

Novedades GALPROP

Origen:

De dónde proceden las partículas
Qué las acelera

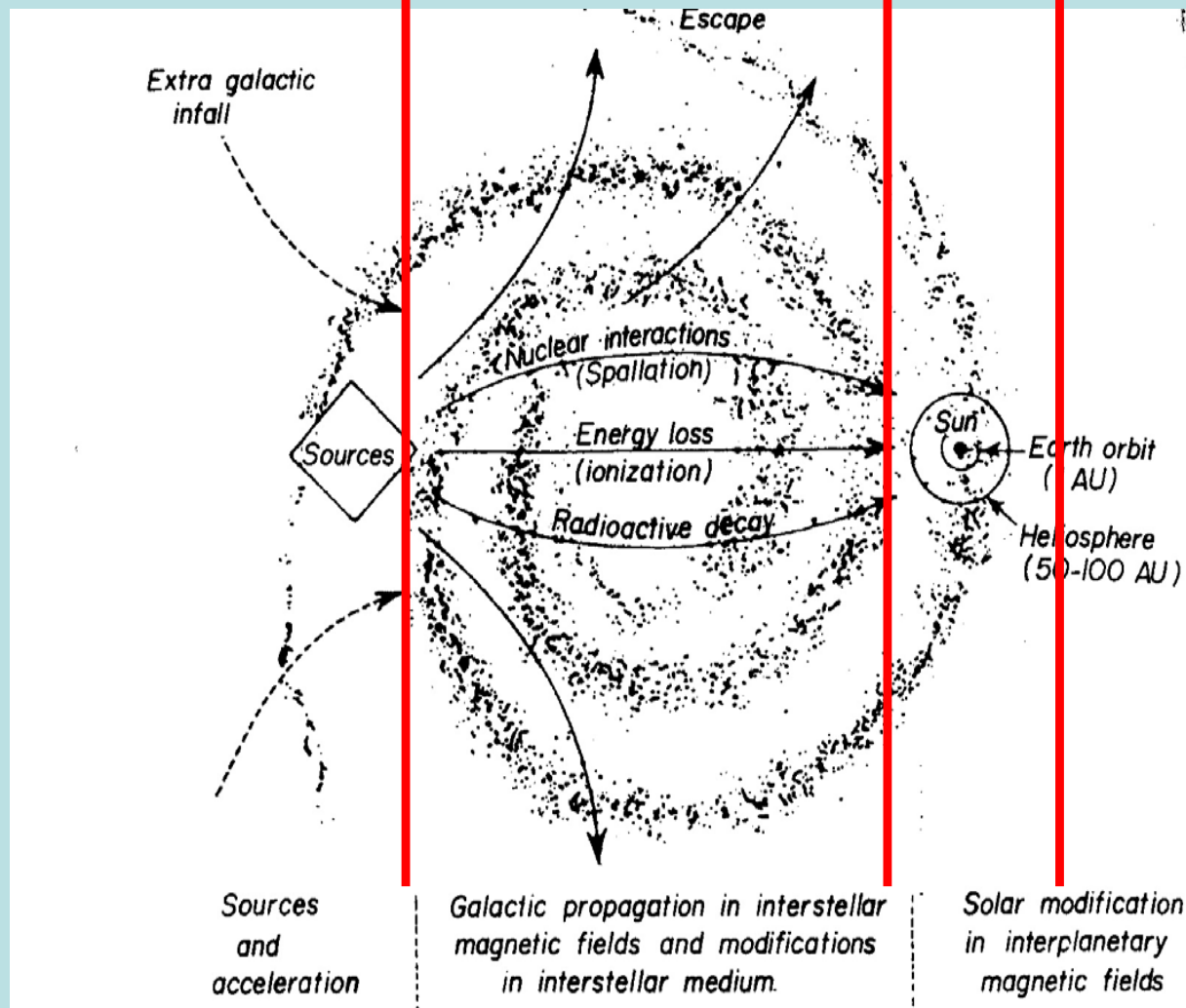
Propagación

Mecanismos de interacción de las partículas hasta llegar a la SV

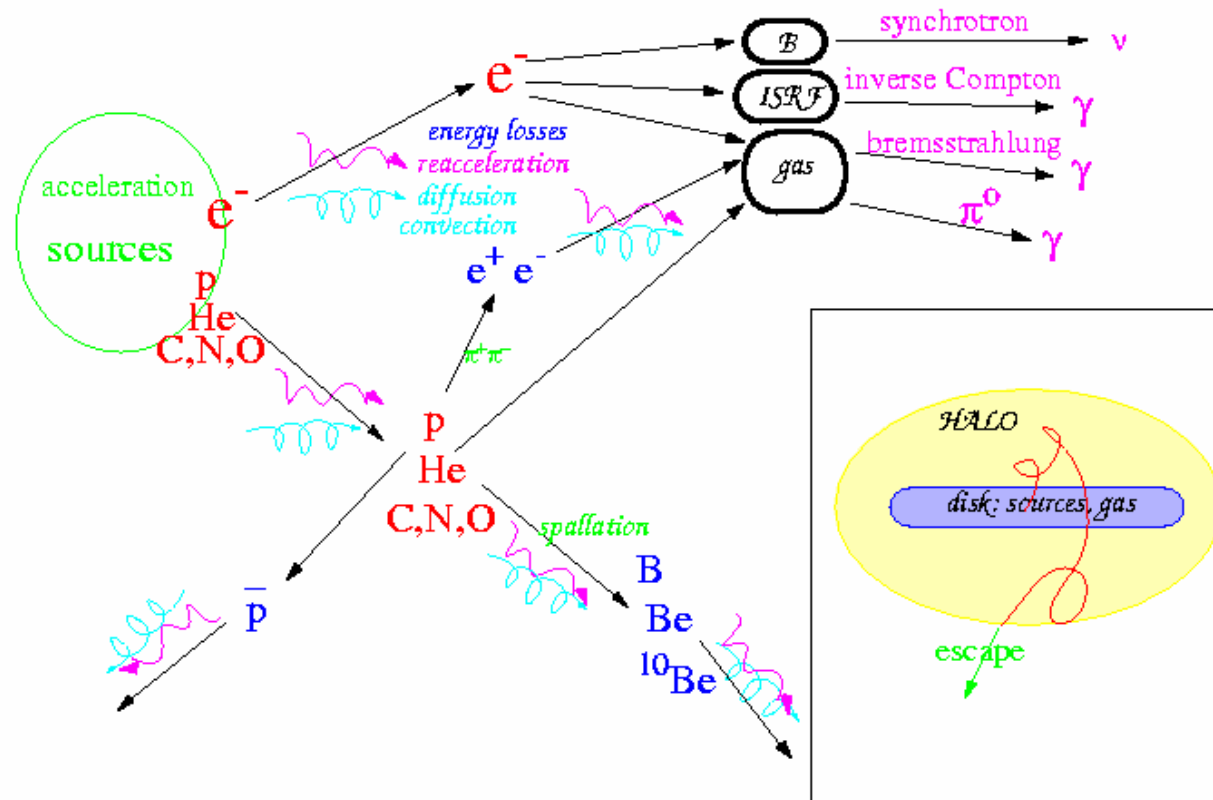
Modulación

Efecto de la interacción con el viento solar (campo magnético del Sol o heliosfera)

Durante su propagación a través de la galaxia los rayos cósmicos pueden sufrir los siguientes efectos:



- Pérdida de energía por ionización
- Fragmentación por reacciones nucleares a alta E (spallation). Esto convierte núcleos abundantes en isótopos ligeros.
- Escape de la Galaxia (Otros modelos de propagación)
- Modulación solar



Resolución de la ecuación de transporte

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_i(E)}{\partial t} = & \text{1) } -\frac{1N_i}{\gamma\tau_i} + \text{2) } Q_i(E) - \text{3) } Dif. + \text{4) } \frac{\partial}{\partial E} (b_i(E)N_i(E)) \\
 & - \text{5) } \left[\sigma_{He,i}(E)n_{He} + \sigma_{p,i}(E)n_H \right] v_i N_i(E) \\
 & + \text{6) } \sum_j \int_0^\infty N_j(E') \left[n_{He} \sigma_{He,ji}(e, E') + n_H \sigma_{pji}(E, E') v_j \right] dE'
 \end{aligned}$$

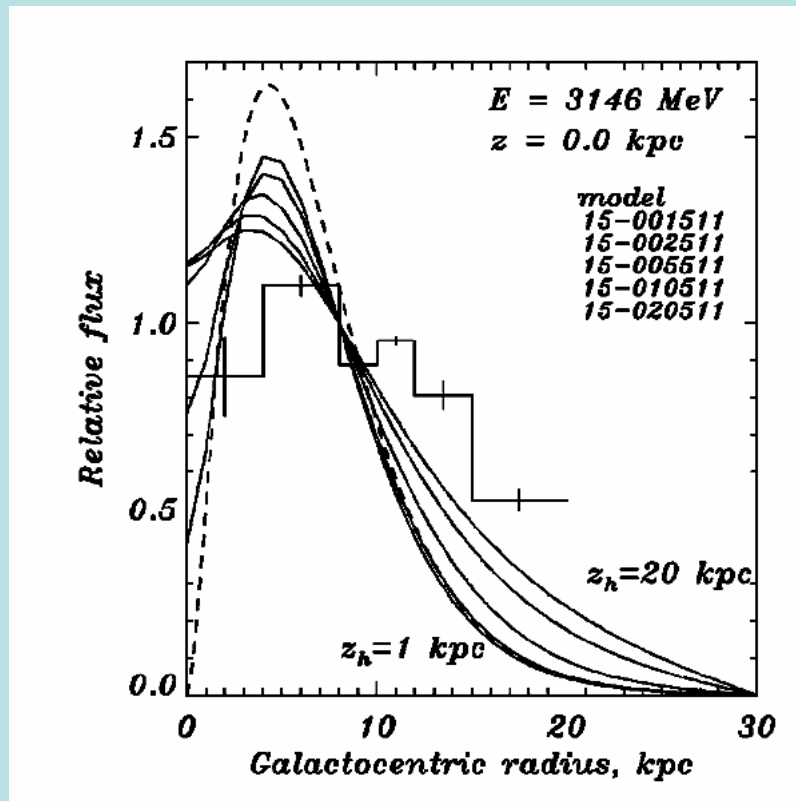
- 1) Pérdida por desintegración radiactiva
- 2) Fuente de partículas originales
- 3) Término de difusión
- 4) Pérdidas por ionización
- 5) Destrucción
- 6) Formación de núcleos por fragmentación de núcleos pesados

GALPROP

Resuelve la ecuación completa para cada núcleo empezando en Fe

❖ FUENTES:

- Distribución radial de las fuentes (como SNR, pulsars, ...)
- Abundancias fuente X_i
- Espectro de inyección $q(E) \propto (R/R_0)^\gamma$



GALPROP

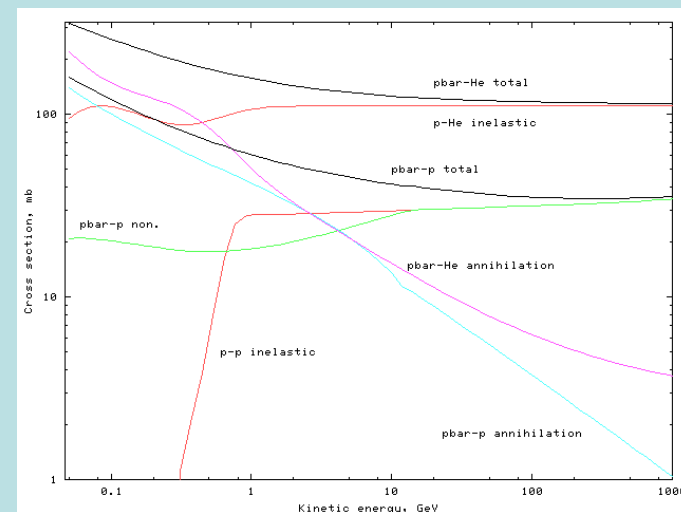
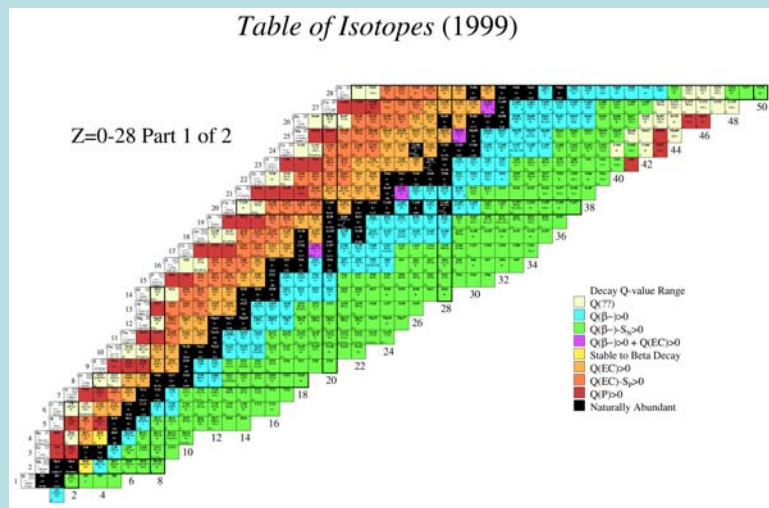
Resuelve la ecuación completa para cada núcleo empezando en Fe

❖ FUENTES:

- Distribución radial de las fuentes (como SNR, pulsars, ...)
- Abundancias fuente X_i
- Espectro de inyección $q(E) \propto (R/R_0)^\gamma$

❖ DIFUSIÓN:

- Procesos nucleares : **secciones eficaces de las reacciones**



GALPROP

Resuelve la ecuación completa para cada núcleo empezando en Fe

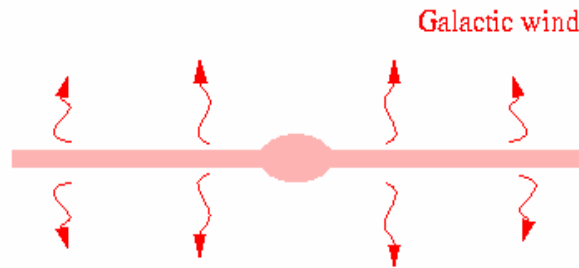
❖ FUENTES:

- Distribución radial de las fuentes (como SNR, pulsars, ...)
- Abundancias fuente X_i
- Espectro de inyección $q(E) \propto (R/R_0)^\gamma$

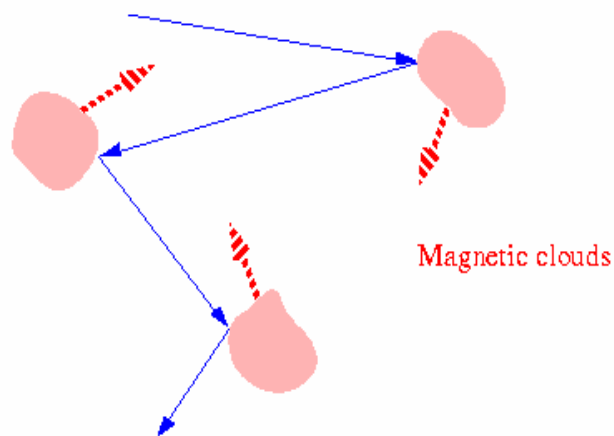
❖ DIFUSIÓN:

- Procesos nucleares: **secciones eficaces de las reacciones**
- Tipo de difusión:
 1. difusión simple $V=0$
 2. convección --vientos interestelares- dV/dz
 3. reaceleración –turbulencia magnéticas Valfvén

CONVECTION



REACCELERATION



- Las fuentes se concentran en el disco
- Hay un viento de velocidad u en el halo que provoca fenómenos de convección

- No hay viento, convección ni turbulencia
- Hay difusión del momento en el halo debido a fluctuaciones magnéticas moviéndose a la velocidad de Alfvén
- Aceleración es un proceso estocástico con un coeficiente $\sim p^2 v_A^2 / D$
- A altas energías es ineficiente
- Produce el pico de B/C

Nuevo mecanismo:

reaceleración con turbulencia
Kraichnan (resonancia por ondas magneto-hidrodinámicas)

GALPROP

Resuelve la ecuación completa para cada núcleo empezando en Fe

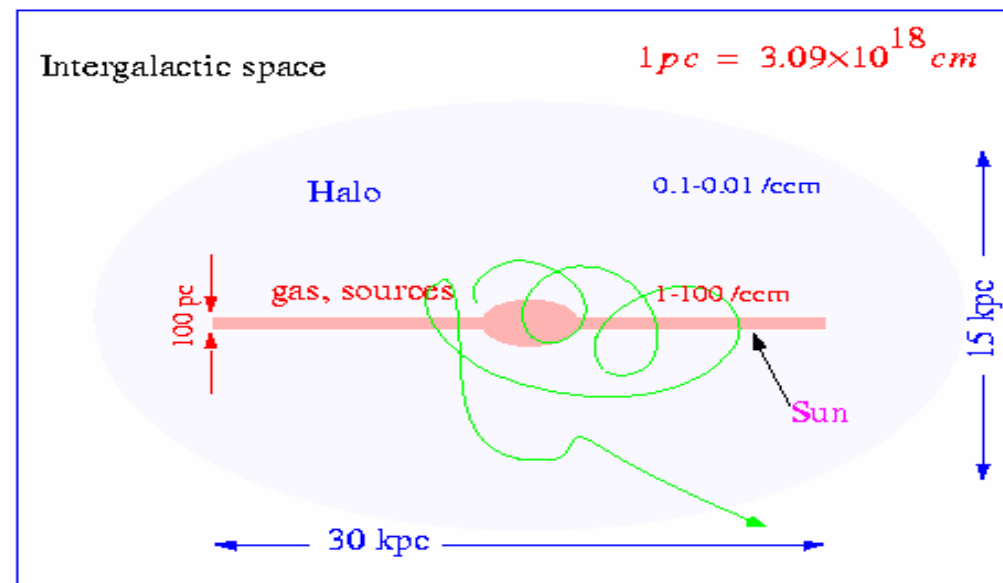
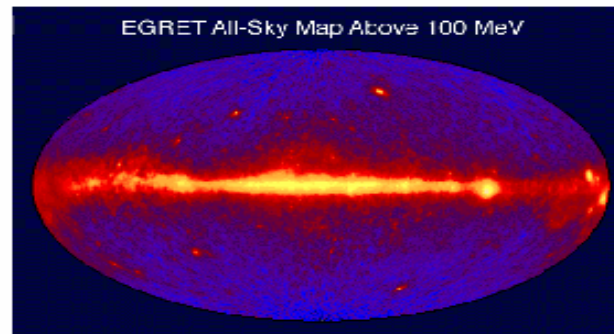
❖ FUENTES:

- Distribución radial de las fuentes (como SNR, pulsars, ...)
- Abundancias fuente X_i
- Espectro de inyección $q(E) \propto (R/R_0)^\gamma$

❖ DIFUSIÓN:

- Procesos nucleares: **secciones eficaces de las reacciones**
- Tipo de difusión:
 1. difusión simple $V=0$
 2. convección --vientos interestelares- dV/dz
 3. reaceleración –turbulencia magnéticas $V_{\text{alfvén}}$
- Estructura de la galaxia: Medio interestelar (densidad n), tamaño de la galaxia y/o zona de difusión R, H

Milky Way



Resumen: Características generales

INPUTS

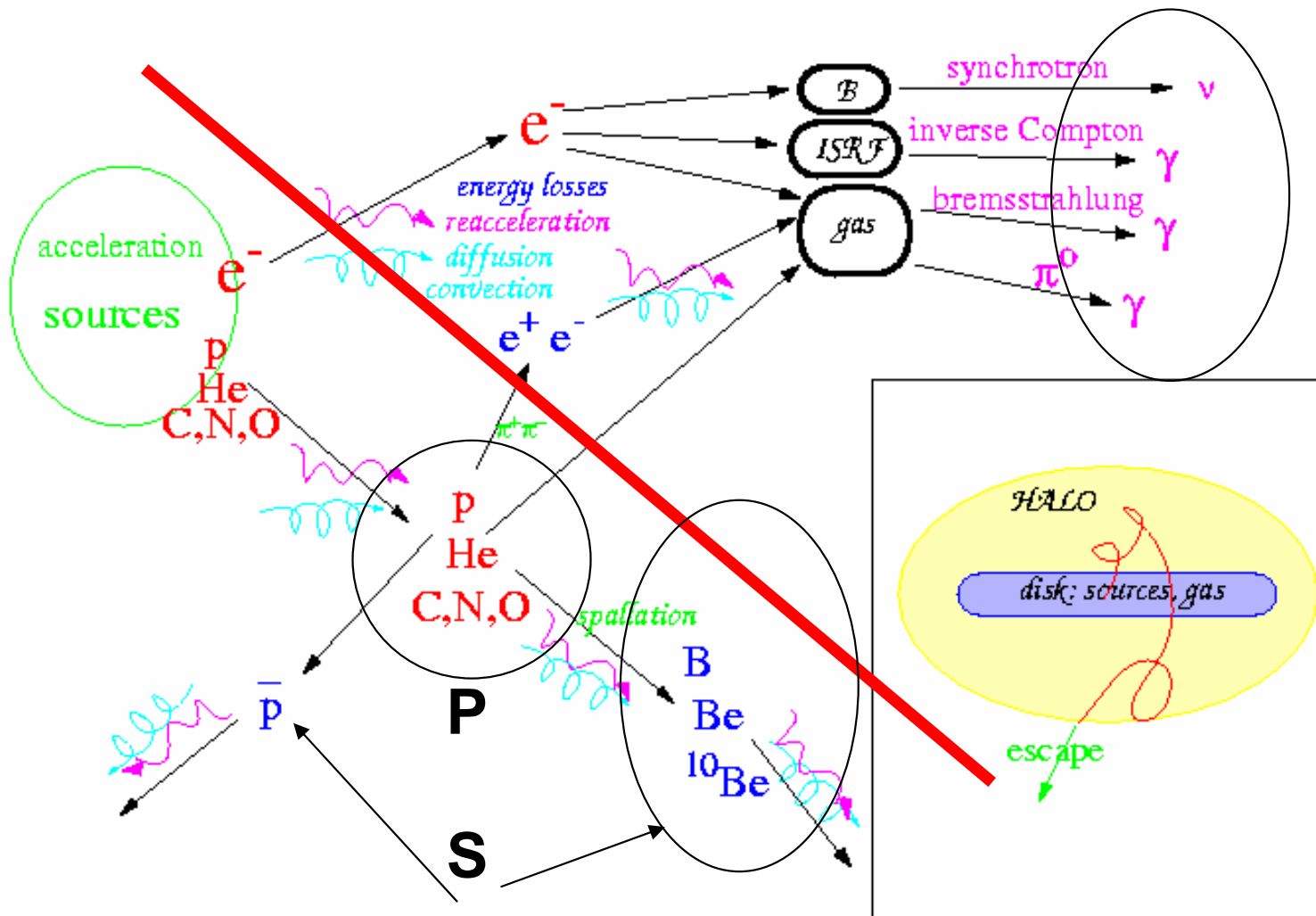
- El tamaño del halo H
- Las abundancias fuente X_i
- El espectro de inyección
 $q(E) = \text{cte.} \cdot (R/R_0)^{-\gamma}$
- El coeficiente de difusión:
 $D = D_0 (R/R_0)^\delta$
(R_0 cuando hay un cambio en D)
- La variación en V de convección dV/dz
- La velocidad de Alfvén v_A
- El campo magnético
 $B = (a/10) \times \exp(-R/r) - (Z/z)$

INCLUYE

- Secciones eficaces de desintegración
- Secciones eficaces de fragmentación con diferentes opciones (nuevos datos)
- Cálculo de protones secundarios, antiprotones secundarios y terciarios ...
- Las pérdidas por ionización e interacciones de Coulomb para núcleos
- Las pérdidas por ionización, interacciones de Coulomb, bremsstrahlung, efecto Compton inverso y sincrotrón para electrones
- Mapas del cielo de la emisividad de H y He y π^0

Versión 50: Cambios

- **Puesta al día de las secciones eficaces**
- **Posibilidad de reaceleración con turbulencia Kraichman (resonancia por ondas magneto-hidrodinámicas)**
- **Opción de espectros de inyección en R, E o $\beta \times R$**
- **Densidades de gas nuevas: Digel**
- **Campo de radiación interestelar (ISRF): Porter et al.**
- **Coeficiente X-CO-H₂ variable con R (solo γ)**
- **Incorpora posibilidad de modelos de DM**



Rayos C3smicos

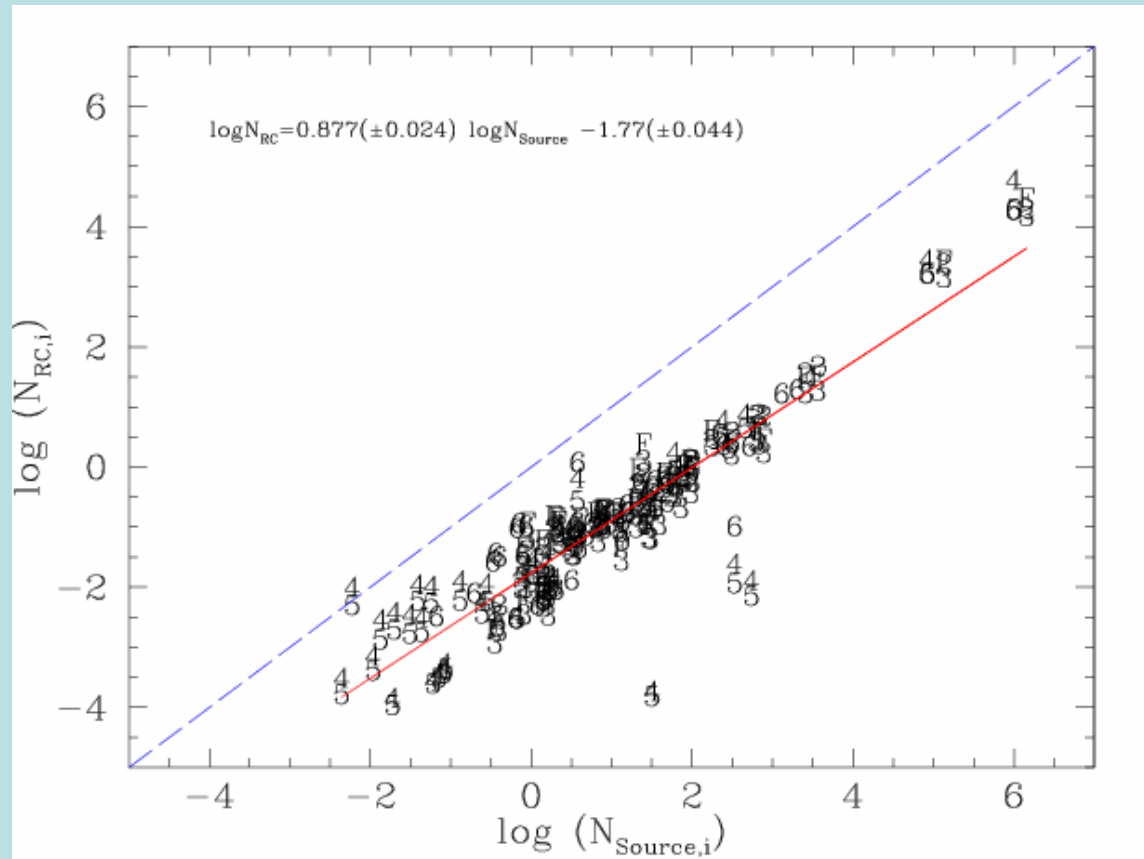
DATOS: PARAMETROS

1. Espectros de RC de P (p, α, \dots) \rightarrow Indices $\gamma + \delta$
2. Abundancias de RC P(p, α, \dots) \rightarrow Abundancias fuente X_i
3. Espectros de S (B, Be, ...) \rightarrow Indice δ , tipo de difusi3n
4. Relaci3n P/S \rightarrow cuanto medio travesado D_0/H
5. S-rad/S-no-rad \rightarrow Tiempo transcurrido:
Tama3o del halo H

- Espectros de antiprotones, electrones y positrones

- No hay ningun modelo que ajuste todos los datos al tiempo

Inclu3do modelo de DM en GALPROP



Las abundancias $X_{i,\text{RC}} - P$ son proporcionales a las $X_{i,0}$

La comparación de estas abundancias fuente, después de tener en cuenta los FPI se pueden comparar con los yields estelares: FUENTE

Binns et al. (2005) Estudio isotópico de $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$: estrellas Wolf-Rayet

Radiación gamma difusa

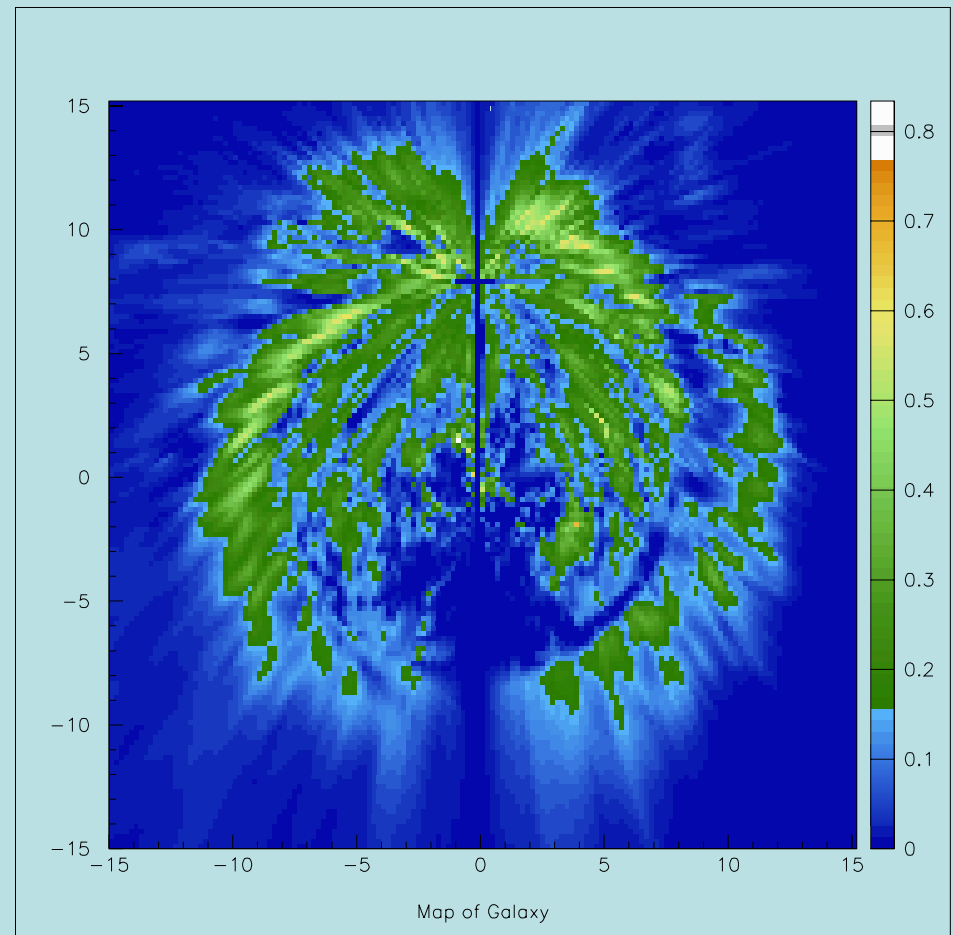
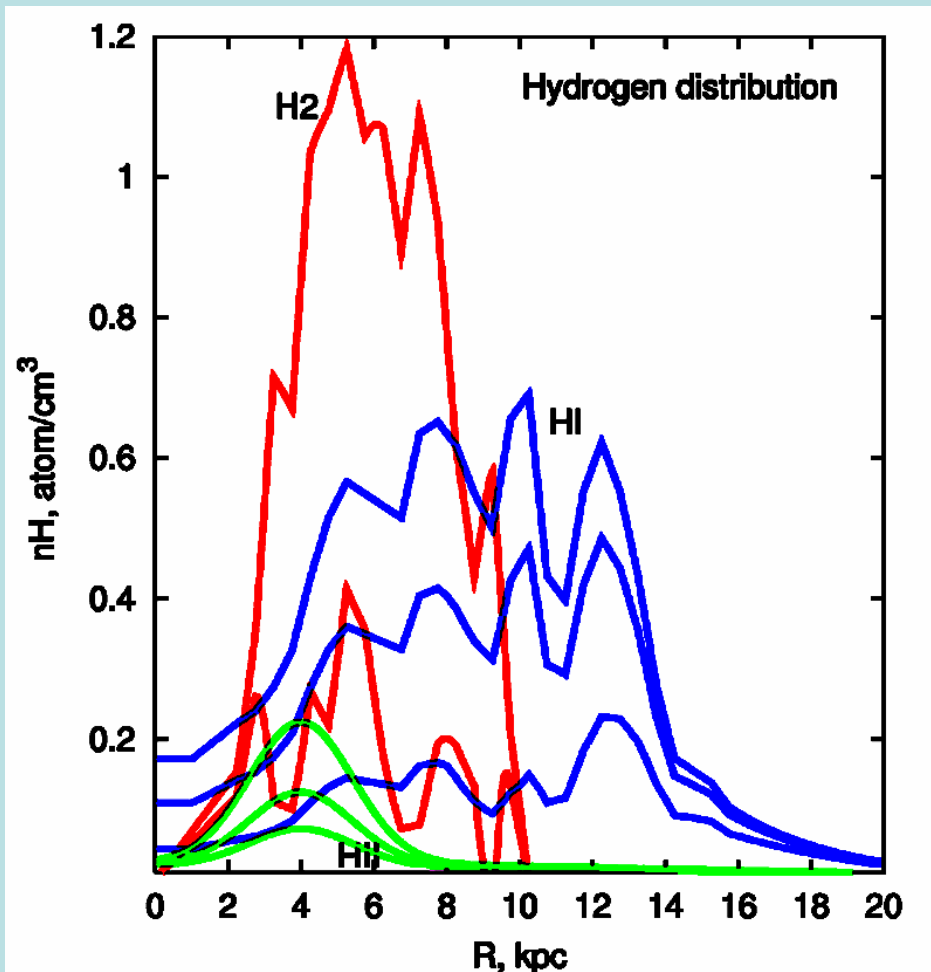
DATOS: PARAMETROS

- 1. Distribución espacial de radiación gamma difusa**

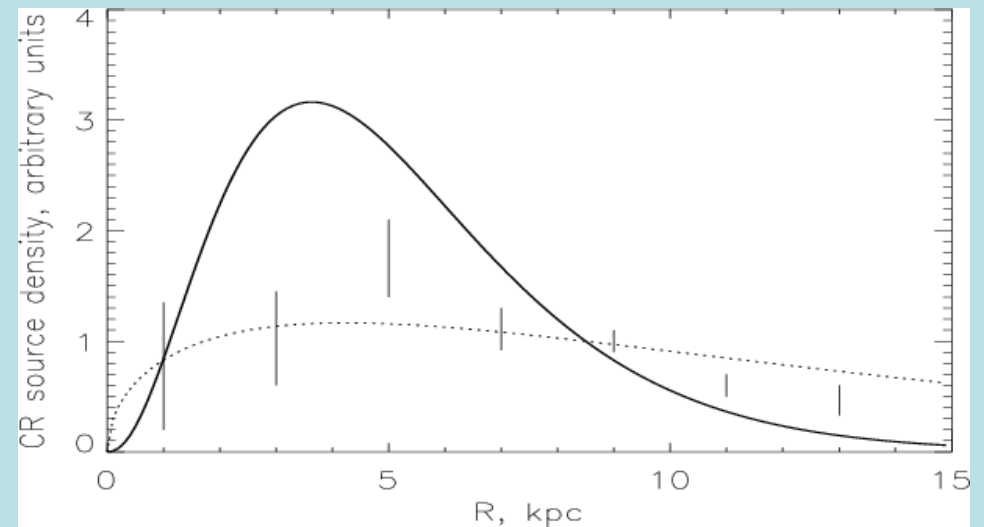
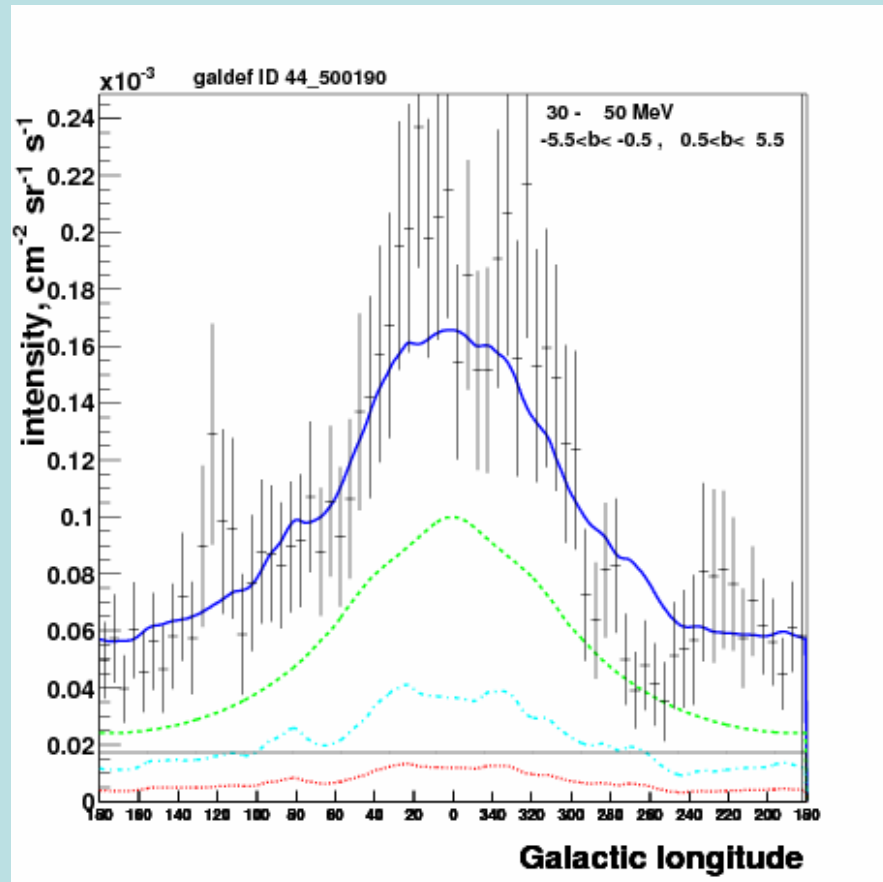
 - **Distribución radial de fuentes y de gas**
 - **Coeficiente X-CO-H₂**
 - **Fuentes no detectadas**
- 2. Distribución espectral de energía de la radiación gamma en diferentes zonas**

 - **Exceso central: DM**
 - **Fuentes no detectadas**
 - **ISRF nueva más alta**

Hay inconsistencias: en nH y nH_2 (RC) no tienen los mismos datos (antiguos) que los mapas de densidad (nuevos, Digel) usados para γ



Para reproducir la distribución espacial de radiación gamma difusa hay que suponer una distribución de fuentes no acorde con las observaciones



Coeficiente X-CO-H2

H2 se detecta a partir de la Intensidad de la línea de CO.

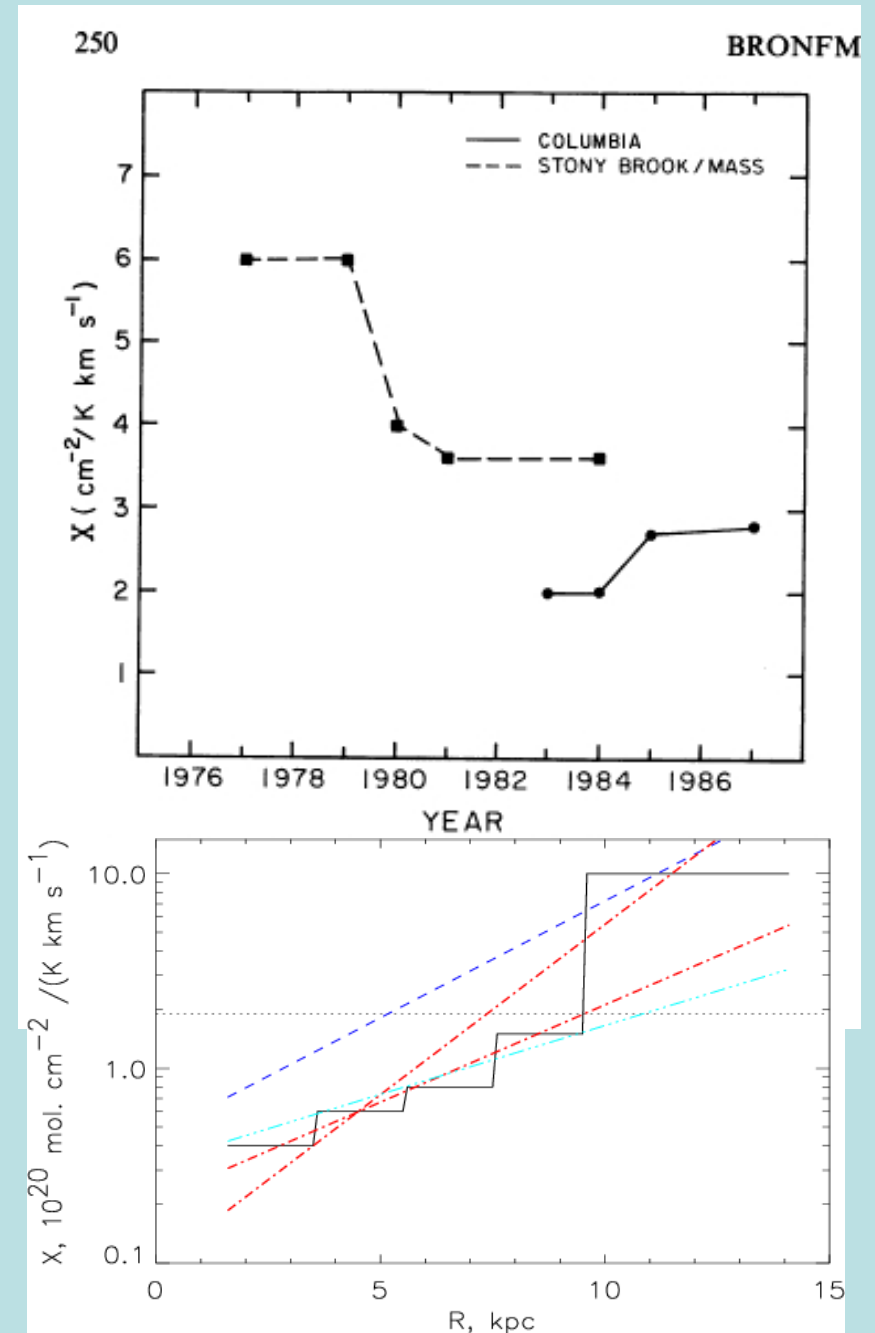
Línea del CO J=1-0 con $\nu=115.27$ GHz $\lambda=2.6$ mm

Se produce por colisiones de CO con nubes moleculares

$$L_{CO} = (3\pi G / 4\rho)^{1/2} T_{CO} M$$

$$X = \frac{n(H_2)}{\int T(CO) dv}$$

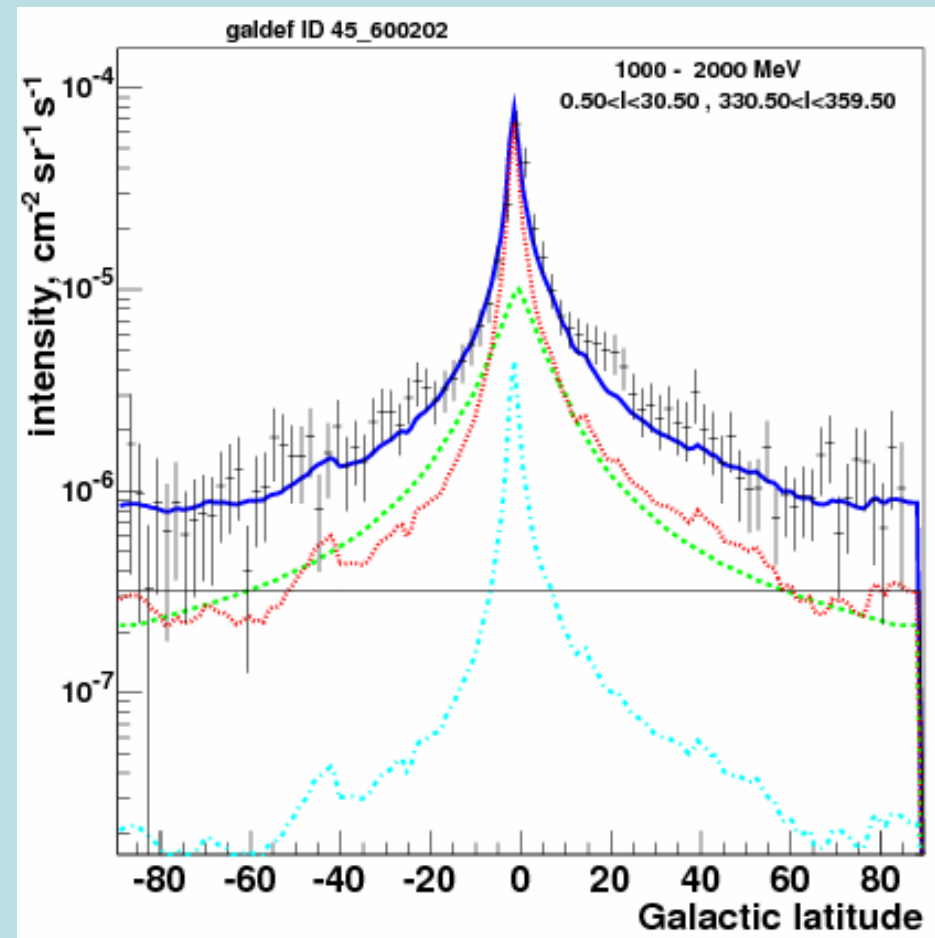
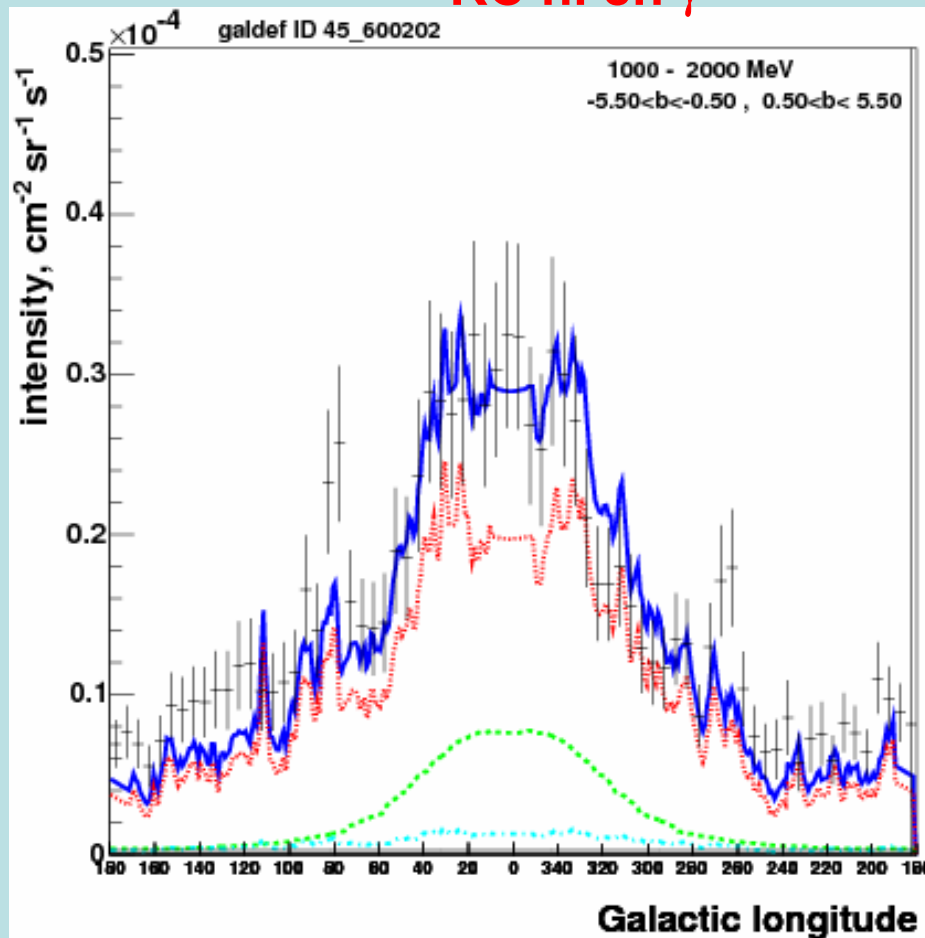
Como C es mayor en la parte interna de la Galaxia, X es menor.



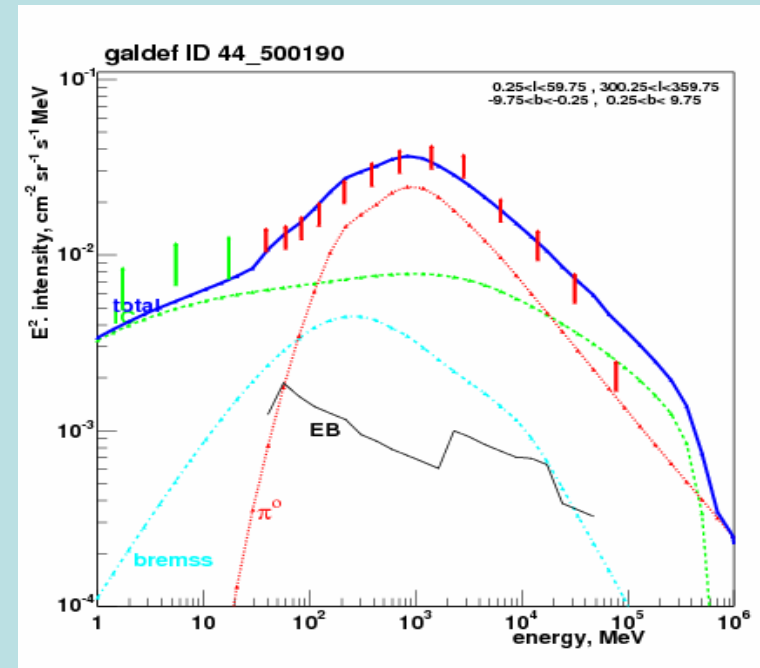
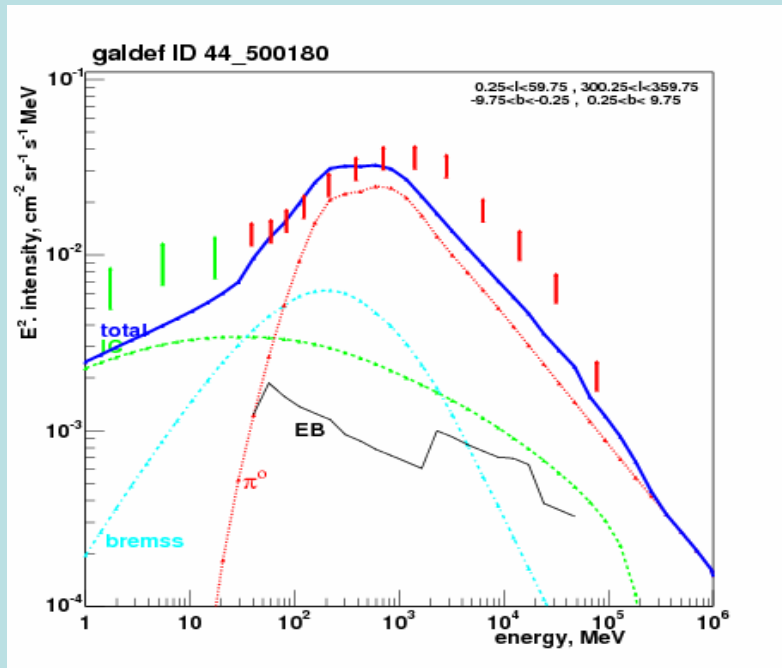
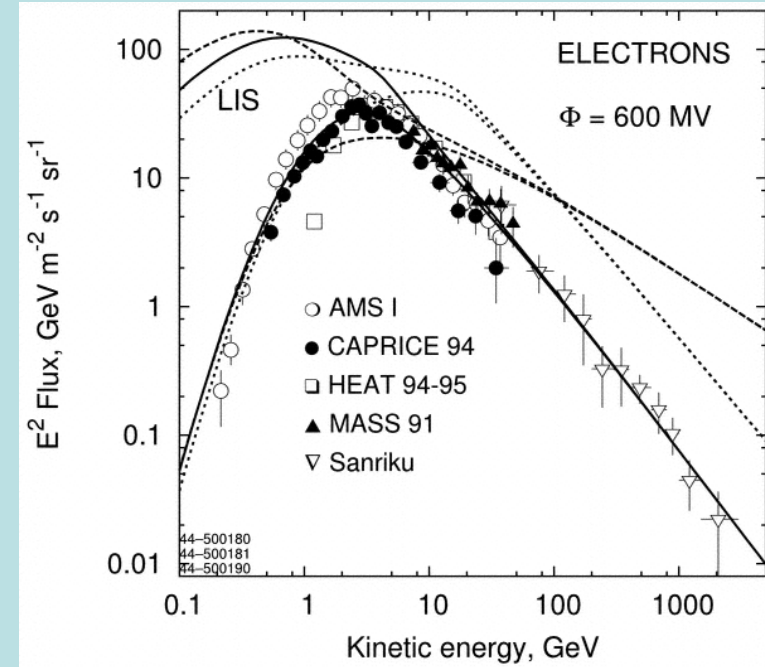
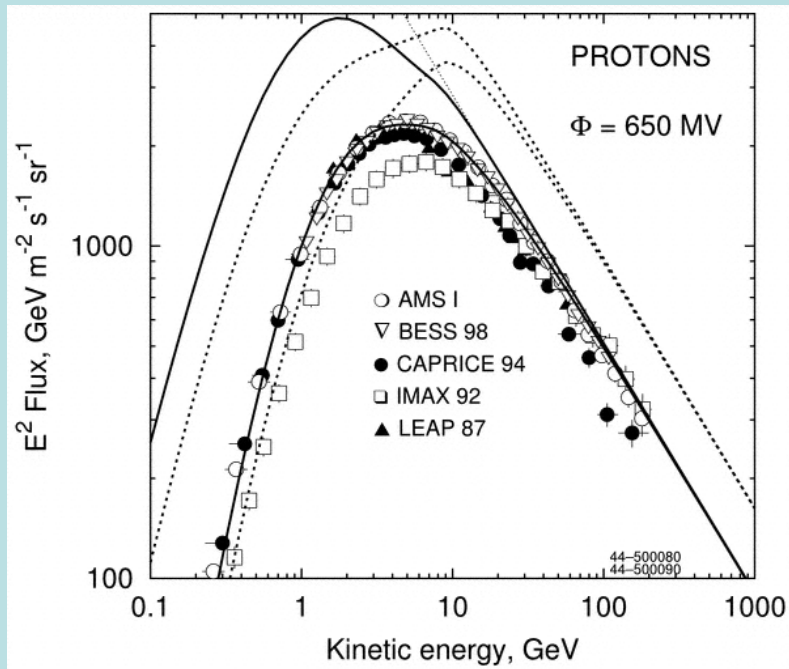
Usando este factor variable se reproducen muy bien las distribuciones espaciales de γ

Pero:

- No se tiene en cuenta este X variable en RC
- No se tiene en cuenta el gradiente de abundancias en RC ni en γ



Exceso de radiación γ



Nuevo cálculo del campo de radiación interestelar: efecto sobre emisión IC

Cálculo suponiendo:

1. Un modelo de distribución de estrellas

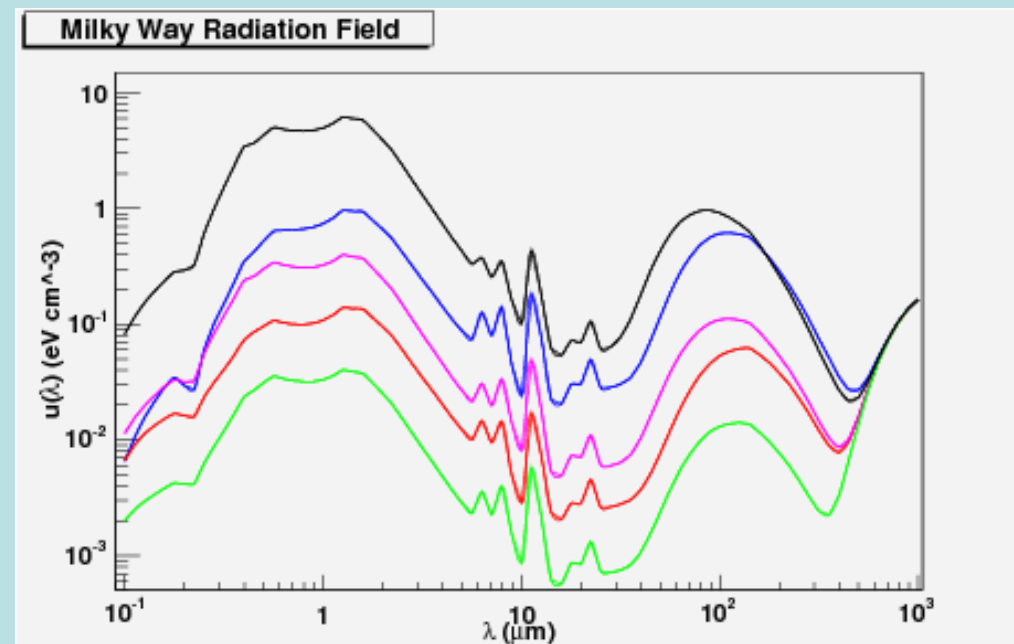
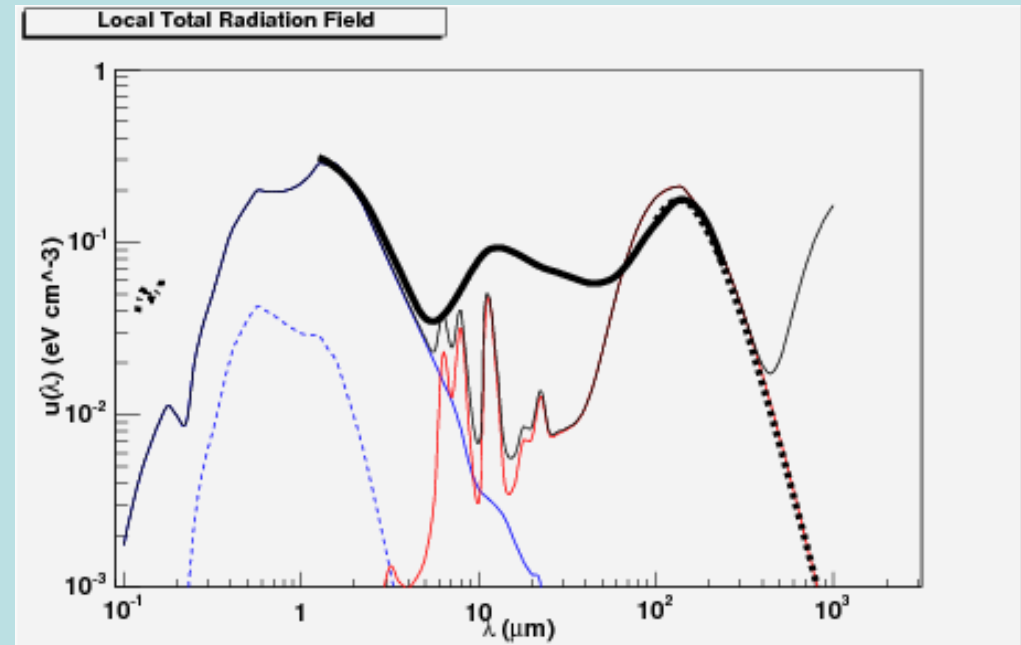
2. Un modelo de polvo incluyendo grafito, silicatos y PAH's

3. Cálculo de scattering y absorción por polvo

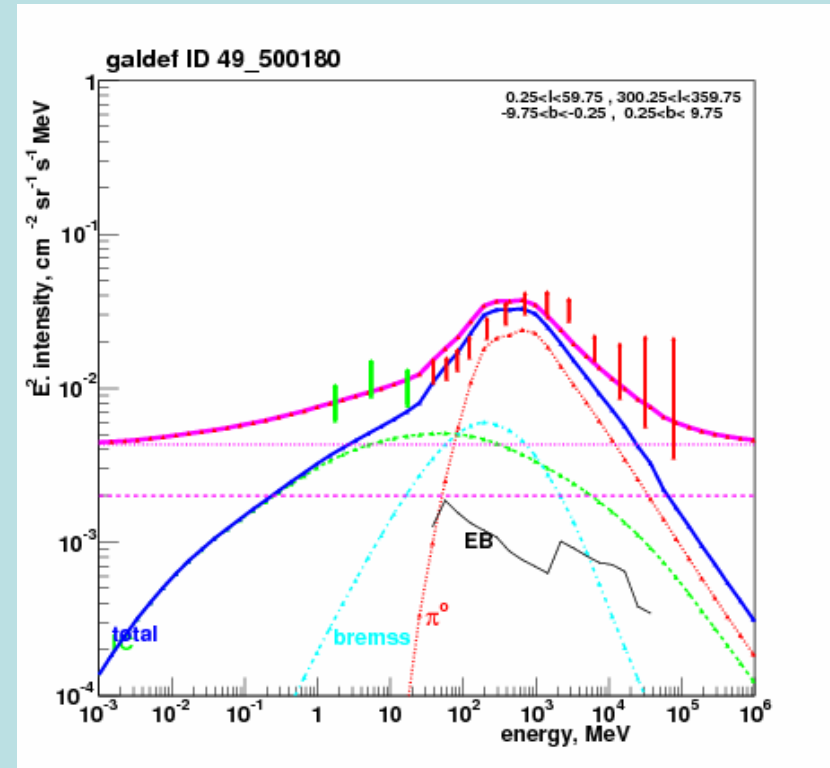
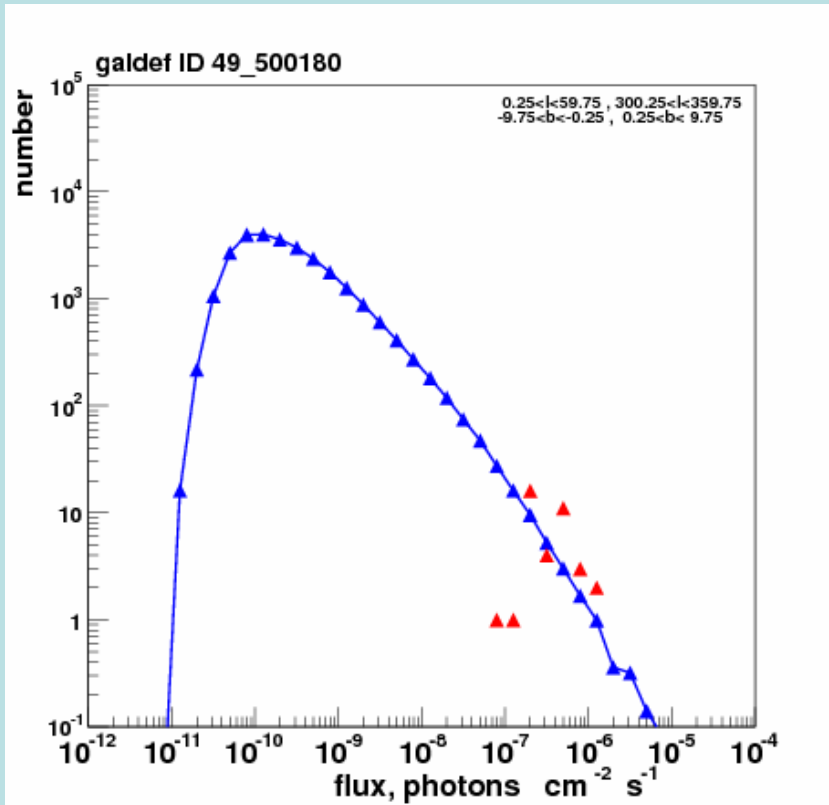
Se obtiene la densidad

(Porter & Strong 2005;

Porter, Moskalenko & Strong 2006)



Fuentes puntuales



Síntesis de poblaciones

Espectros de fuentes conocidas

Una función de luminosidad

Puede haber fuentes puntuales no detectadas (por debajo del límite de detección): DM no es absolutamente necesaria

Novedades: página web

http://galprop.stanford.edu/web_galprop/galprop_home.html

- **Versión 50**
- **Manual nuevo**
- **Modelos de los artículos (resultados en fits)**
- **Página de cálculo de modelos...**

WEB-BASED USER INTERFACE TO GALPROP

(Los resultados en plots o en tabla)

RESUMEN

- Las abundancias fuente, despues de tener en cuenta los FIP, se puede comparar con los yields estelares: estrellas Wolf-Rayet
- No existe ningún modelo que ajuste TODOS los datos al tiempo: antiprotones y electrones -- DM
- Efecto de la densidad de gas es muy importante:
 - Existen inconsistencias entre el cálculo de RC y de γ
 - Distribuciones de gas distintas (Coeficiente X-CO-H₂ variable)
 - No tiene en cuenta la existencia de gradientes radiales de abundancia
- Si se usa la distribución radial de fuentes similar a la de los pulsars, la distribución γ en el disco externo es menor que la observada en un orden de magnitud: nuevo ISRF, polvo
- Lo que falta en la radiación γ puede deberse a fuentes puntuales no detectadas con una cierta función de luminosidad: NO es evidente ni mucho menos la necesidad de DM