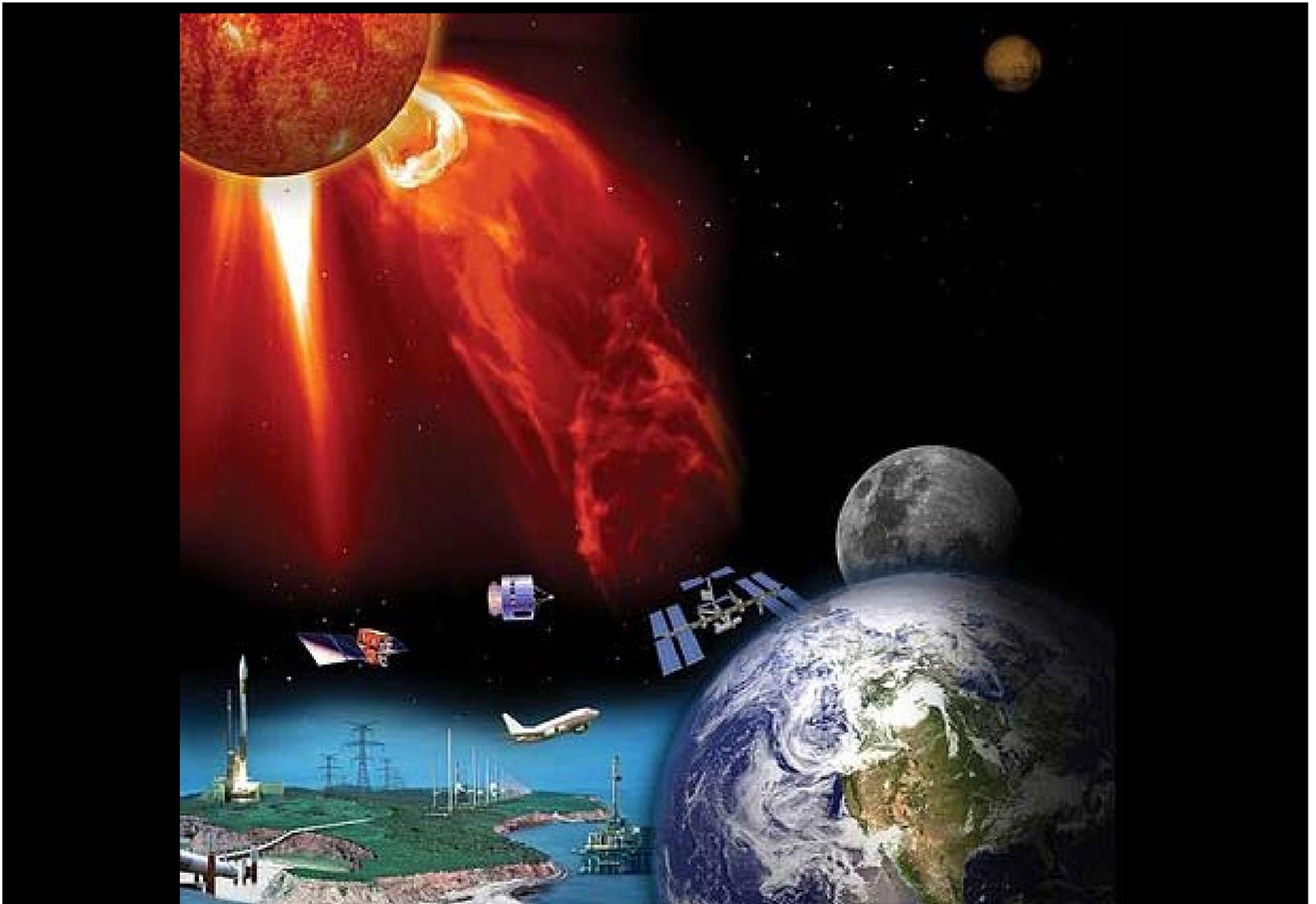
# Jornada Técnica sobre Meteorología Espacial III

26 Noviembre, 2013 - Madrid

## Efectos de la meteorología espacial en el sector aeroespacial

Sergio Magdaleno– GMV





# CONTENIDO

- ❖ Introducción a la Meteorología Espacial
- ❖ Efectos en Satélites
- ❖ Efectos en Sistemas GNSS
- ❖ Efectos en Vuelos Comerciales

# Meteorología Espacial

# Meteorología Espacial

- ❑ **¿Qué es?** Descripción de los cambios en el plasma ambiental, campos magnéticos, radiación, ...
- ❑ **¿Fuente?** Emisiones del Sol que influyen en el espacio que rodea la Tierra así como otros planetas.
- ❑ **Impacto de la meteorología espacial:**
  - ❑ Industria eléctrica
  - ❑ Aviación
  - ❑ Aplicaciones GNSS
  - ❑ Sistemas de comunicación
  - ❑ Satélites
  - ❑ Vuelos espaciales
  - ❑ Sistemas de respuesta de emergencias

# Clima espacial

## Perturbaciones solares

### ❑ Fulguraciones solares

- ❑ Emisión repentina de energía (rayos X, ondas de radio, ...)

### ❑ Eyecciones de masa coronal

- ❑ Erupciones de plasma solar (protones, electrones, ...)

### ❑ Manchas solares

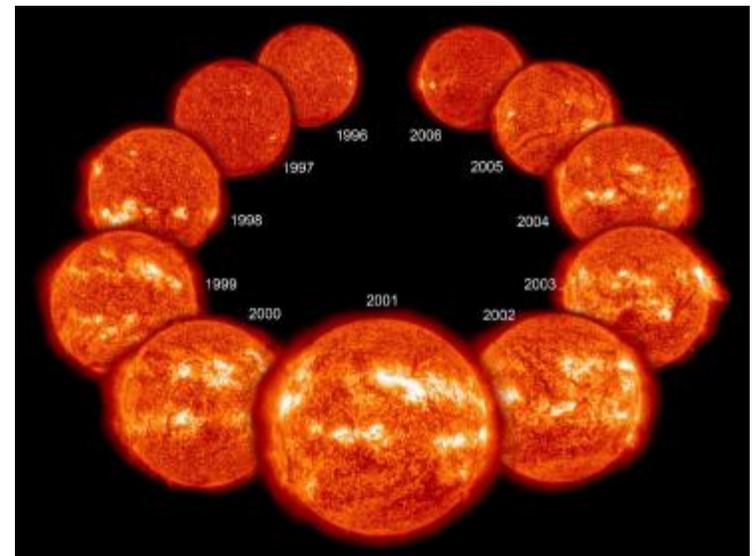
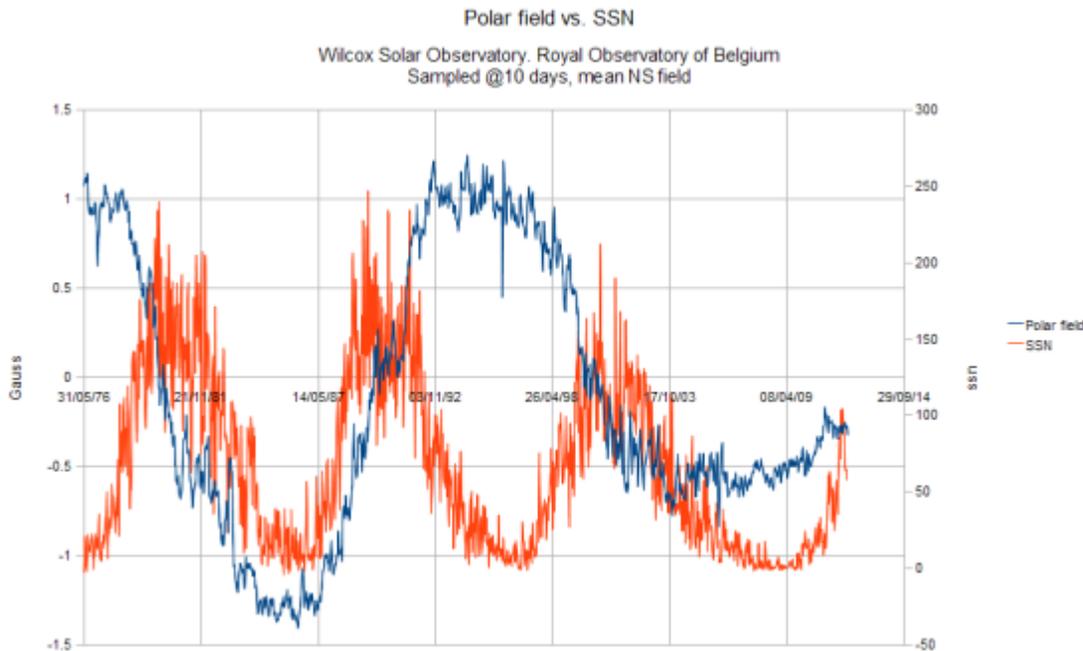
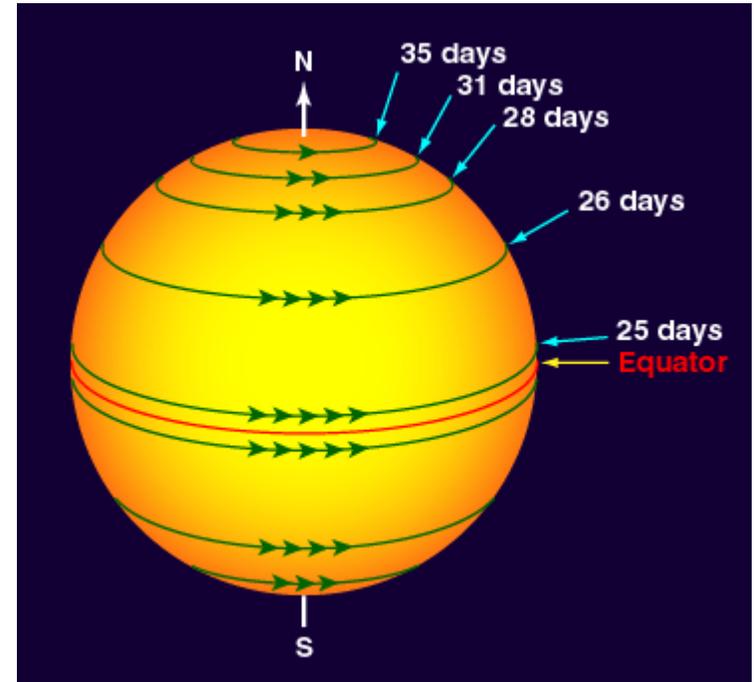
- ❑ Región de la superficie solar de baja temperatura y alta actividad magnética

❑ Playas, agujeros coronales, prominencias, filamentos, plumas polares, etc.

# Clima espacial

## Ciclos solares

- ❑ Rotación solar: 27 días
- ❑ Ciclo de actividad solar: 11 años
- ❑ Ciclo magnético: 22 años



# Clima espacial

## Impacto del Sol en el exterior

### ❑ Radiación:

- ❑ Emisión de radiación continua
- ❑ Emisiones de radiación esporádicas (fulguraciones solares)

### ❑ Emisión corpuscular

- ❑ Forma continua: Viento solar
- ❑ Forma esporádica: Fulguraciones y eyecciones de masa coronal

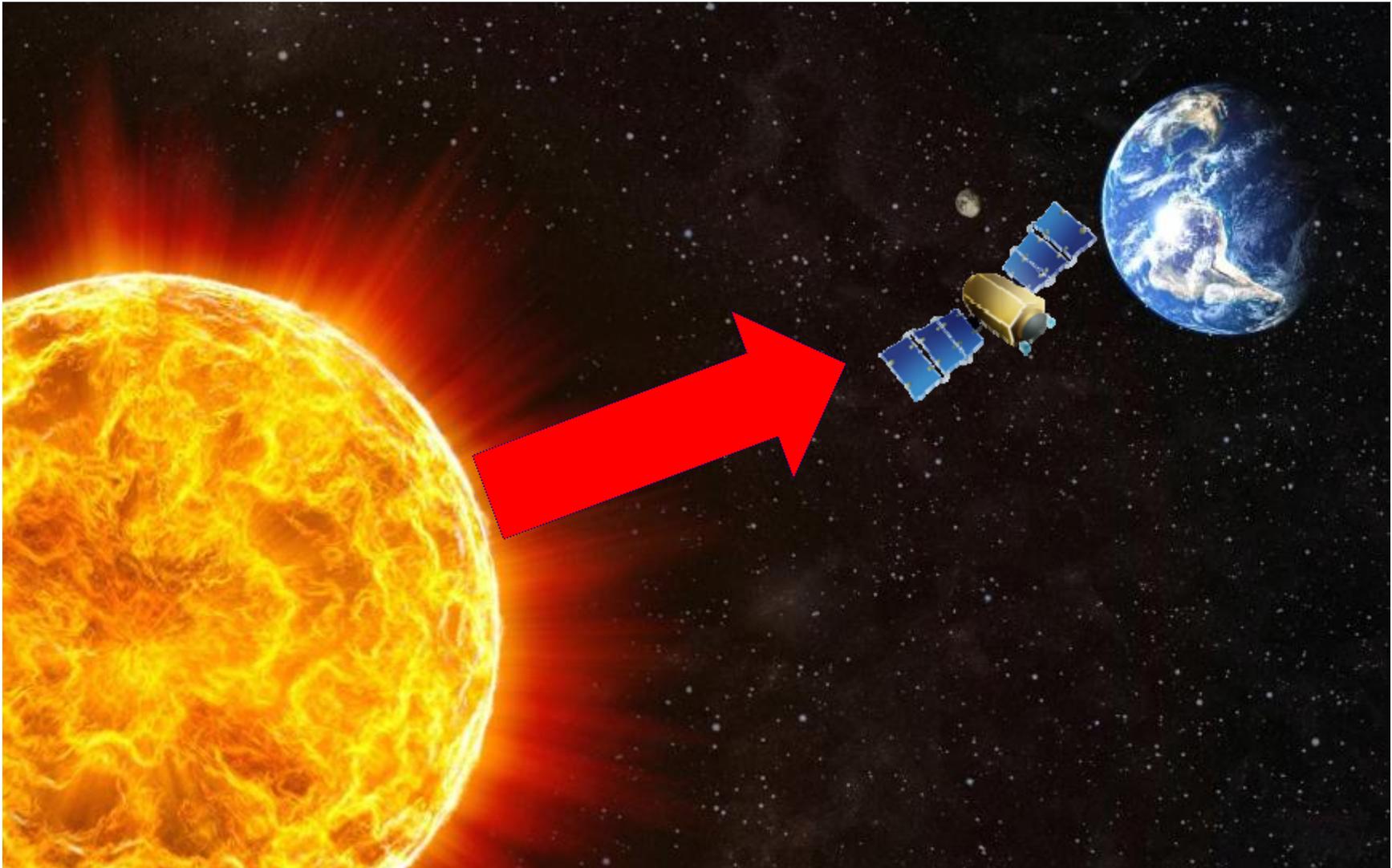
# Clima espacial

## Indicadores Actividad Solar

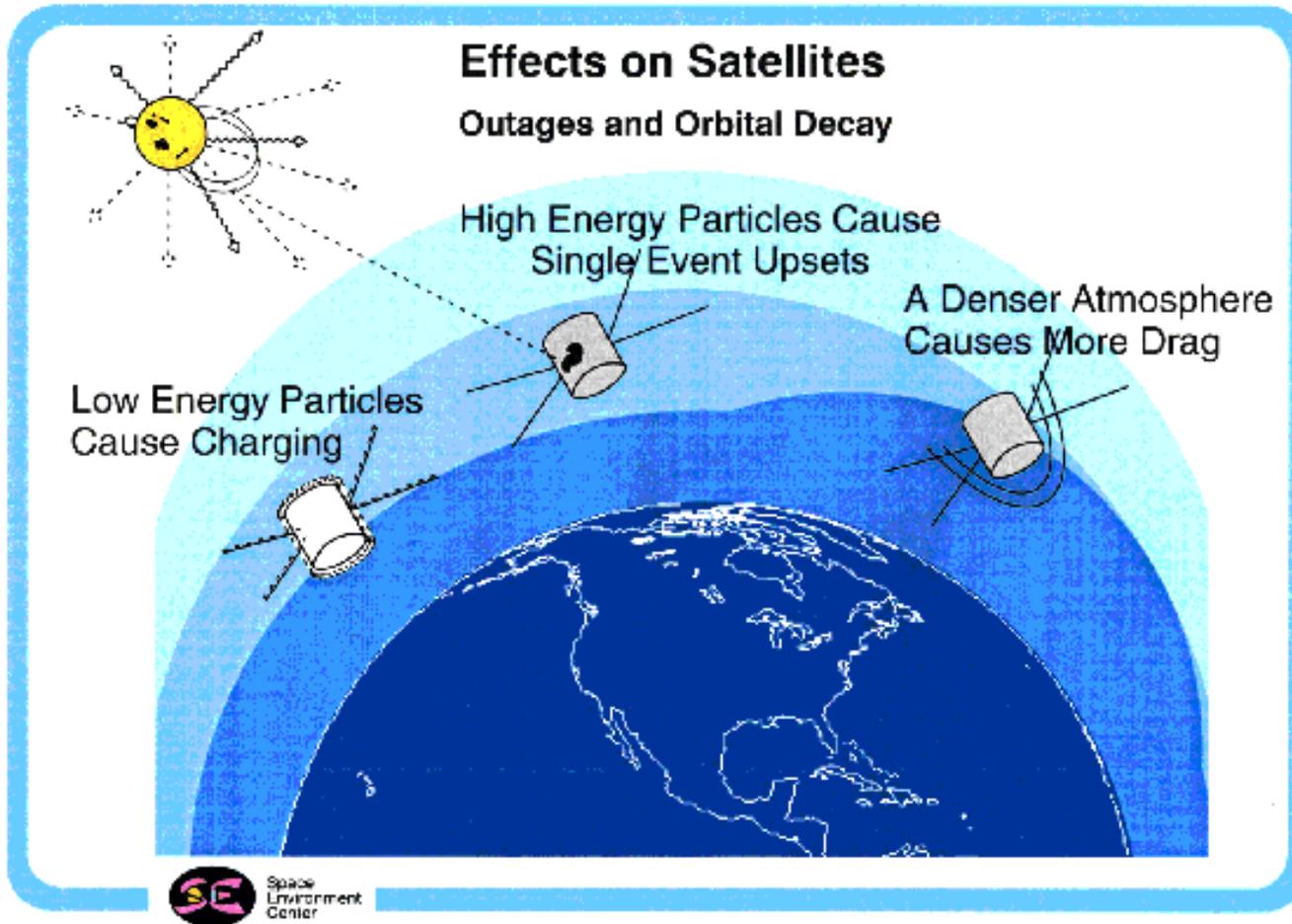
- ❑ Número de manchas solares (R)
- ❑ Emisión Solar (F10.7)
- ❑ Flujo ultravioleta
- ❑ Índices magnéticos
- ❑ Flujo de electrones y protones atrapados
- ❑ Rayos cósmicos

# Efectos en Satélites

# Efectos en Satélites



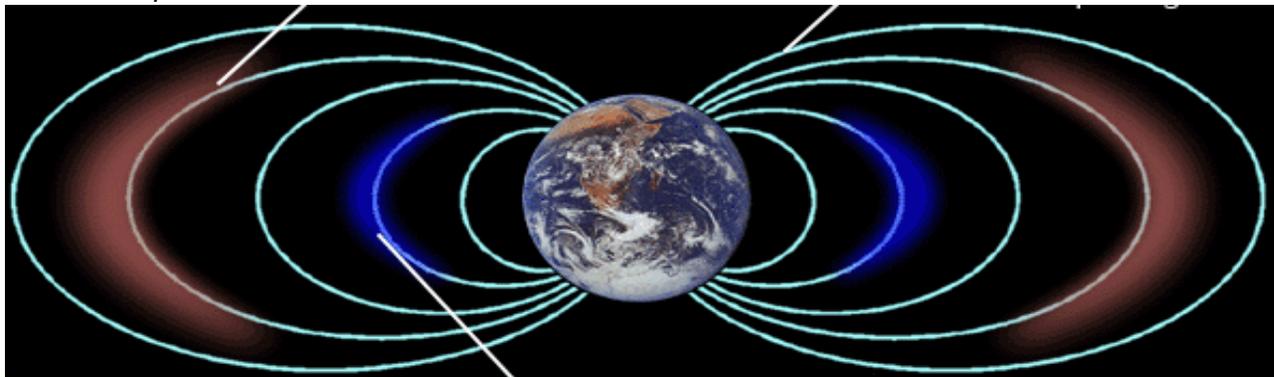
# Efectos en Satélites



# Efectos en Satélites

## Carga superficial

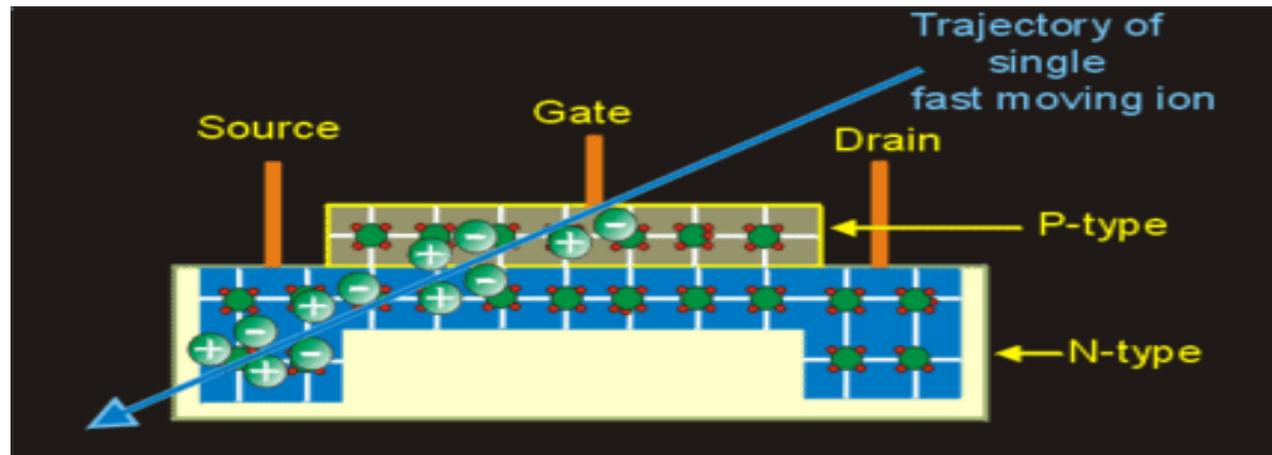
- ❑ Acumulación de carga eléctrica estática
- ❑ Causas
  - ❑ ***Variaciones del plasma, Efecto fotoeléctrico***
    - ❑ Pueden dañar el material de la superficie y generar interferencias electromagnéticas
    - ❑ Tormentas magnéticas
  - ❑ ***Electrones relativistas (cinturones de Van Allen)***
    - ❑ Penetran en el interior del satélite e incrementan la carga de los cables coaxiales, circuitos.



# Efectos en Satélites

## Eventos aislados

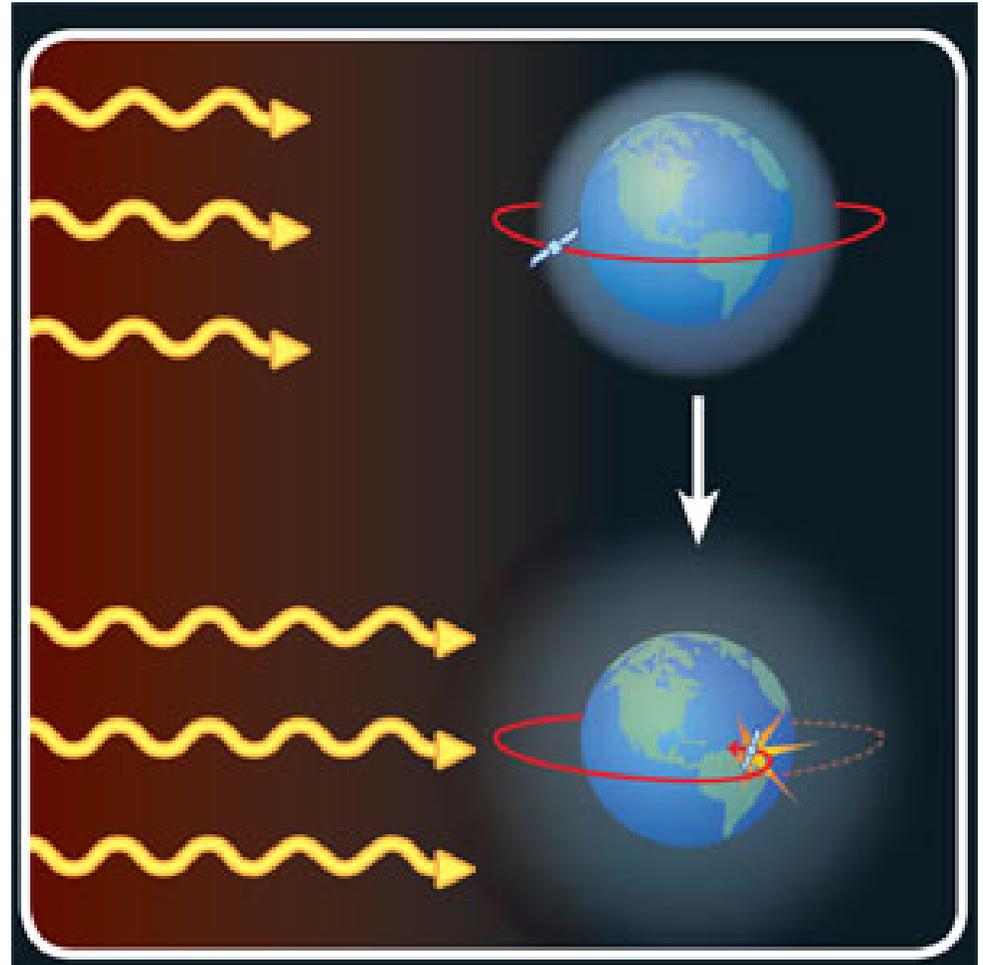
- ❑ Partículas muy energéticas: rayos cósmicos, protones solares
- ❑ Chocan con semiconductores
  - ❑ Inapreciable
  - ❑ Fallo de componente (zonas de memoria)
  - ❑ Peligroso (Sistemas de control)
- ❑ Degradación de los componentes



# Efectos en Satélites

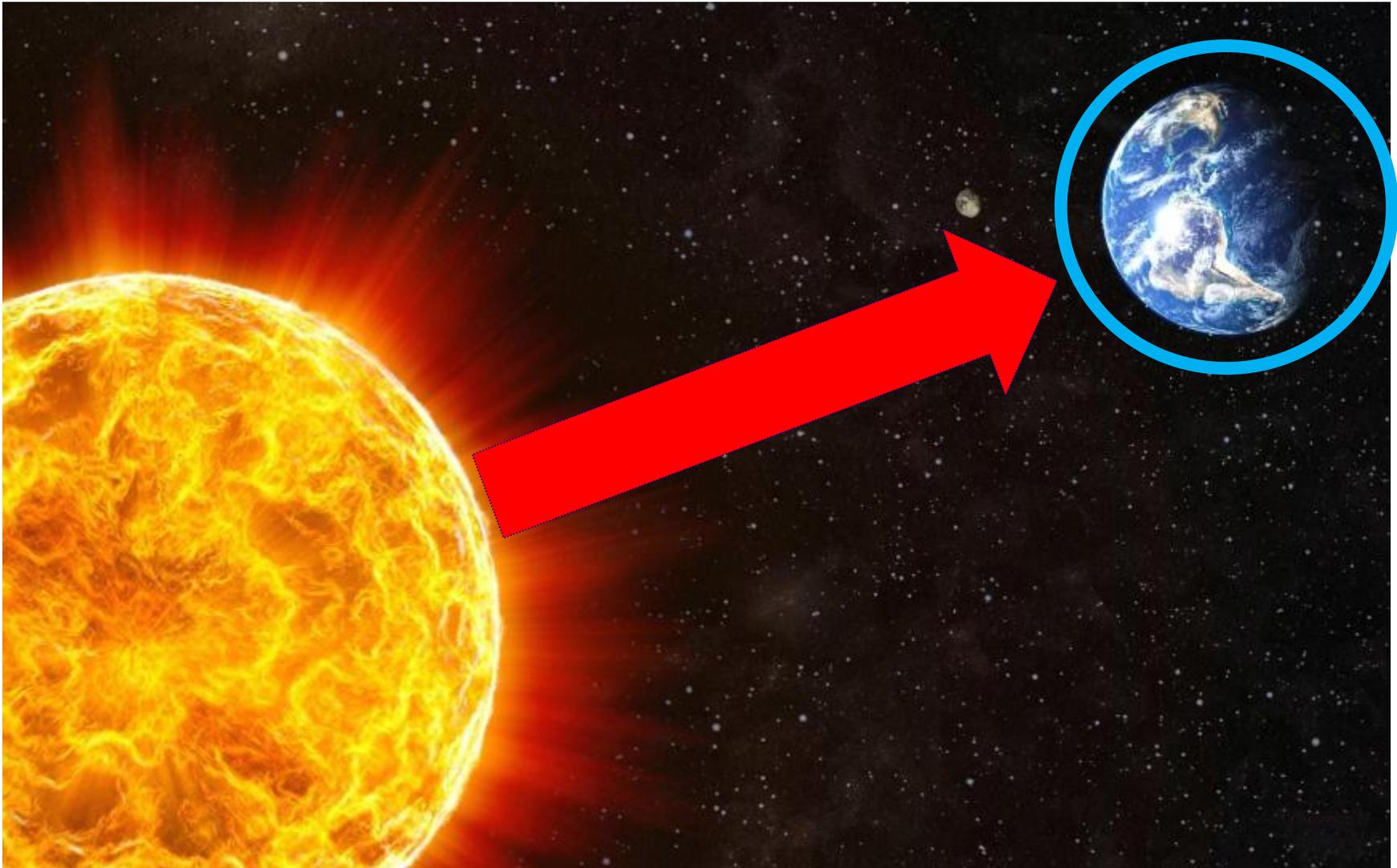
## Rozamiento

- ❑ Ralentización, pérdida de altitud y reentrada en la atmósfera
- ❑ El aumento de la actividad solar produce:
  - ❑ Calentamiento de la atmósfera
  - ❑ Aumento de la densidad de partículas



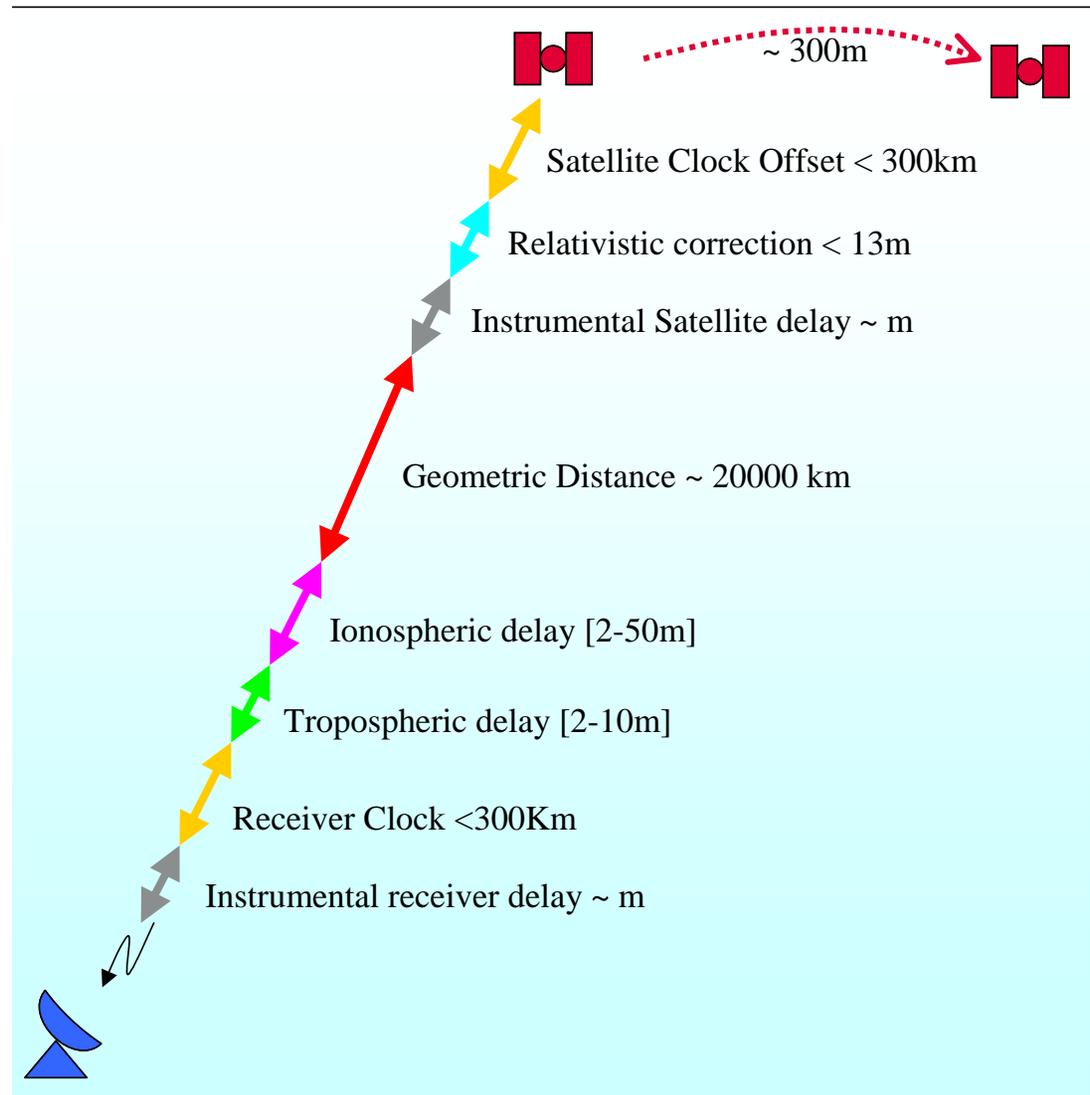
# Efectos en Sistemas GNSS

# Efectos en Sistemas GNSS

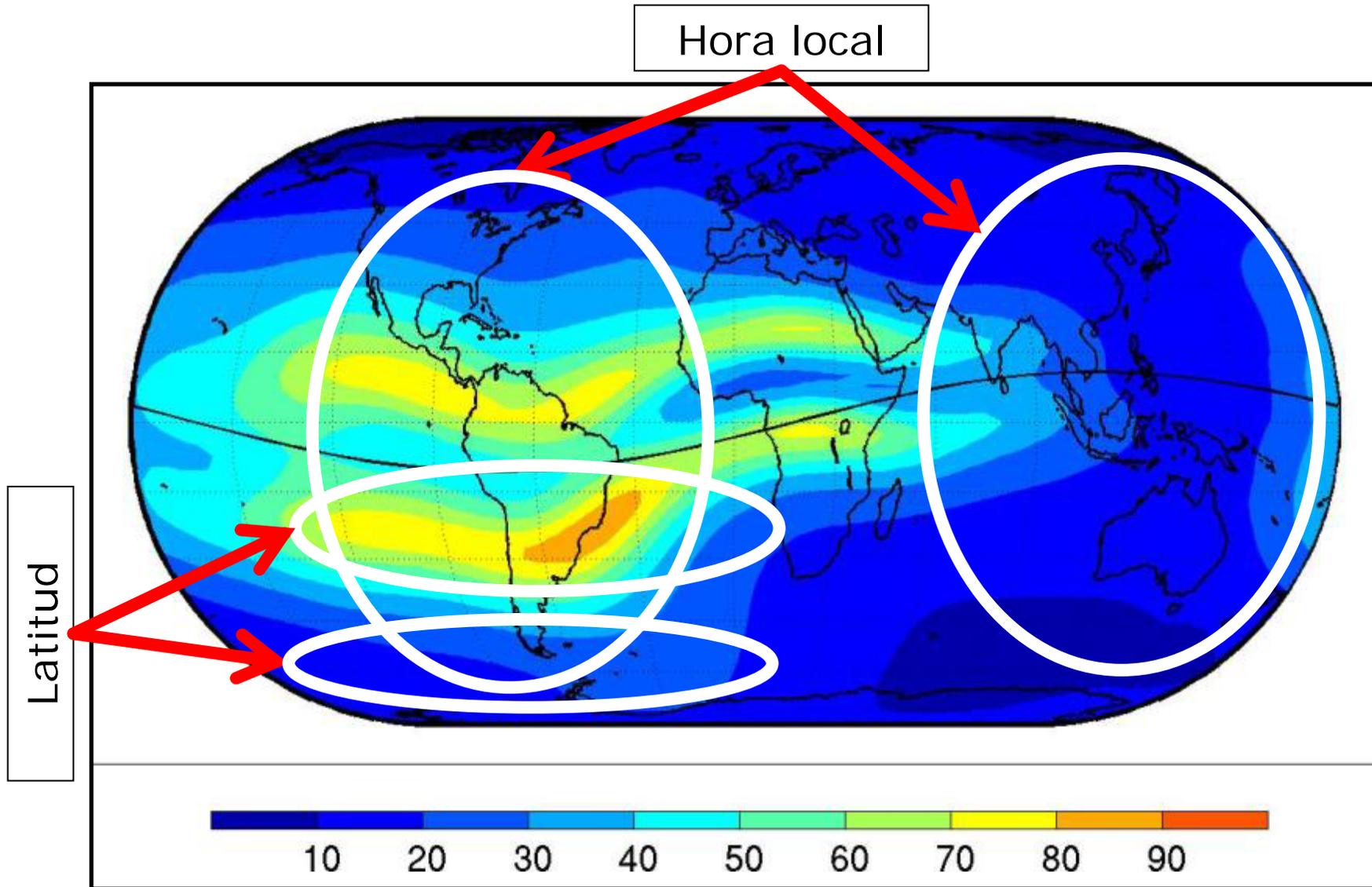


# Efectos en Sistemas GNSS

- ❑ Las señales de los satélites GNSS atraviesan la ionosfera (50 – 1000 Km)
- ❑ Los principales efectos ionosféricos en las señales radio en banda L son:
  - **Retardo en la señal** (hasta varias decenas de metros)
  - Centelleo de fase y de amplitud
- ❑ La mayoría de estos efectos dependen del contenido de electrones libres en la ionosfera.



# Efectos en Sistemas GNSS



# Efectos en Sistemas GNSS

## La ionosfera:

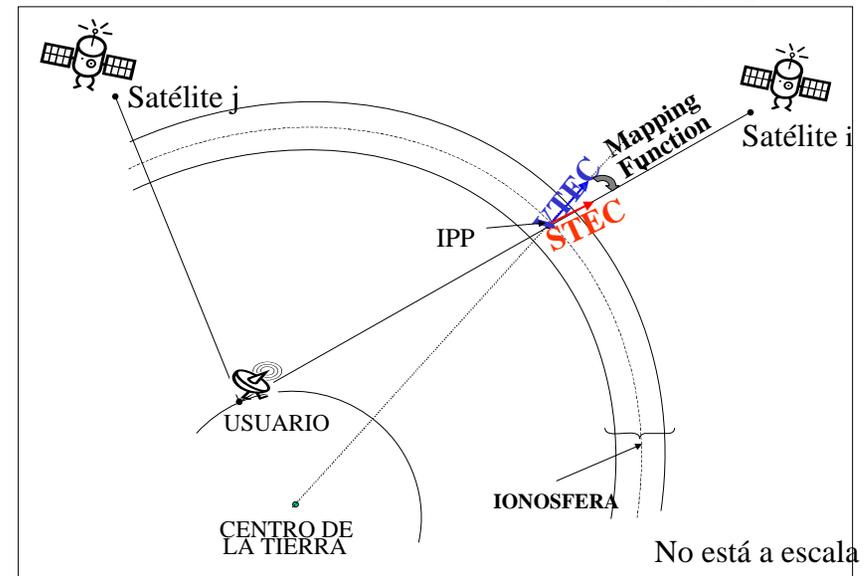
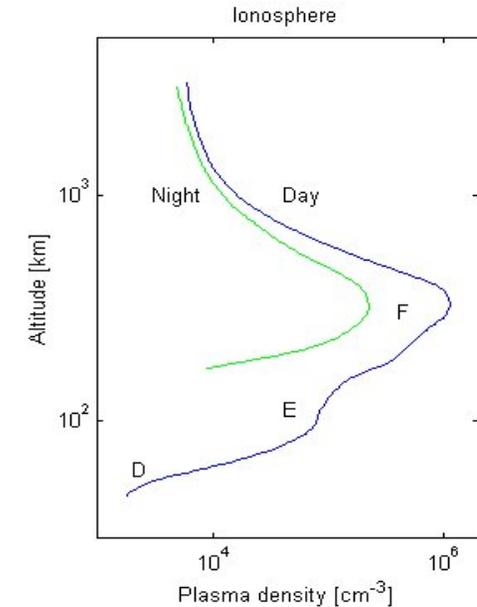
- Es muy dinámica y frecuentemente no sigue el comportamiento nominal
  - Hora local:
    - Durante el día la radiación solar ioniza la atmosfera
    - Durante la noche el contenido de electrones se reduce por recombinación química.
  - Latitud
  - Época del año
  - Actividad solar (ciclo solar)
  - Actividad geomagnética
- Presenta varias anomalías y perturbaciones
  - Anomalía ecuatorial
  - Tormentas geomagnéticas y solares
  - Centelleo
  - Burbujas
- Existe un número considerable de modelos que representan el comportamiento nominal

# Predicción ionosférica

# Sistemas de predicción ionosférica

- La mayoría de modelos y métodos de estimación de retardo ionosférico se basan en hipótesis:
  - TEC puede modelarse de forma precisa asumiendo que toda la ionosfera está concentrada en una capa de anchura infinitesimal a una altura de unos 350 Km (este valor varía de unos modelos a otros).
  - La proyección de retardo vertical a retardo en la línea de vista puede modelarse de forma precisa con una fórmula simple dependiente de la elevación del satélite.
  - La ionosfera es homogénea en función del azimut del satélite.

$$d_{ion} = \frac{40.3 \cdot TEC}{f^2}$$



# Sistemas de predicción ionosférica: magicSBAS Forecast GIVD

## □ Hipótesis:

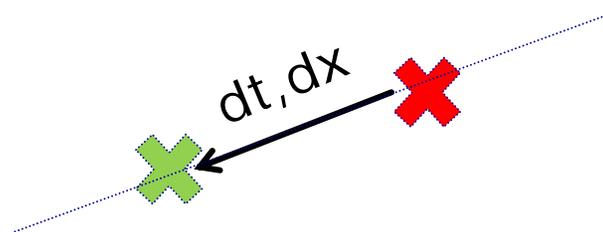
- El valor de TEC en un IGP en el momento  $T$  y localización  $X$  es igual al valor de TEC en  $T+dt$  y localización  $X+dx$ , donde  $dx$  es el desplazamiento de la ionosfera durante el tiempo  $dt$ .

## □ Aproximaciones:

- GEOD: movimiento regido por coordenadas geodésicas



- GEOM: movimiento regido por coordenadas geomagnéticas

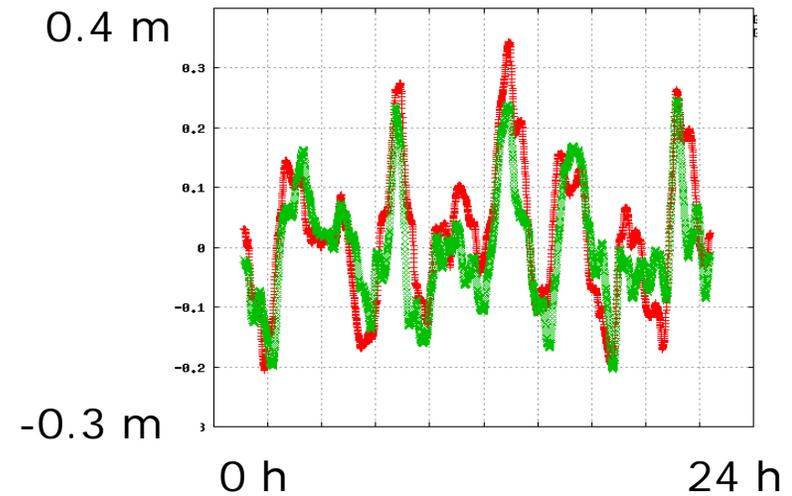
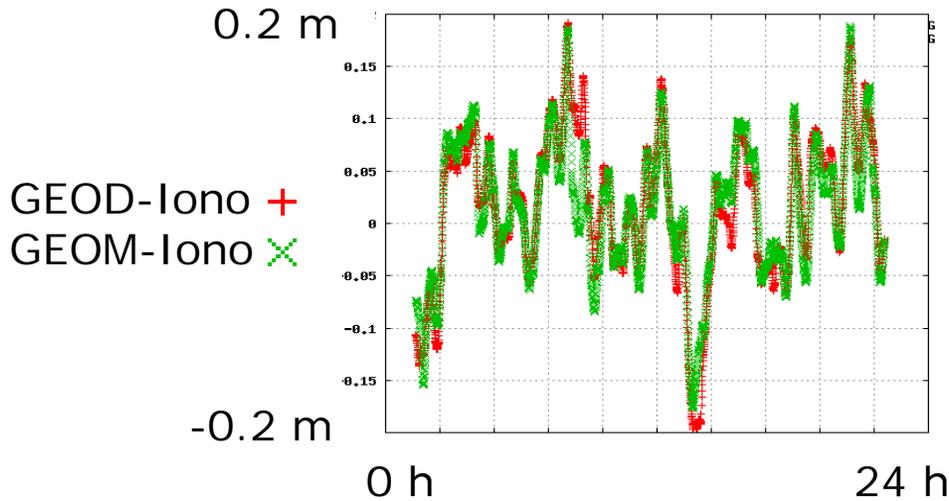
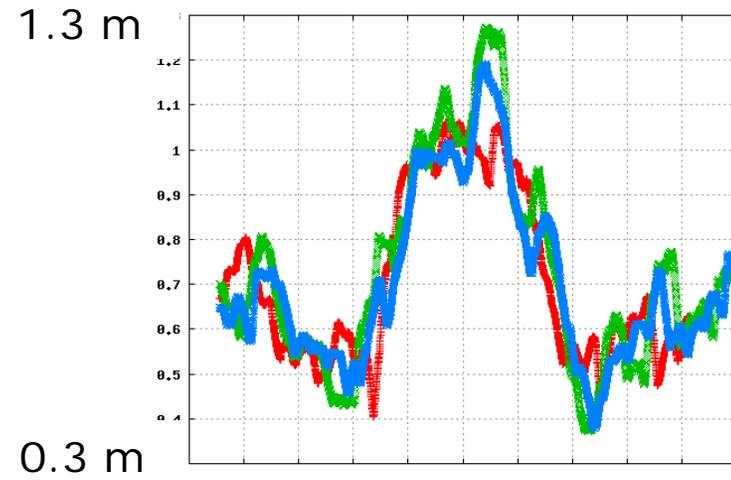
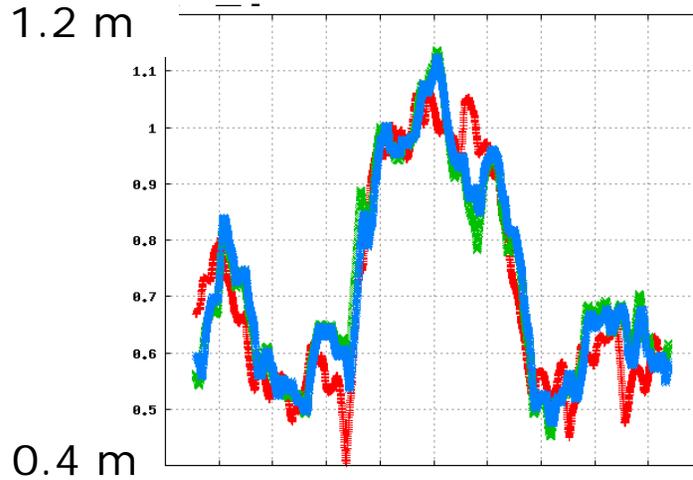


# Sistemas de predicción ionosférica

Forecast Period:

Forecast Period: **2h**

Iono +  
 GEOD x  
 GEOM \*

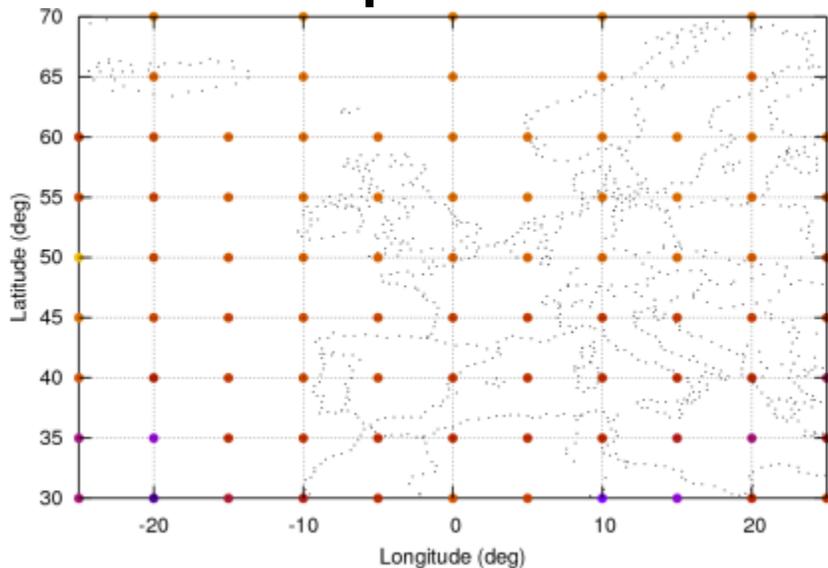


# Sistemas de predicción ionosférica

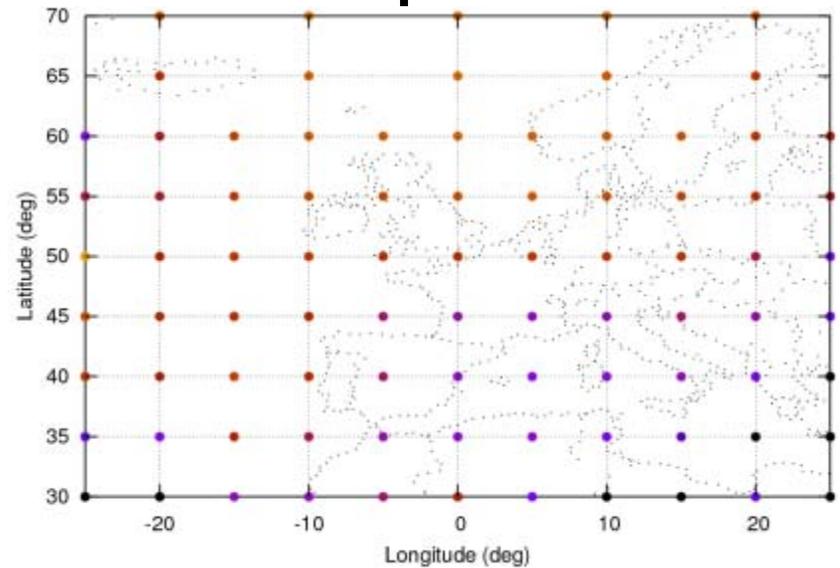
Ionosfera degradada:

alta actividad solar + actividad geomagnética

**Periodo de predicción:0.5h**



**Periodo de predicción:1h**



Predicción 0.5h: error < 0.5m → menos 10% casos

Predicción 1h: error < 1m → menos 15% casos

# Sistemas de predicción ionosférica

## ESA – SWENET (<http://esa-spaceweather.net/swenet>)

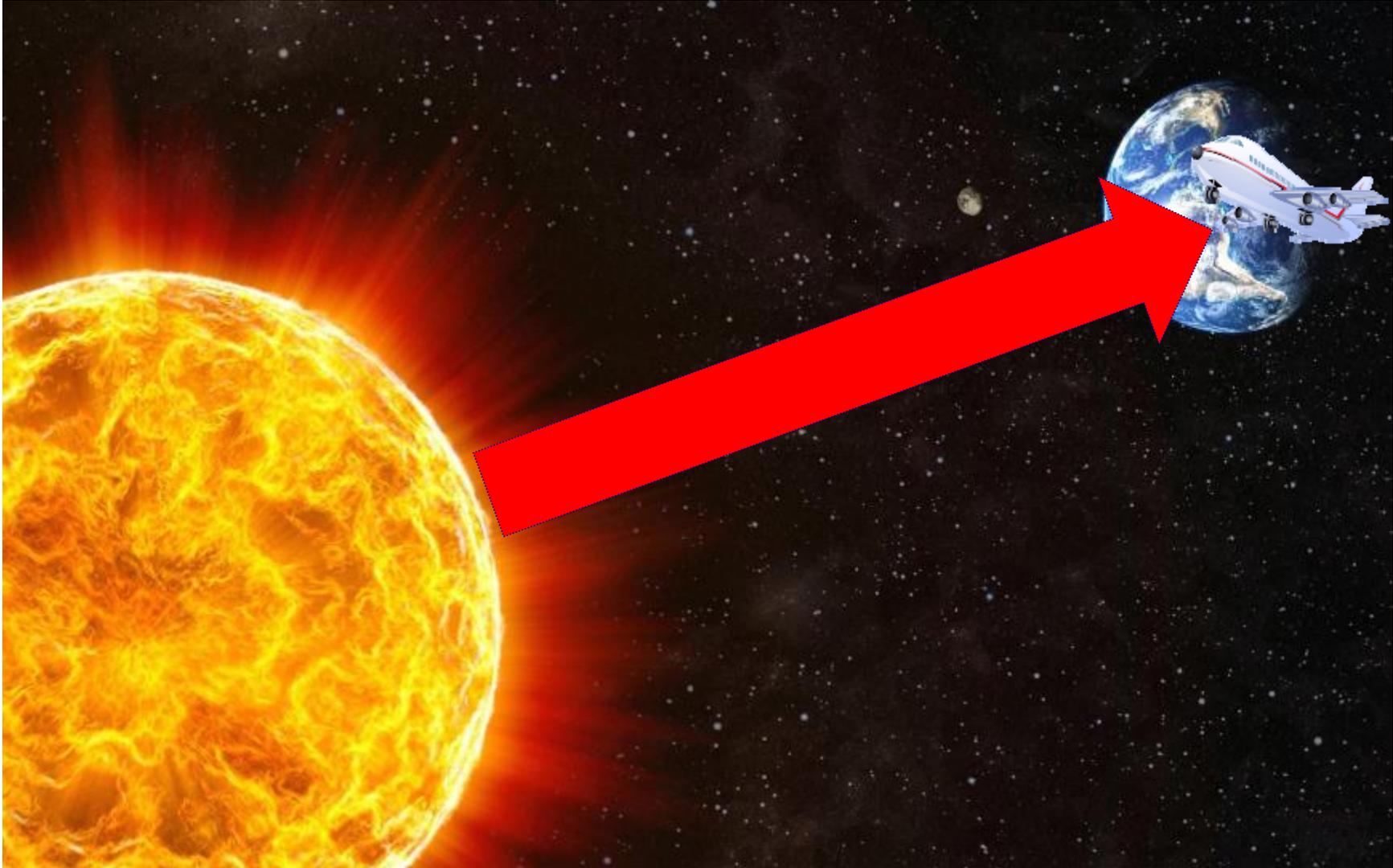
Service Development Activity		P.I. Institute
ASAP	Automated Solar Activity Prediction	UOB
DIAS	European Digital Upper Atmosphere Server	DIAS consortium
DIFS	Daily Ionospheric Forecasting Service	BAe
GIFINT	Geomagnetic Indices Forecasting and ionospheric Nowcasting Tools	IFSI
GPS Validation	Validation of Near-real-time GPS Occultation Data Products for Meteorological Services	DMI
Ionosfera	Ionosfera	AMSAT
Scintillation Quickmaps	Quickmaps and History of the Effects of Ionospheric Scintillations on GPS/GLONASS Signals	CLS
SFC	Daily Solar Activity Parameter Calculation and Forecast	CLS
SIDC	Solar Influences Data analysis Center	ROB
SOARS	Space Weather Operational Airline Risks Service	MSSL-UCL
SPECTRE	Operational distribution service of 2d Tec maps over Europe for natural hazard studies	Noveltis
STIF	Short Term Ionospheric Forecasting Facilities for Radio Communications Unit	CLRC
SWACI	Space Weather Applications Center - Ionosphere	DLR
SWIPPA	Space Weather Impact on Precise Positioning Applications of GNSS	DLR
TSRS	Radio Surveillance of the Solar Corona for Communication Service Providers	INAF

**Convocatoria H2020 → *Ionospheric prediction service***

# Efectos en Vuelos Comerciales



# Efectos en Vuelos Comerciales



# Cálculo de radiación en vuelos comerciales

<http://www.sievert-system.org>



**SIEVERT**

✓Evaluez la dose reçue ✓Qu'est ce que le rayonnement cosmique? ✓L'exposition au rayonnement cosmique en avion ✓Les effets du rayonnement sur la santé ✓La mesure du rayonnement et l'évaluation

  **Evaluez la dose reçue**

DÉPART :		ARRIVÉE :	
Pays :	Sélectionnez un pays ▾	Pays :	Sélectionnez un pays ▾
Ville :	Aucun pays sélectionné ▾	Ville :	Aucun pays sélectionné ▾
Date : (locale)	01 ▾ 01 ▾ 2000 ▾	Date : (locale)	01 ▾ 01 ▾ 2000 ▾
Heure : (locale)	00 ▾ 00 ▾	Heure : (locale)	00 ▾ 00 ▾
Type d'avion : Subsonic ▾			

✓ **Calculer la dose de rayonnements cosmiques reçue lors de ce vol**

**"Sous réserve des modifications de la réglementation locale, les dates et heures du vol prennent en compte le décalage horaire et éventuellement l'heure d'été. Vérifier la durée du vol."**

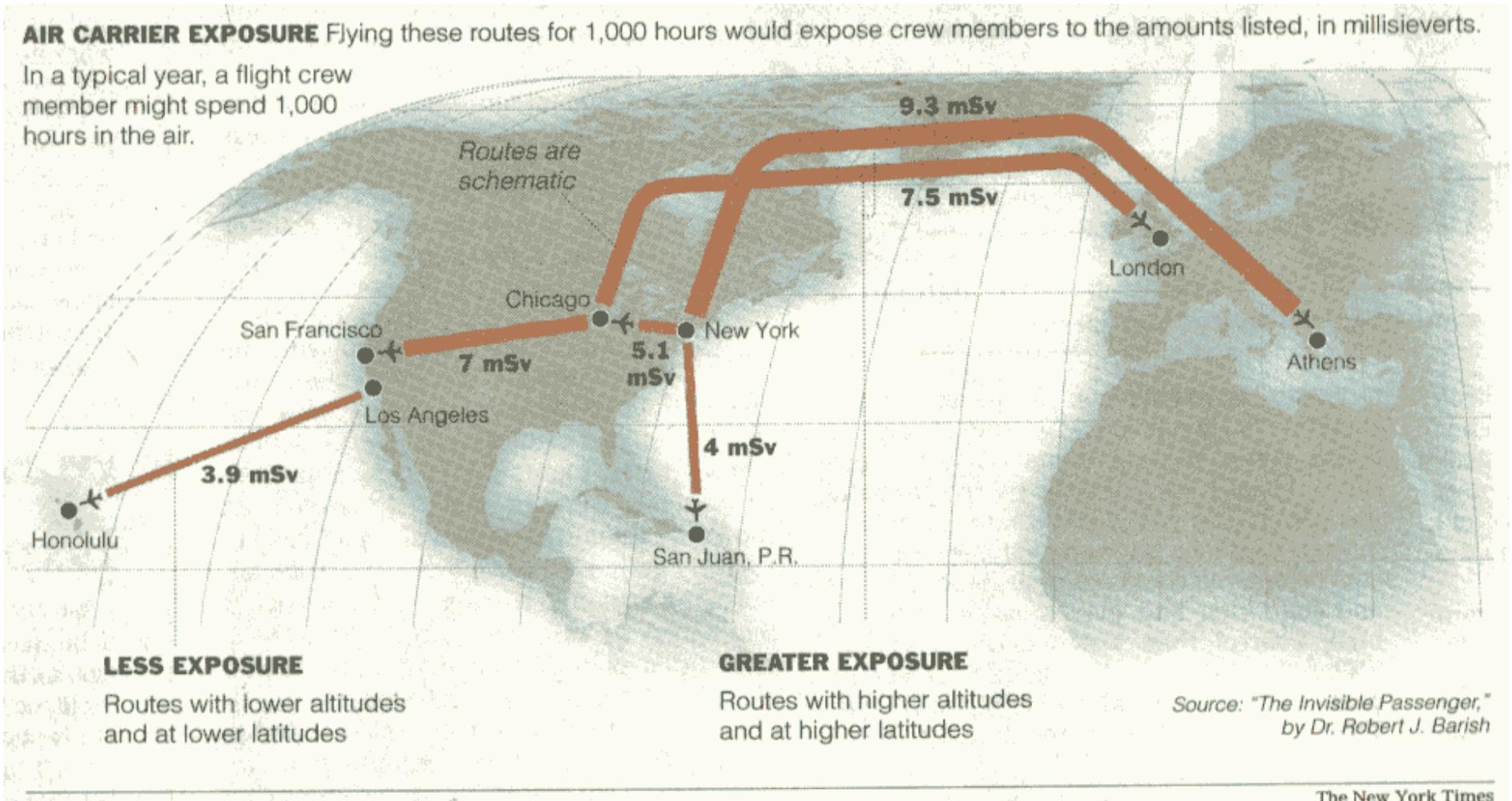
# Cálculo de radiación en vuelos comerciales

Vuelo Madrid - Tenerife

DÉPART :		ARRIVÉE :	
Pays :	ESPAGNE	Pays :	ESPAGNE ILES CANARIES
Ville :	MADRID	Ville :	TENERIFE
Date : (locale)	21 12 2013	Date : (locale)	21 12 2013
Heure : (locale)	09 00	Heure : (locale)	11 00
Type d'avion :		Subsonic	

**Dose reçue lors du vol = 0.0061 mSv**  
**Temps de vol = 03:00 (HH:MM)**

# Efectos en vuelos comerciales



*"The Invisible Passenger"* Dr. Robert J. Barish - The New York Times

# Efectos en vuelos comerciales

La tormenta solar obliga a desviar vuelos  
El máximo pico de la llamarada ha llegado esta tarde y tiene la potencia suficiente como para causar problemas en satélites y redes de comunicaciones  
...one en peligro vuelos  
...es causadas por las llamaradas  
La agitada ... latitudes ... lo norte y

## LA TORMENTA SOLAR OBLIGA EL DESVIO DE VUELOS

TORMENTA SOLAR ULTIMAS NOTICIAS:  
La gran nube de plasma solar se espera para esta tarde y tiene la potencia suficiente como para causar problemas en satélites y redes de comunicaciones.

NOAA



Gracias por su  
atención

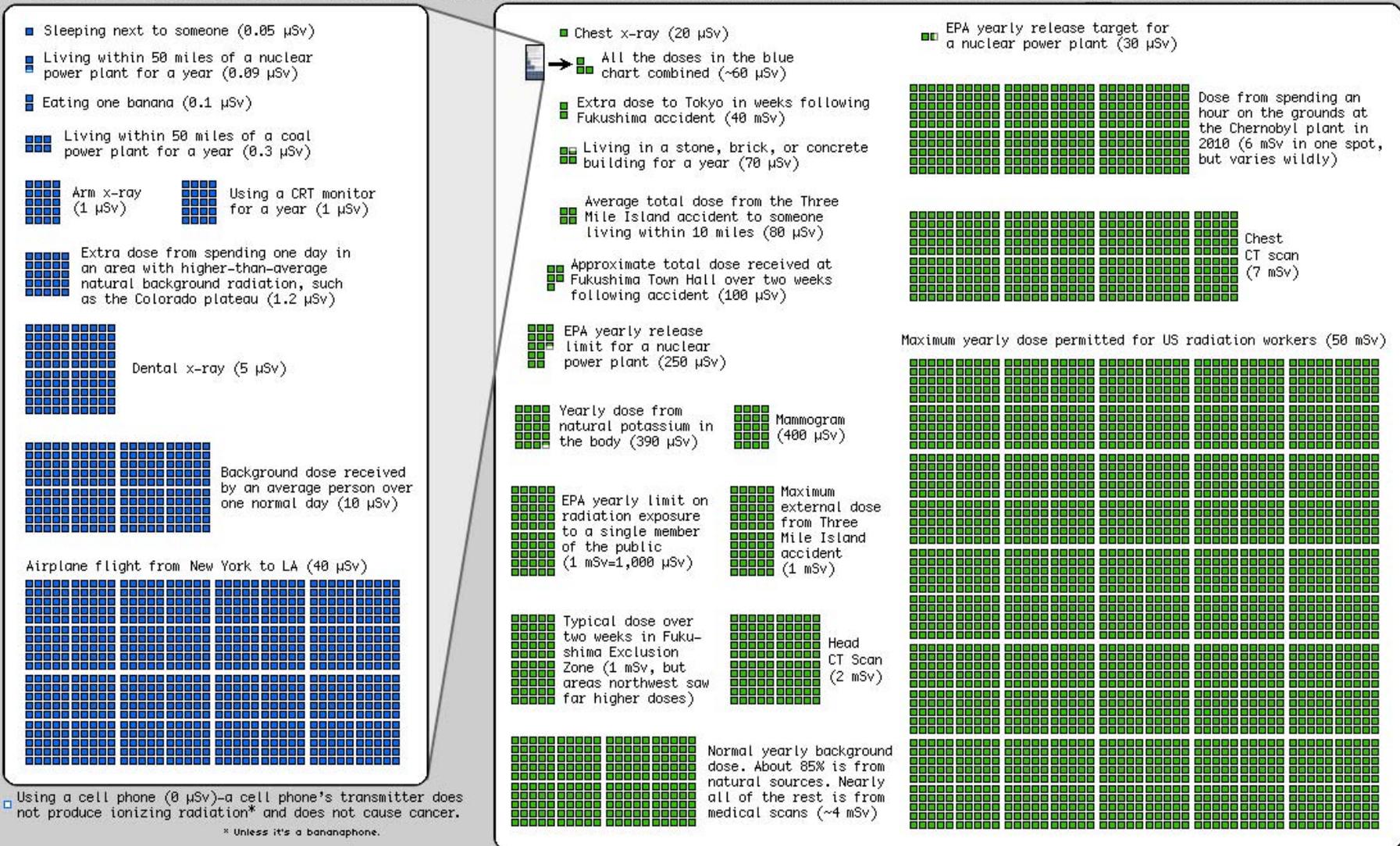
Sergio Magdaleno  
Unidad de Negocio GNSS  
smagdaleno@gmv.com

[www.gmv.com](http://www.gmv.com)

**gmV**<sup>®</sup>  
INNOVATING SOLUTIONS

# Radiation Dose Chart

This is a chart of the ionizing radiation dose a person can absorb from various sources. The unit for absorbed dose is "sievert" (Sv), and measures the effect a dose of radiation will have on the cells of the body. One sievert (all at once) will make you sick, and too many more will kill you, but we safely absorb small amounts of natural radiation daily. Note: The same number of sieverts absorbed in a shorter time will generally cause more damage, but your cumulative long-term dose plays a big role in things like cancer risk.



# Indicators of Solar activity

Solar and geomagnetic indices are used to describe the activity levels of the Sun and the disturbance of the geomagnetic field.

**Sun Spot Number (SSN)**

**Solar Radio emissions** : Flux of 10.7 cm ( Ottawa index). Are essential measurements of the total amount of thermal emissions from chromosphere and lower corona. The F107 index gives a good measure of the UV radiation output ( new E107).

There are suggestions that 10.7 cm flux is also an excellent indicator of magnetic activity

on the Sun.

**UV flux, irradiance.**

**Magnetic indices** ( aa, Ap, Kp, Dst, etc..). Geomagnetic indices typically describe the variations of the geomagnetic field over a certain time period. They provide a measure of the disturbance of the magnetosphere which has direct consequences for the charged particle space environment.

**Trapped proton and electron fluxes**

**Galactic Cosmic Rays**, protons of very high energy and neutrons fluxes. Flux periodicity correlated with IMF and erosion effect of Earth atmosphere via Solar activity.