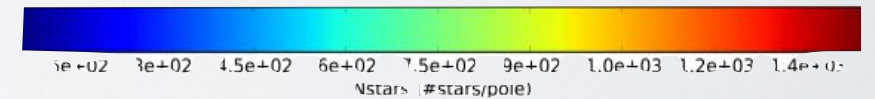
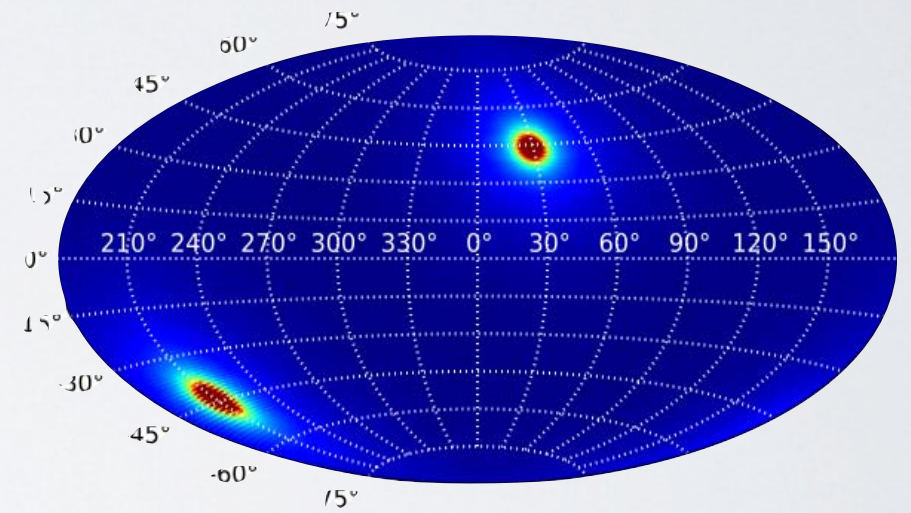
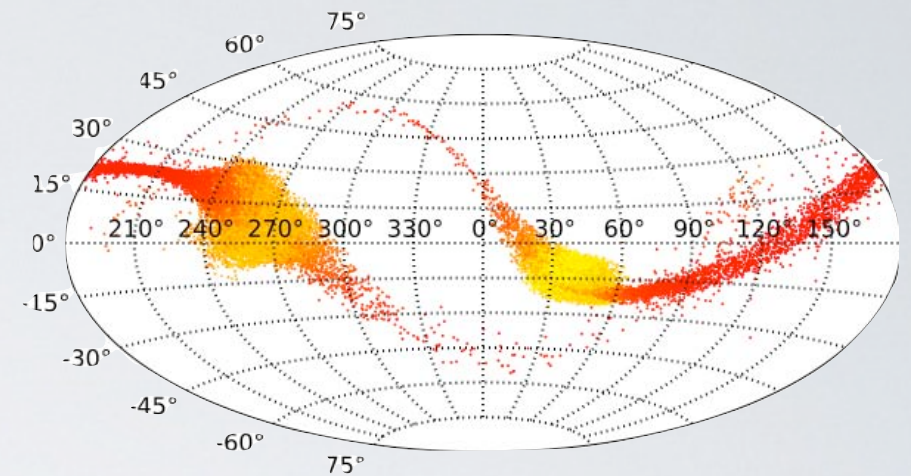


Arqueología Galáctica: Búsqueda de subestructura en la Vía Láctea.



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

EL PROBLEMA

¿Es el grado de subestructura en el halo de la Galaxia consistente con Λ -CDM?



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica

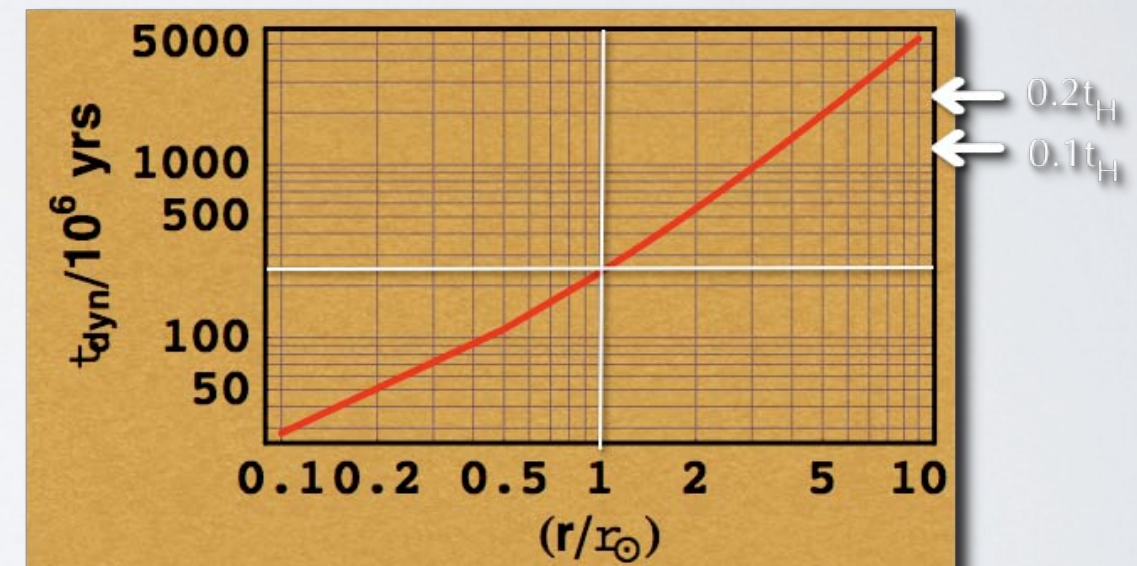
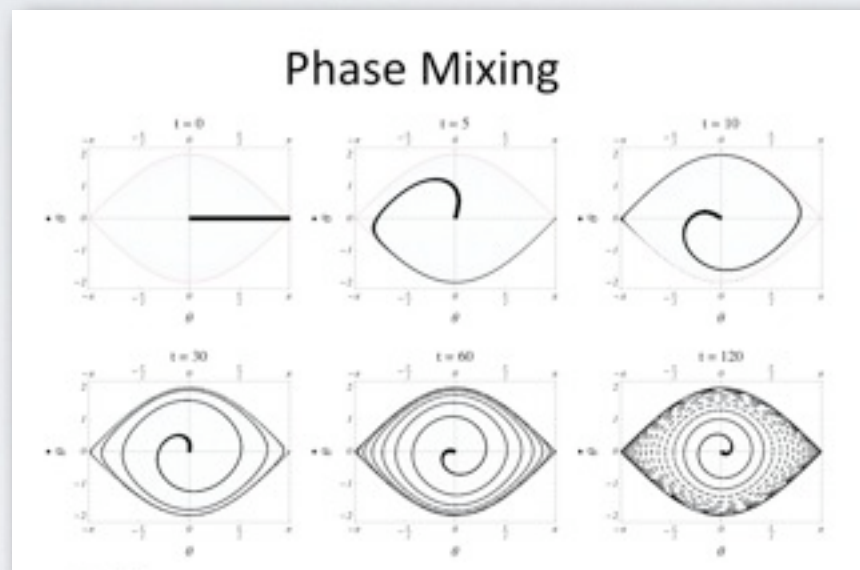
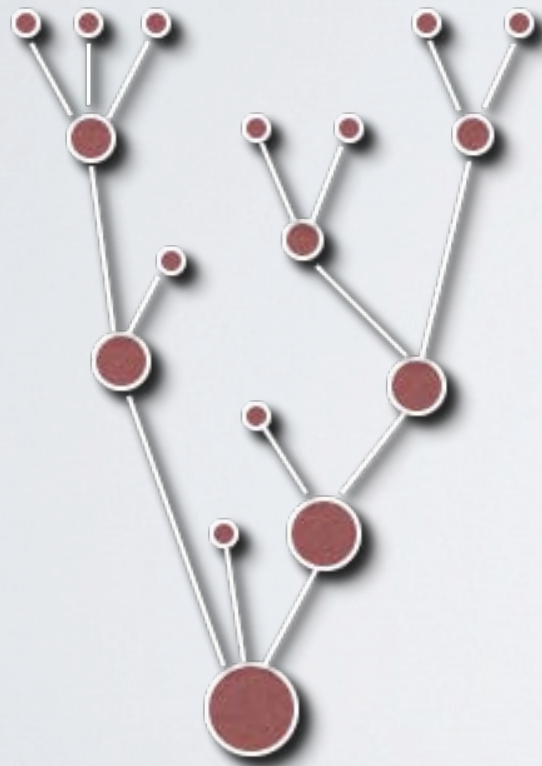
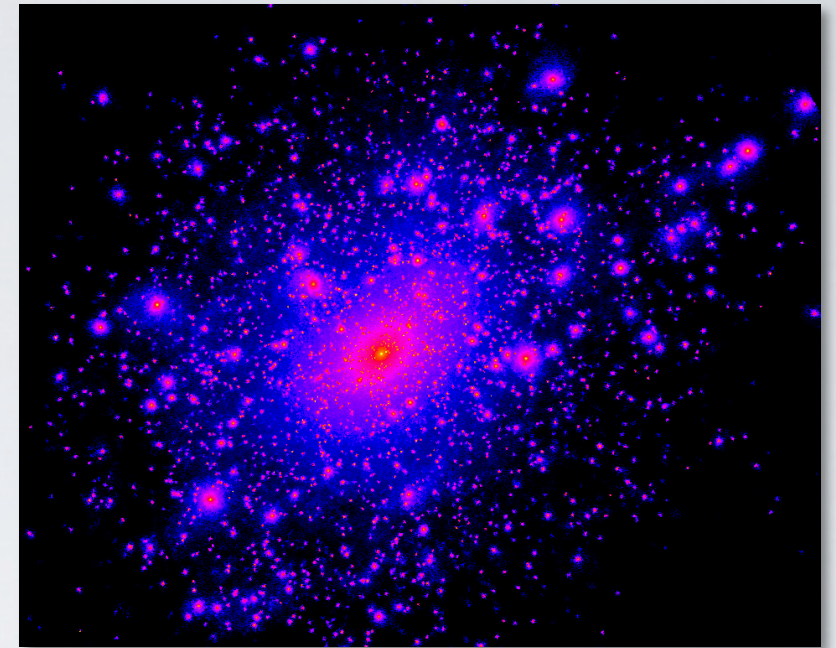


gaia

II Reunión
Científica
de la REG

¿Por qué el halo?

- El modelo Λ CDM predice que una galaxia como la nuestra se forma de la fusión de un gran número de galaxias satélite.
- El halo de nuestra galaxia tiene una “memoria larga” de eventos de acreción.

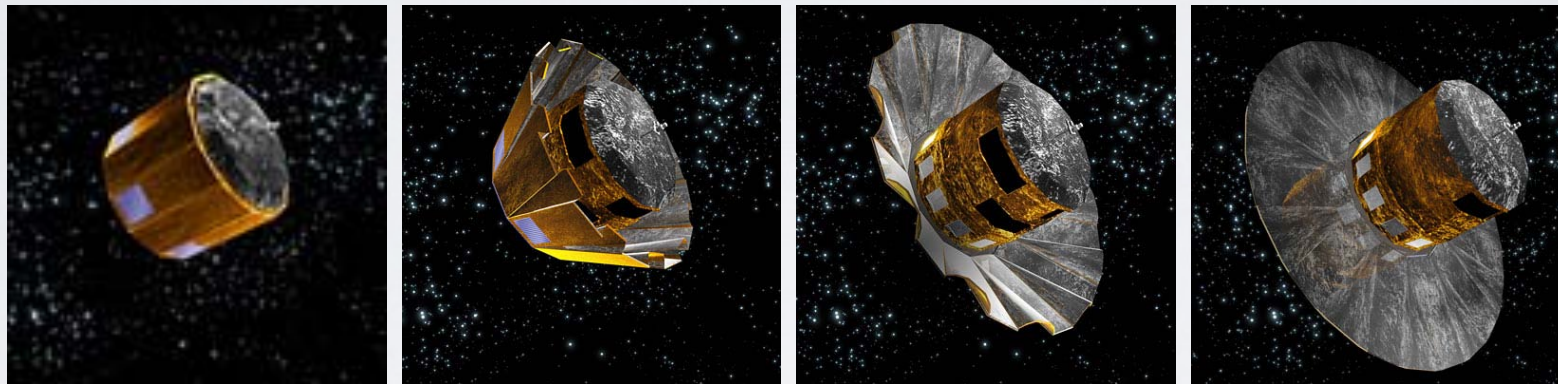


Aunque ha habido una gran cantidad de descubrimientos, necesitamos una muestra completa dentro de límites bien definidos, para poner a prueba el modelo cosmológico.



Gaia: una oportunidad única.

Necesitamos un sondeo muy profundo y completo del halo estelar que provéa información cinemática y fotométrica.



- Cubrimiento de todo el cielo
- Magnitud límite de completez: 20
- Número esperado de estrellas incluidas: 10^9
- Precisión astrométrica: $\delta\pi \sim 20 \mu\text{arcsec}$ (@ $V=15$), $\delta v_r \sim 1-10 \text{ km/s}$ (@ $V \sim 16$)
- Fotometría (4 canales de banda ancha, 11 de banda intermedia)
- Fecha estimada de lanzamiento: ¿2013?



EL GRUPO DEL OTRO LADO DEL ATLÁNTICO



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

LOS PERSONAJES



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

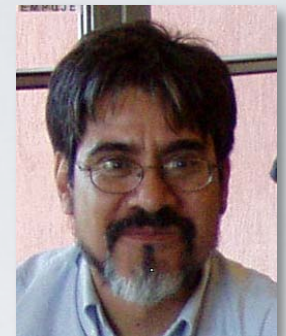
Grupo de Cosmología a escalas Galáctica y subgaláctica



Luis Aguilar



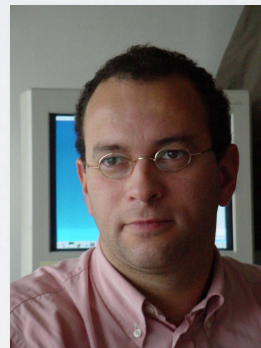
Octavio Valenzuela



Pedro Colín



Cecilia Mateu



Anthony Brown



Bárbara Pichardo



Vladimir Avila



Héctor Velázquez



Fabiola Hernández



Gustavo Bruzual



Leticia Carigi



Grupo de Cosmología a escalas Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

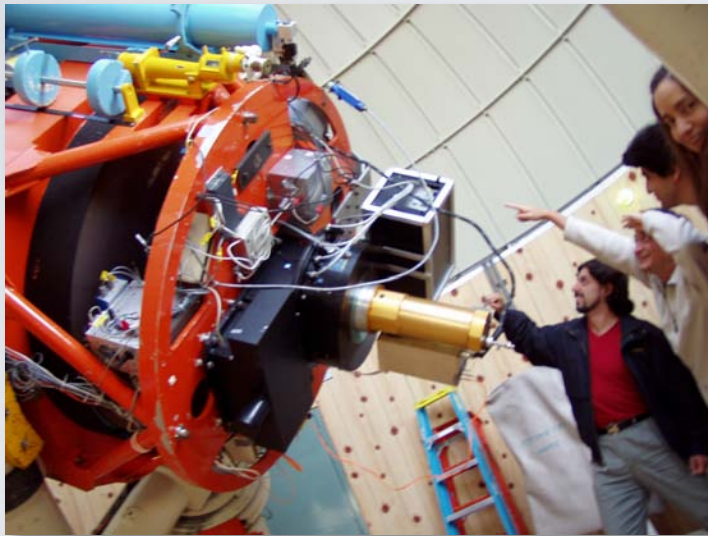
Grupo de Cosmología a escalas Galáctica y subgaláctica



La simulación hidrodinámica



La simulación de N cuerpos



Buscando materia oscura



Definiendo las condiciones iniciales



Vladimir encuentra un "merging tree"



Las galaxias se forman en los picos de densidad



Halos oscuros



Grupo de Cosmología a escalas Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

LA ESTRATEGIA

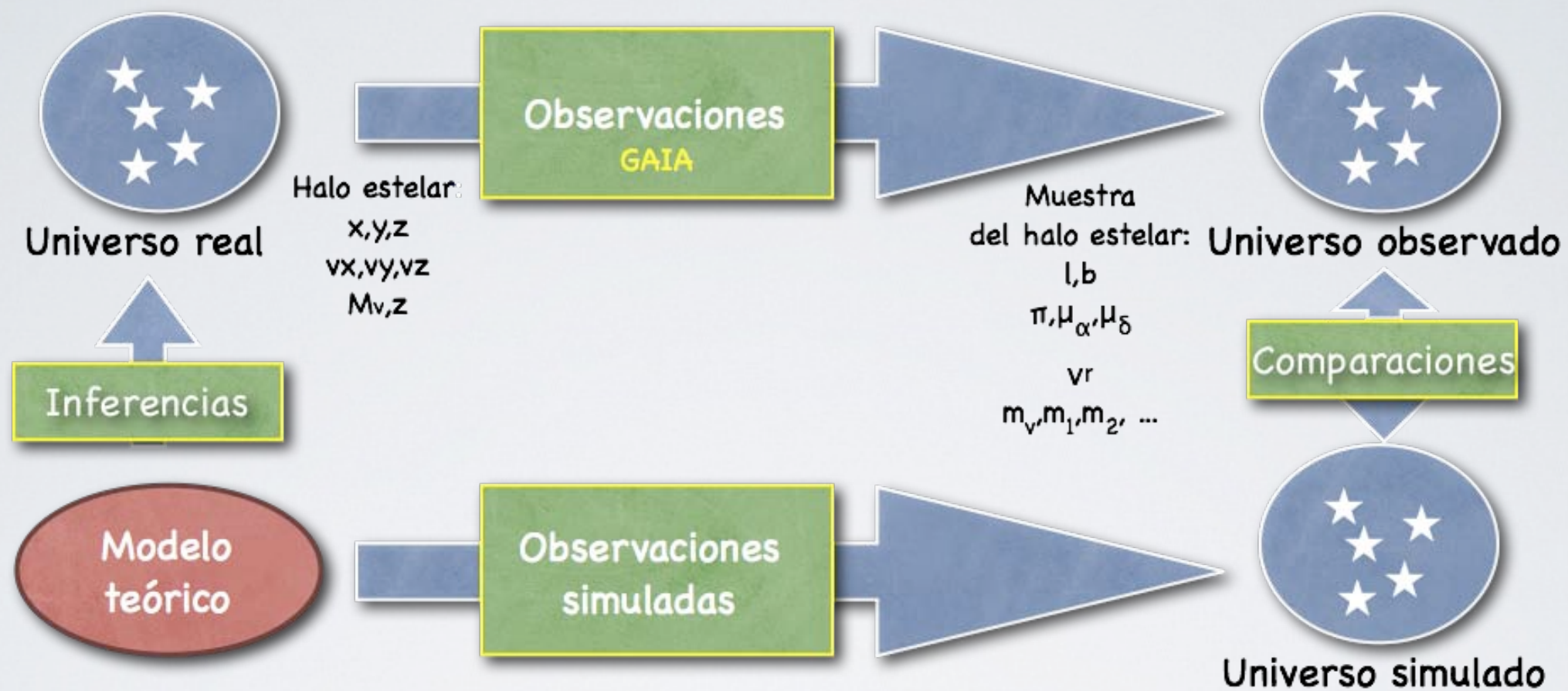


Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG



El método usado



EL PLAN DE TRABAJO

Sources

Galaxy model

Satellite models

N-Body simulations

Stellar population models

Emulators

Random realization
generator

Photometry simulator

Astrometry simulator

Catalogue simulator

Diagnostics

Accretion event
Identifiers

Substructure
quantifiers

TRABAJO REALIZADO



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

El catálogo simulado de Gaia

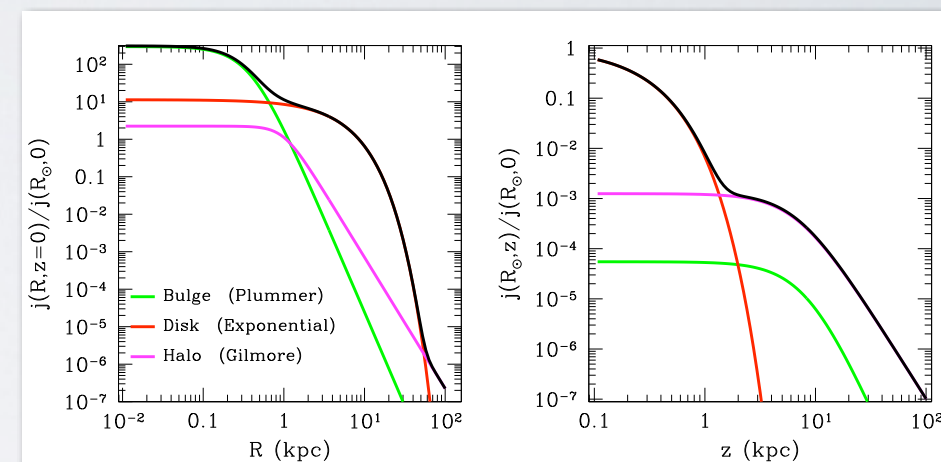
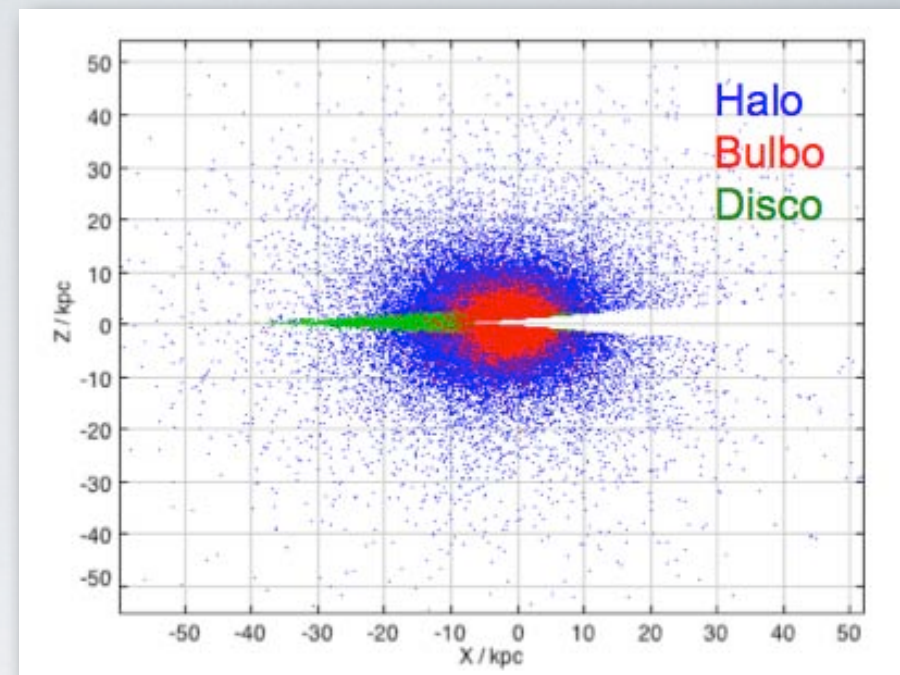
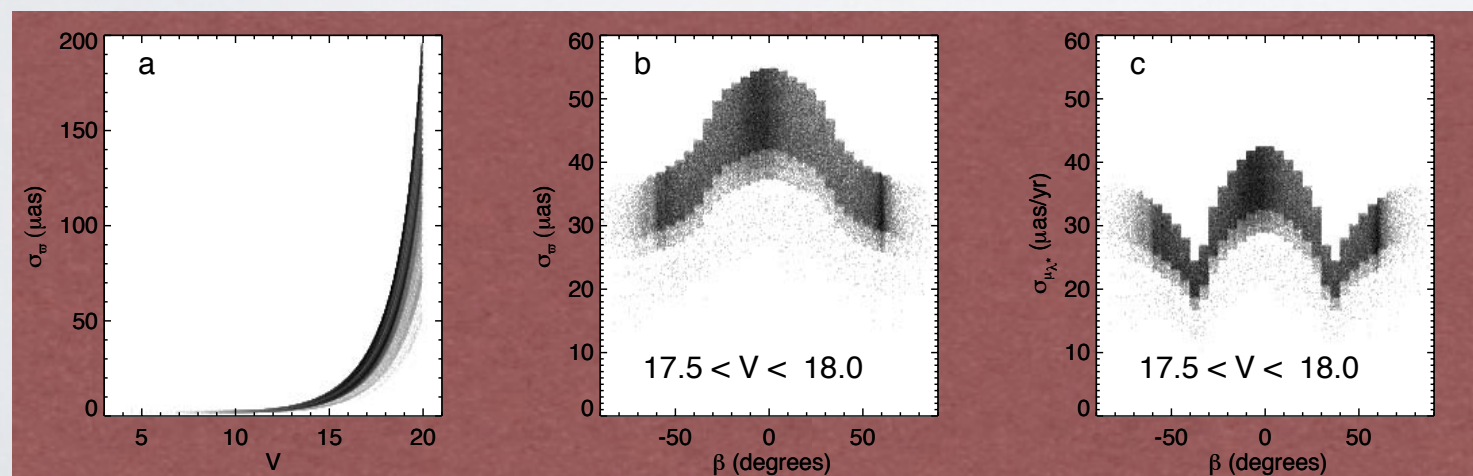
- 3.2×10^8 estrellas
- Zona de exclusión: $b < 5^\circ$ en cuadrantes I y IV.
- Poblaciones: Bulbo, disco, halo.
- Observables: $l, b, \pi, \mu_\alpha, \mu_\delta, v_r, m_V, B-V, \dots$

Ingredientes:

- Modelo de masa de la Galaxia
- Modelo de luz de la Galaxia
- Función de luminosidad y diagrama color-magnitud
- Modelo cinemático de cada población estelar de la Galaxia

Observaciones simuladas:

- Límites en observables del catálogo de Gaia
- Modelo realista de errores observacionales (sistemáticos y aleatorios)



Photometric Model of the Galaxy

Normalization at solar neighborhood: $0.067 L_\odot/\text{pc}^3$

$L_{\text{gal}} = 3.2 \times 10^{10} L_\odot$	$q_H: 0.8$
$L_B = 4.7 \times 10^9 L_\odot$ (14.6 %)	$r_B: 0.383$ $R_D: 3.5$ $z_D: 0.2$ $r_H: 1$ $R_\odot: 8.5$
$L_D = 2.3 \times 10^{10} L_\odot$ (73.2 %)	$(j_H/j_D)_\odot = 0.00125$ $(L_H/L_D) = 0.1667$
$L_H = 3.9 \times 10^9 L_\odot$ (12.2 %)	$(j_B/j_D)_\odot = 5.5 \times 10^{-5}$ $(L_B/L_D) = 0.200$



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica

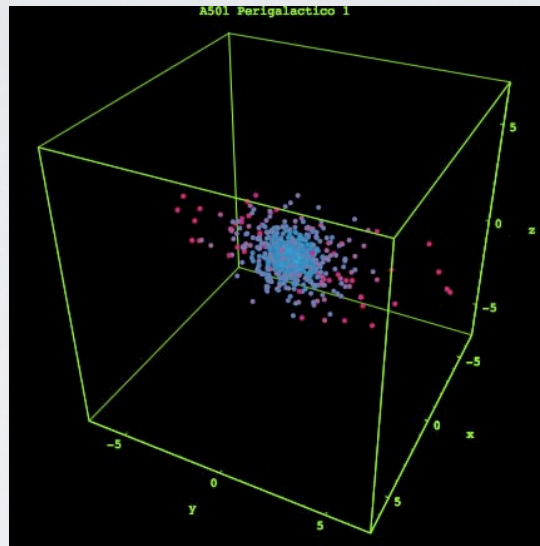


gaia

II Reunión
Científica
de la REG

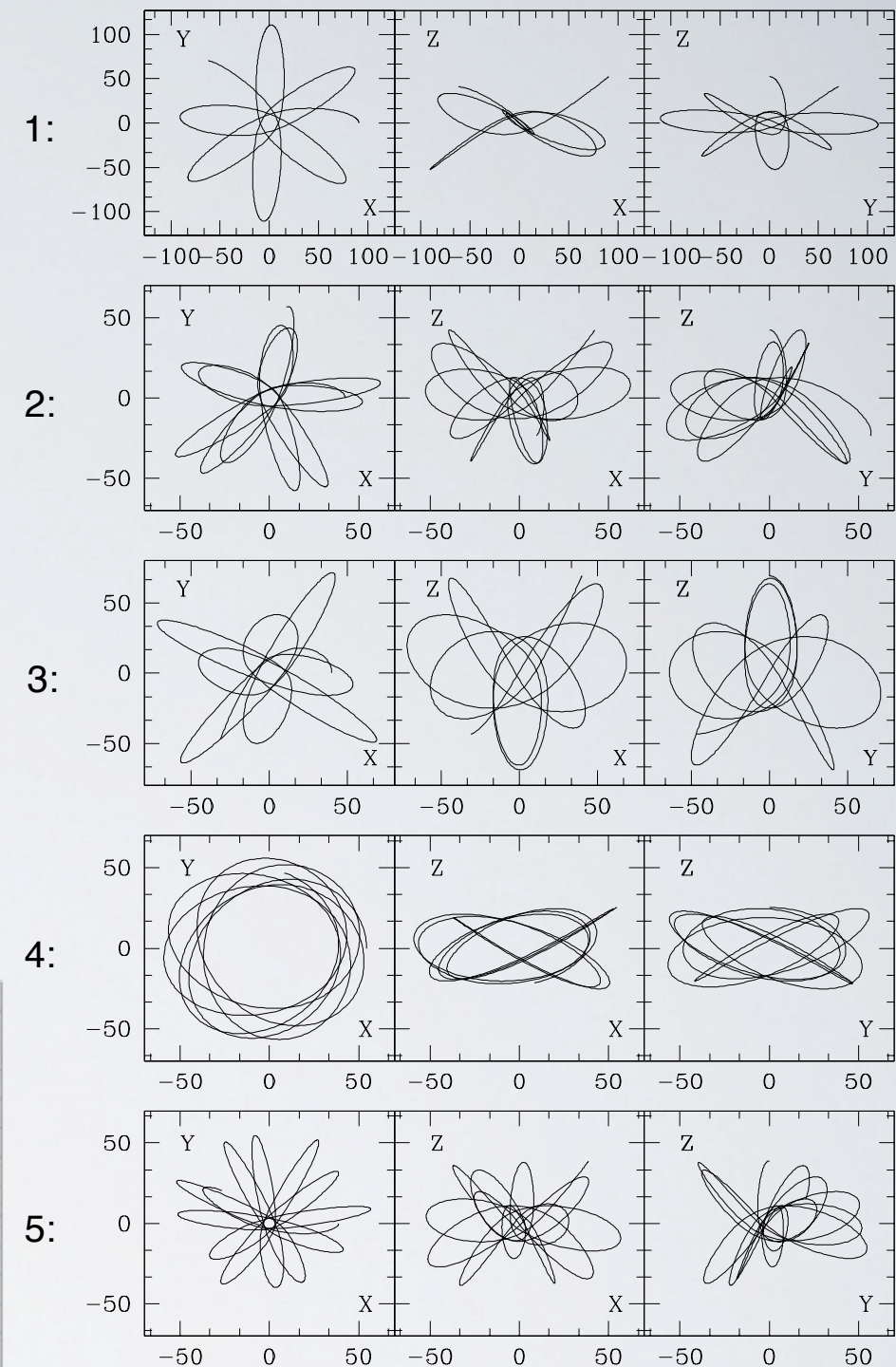
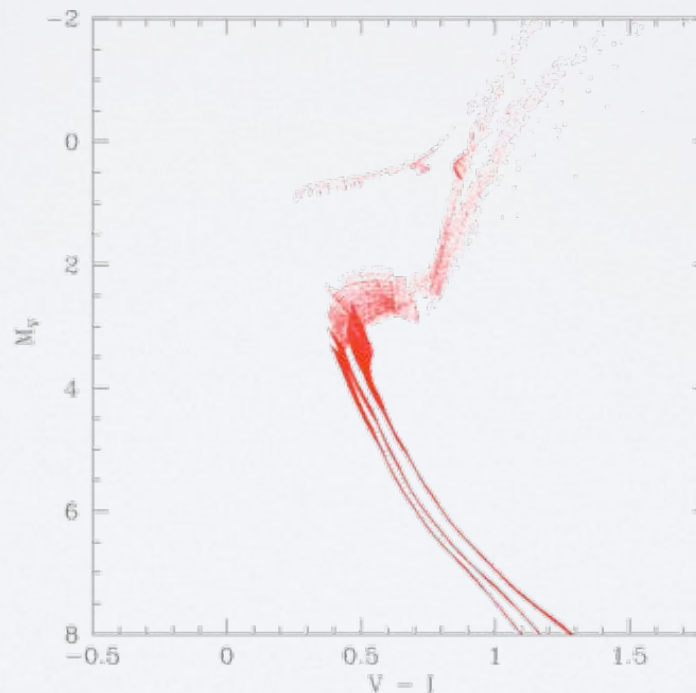
Los satélites simulados

- Modelos de King
- 10^6 estrellas en cada uno
- Masas: 2.8 y $5.6 \times 10^7 M_\odot$
- Peris: entre 3.5 y 40 kpc
- Apos: entre 55 y 105 kpc
- Inclinationes: entre 25° y 60°
- Tiempo simulado: 10^{10} años.



Historias de formación estelar

Nombre	Edad (Gaños)	[Fe/H] (dex)	L_V (%)
Tipo halo	13	-1.7	100
	13	-1.7	30
Tipo Carina	8	-1.7	50
	3	-1.7	20



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

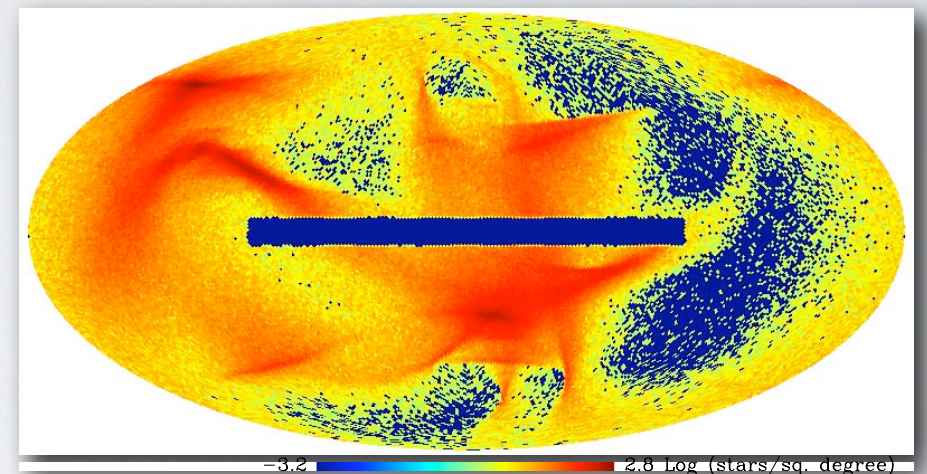
El problema de la aguja en el pajar

Cuando buscamos algo
Hay veces en que lo que encontramos,
no es lo que creíamos que veríamos.

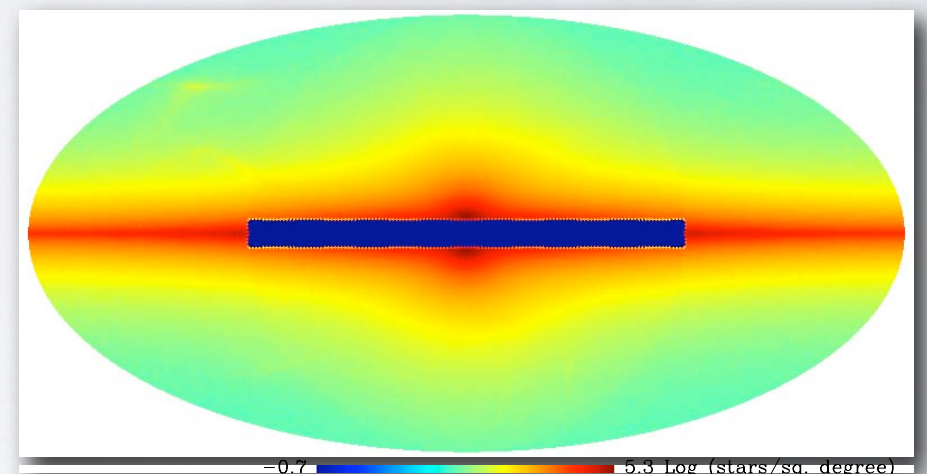
Complicaciones:

- Errores observacionales,
- Efectos de selección,
- Fondo galáctico.

Stellar densities: satellite only



Stellar densities: galaxy + satellite



Calibración de conteos y variación en la profundidad del muestreo.



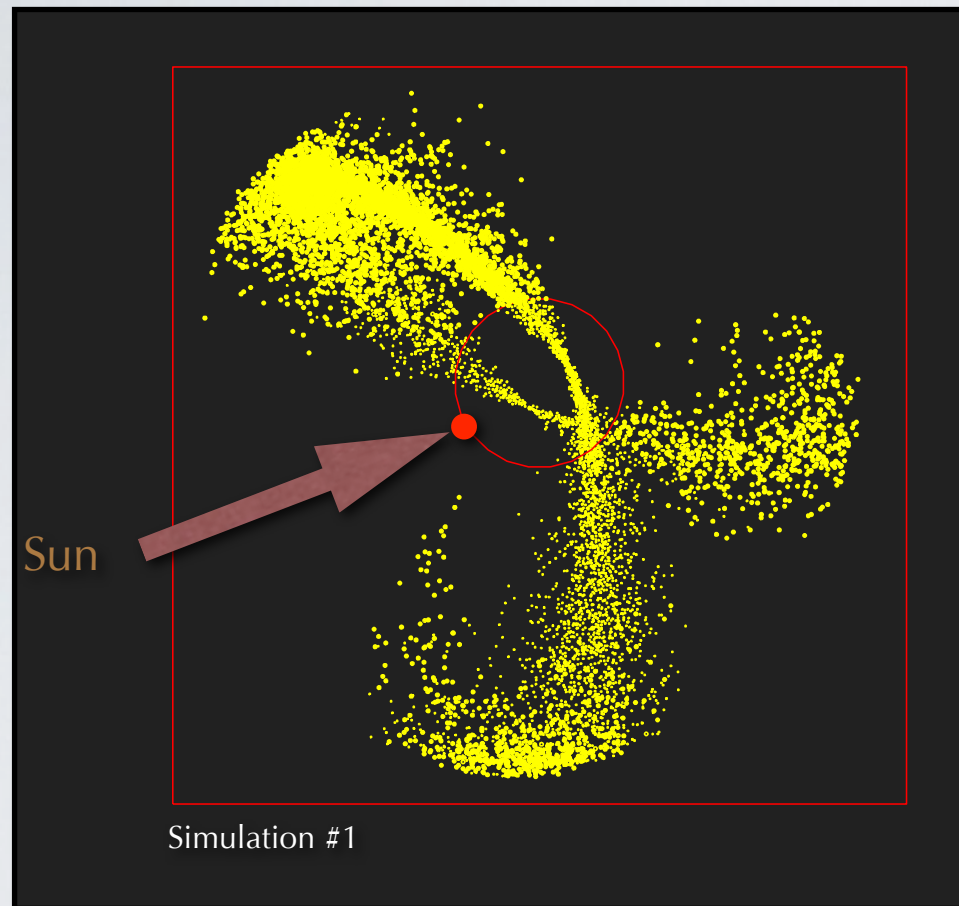
Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



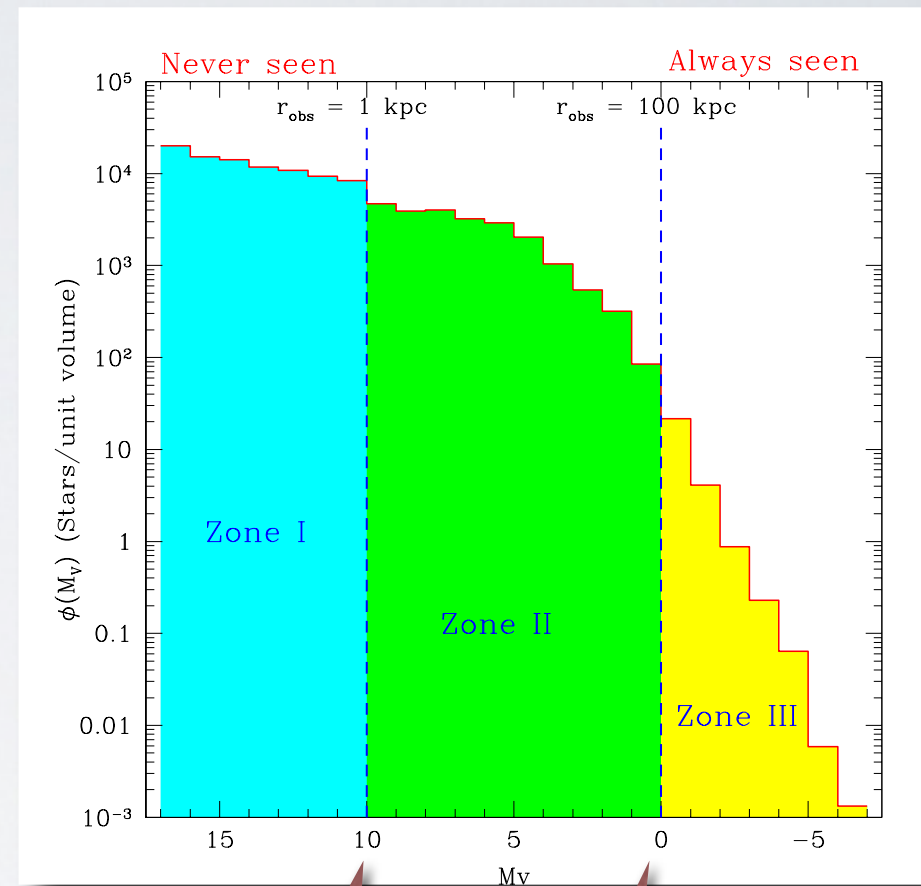
gaia

II Reunión
Científica
de la REG

Variación en la profundidad de muestreo de $\varphi_{sat}(L)$



Dependiendo de la órbita,
algunas estrellas son siempre visibles,
otras a veces
y otras nunca.



Estrellas más débiles visibles a corta distancia

Estrellas más débiles visibles a larga distancia

Más brillo →



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

RESULTADOS



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

El espacio de integrales de movimiento

Helmi y de Zeeuw, *MNRAS* 319, 657 (2000)

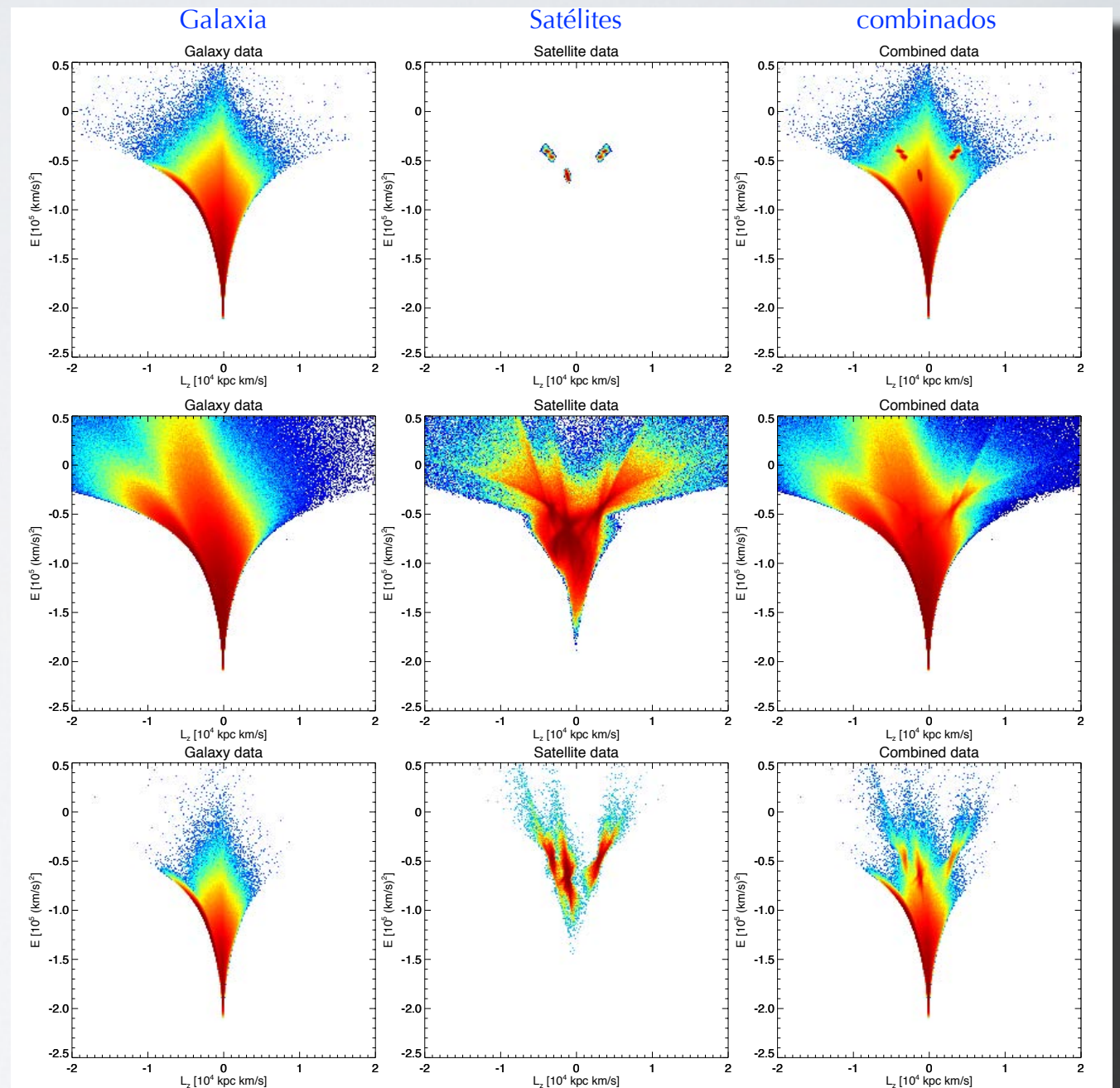
Brown, Velázquez y Aguilar, *MNRAS* 359, 1287 (2005)

El diagrama de E vs L_z

Sin errores

Con errores

Muestra seleccionada:
 $V < 15$, $(\varpi/\sigma_\varpi) > 5$



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



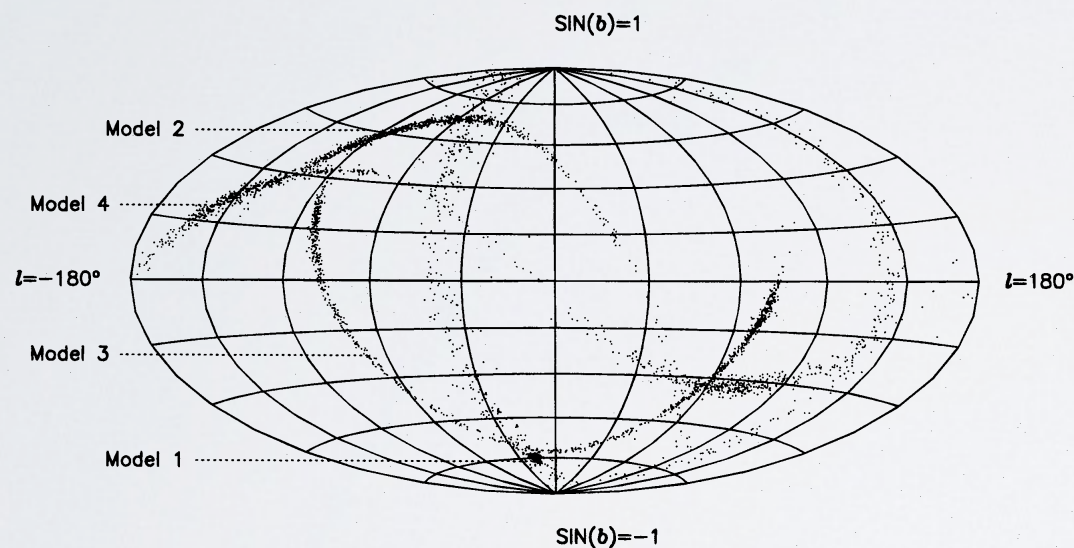
gaia

II Reunión
Científica
de la REG

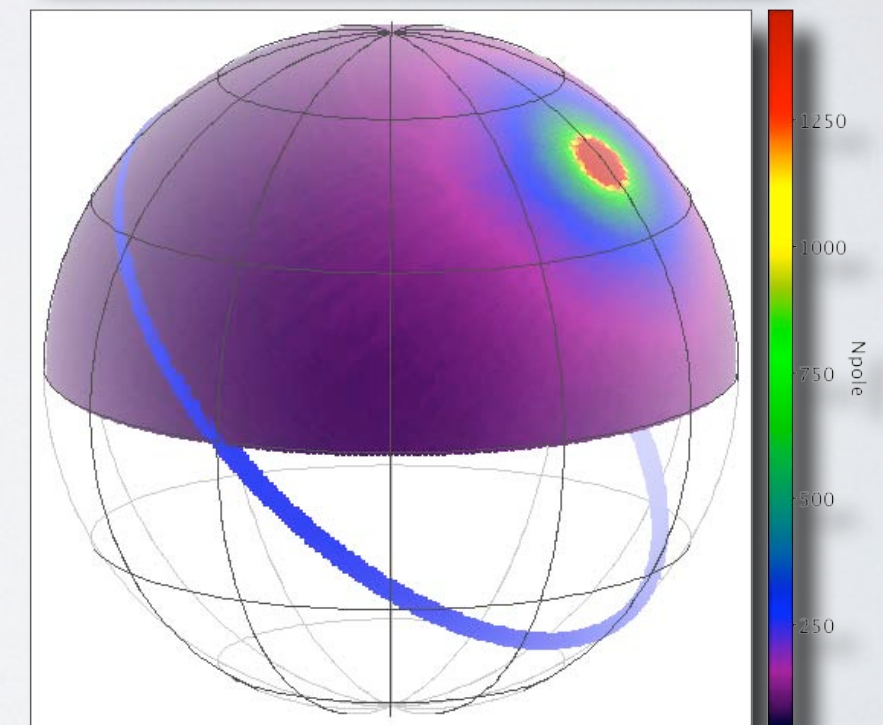
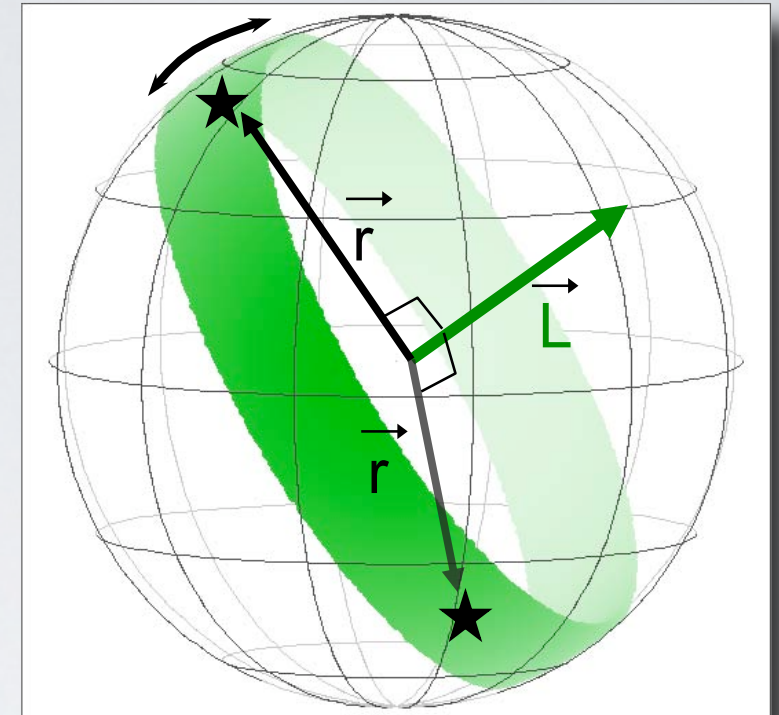
El Método del Círculo Máximo

Johnston, Hernquist y Bolte, *ApJ* 465, 278 (1996)

$$|\hat{L} \cdot \hat{\mathbf{r}}_{\star}| \leq \delta_r$$



La posición de la estrella debe medirse con respecto al centro galáctico. Johnston et al. usaron el marco heliocéntrico y aceptaron el error resultante como una limitación del método.



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



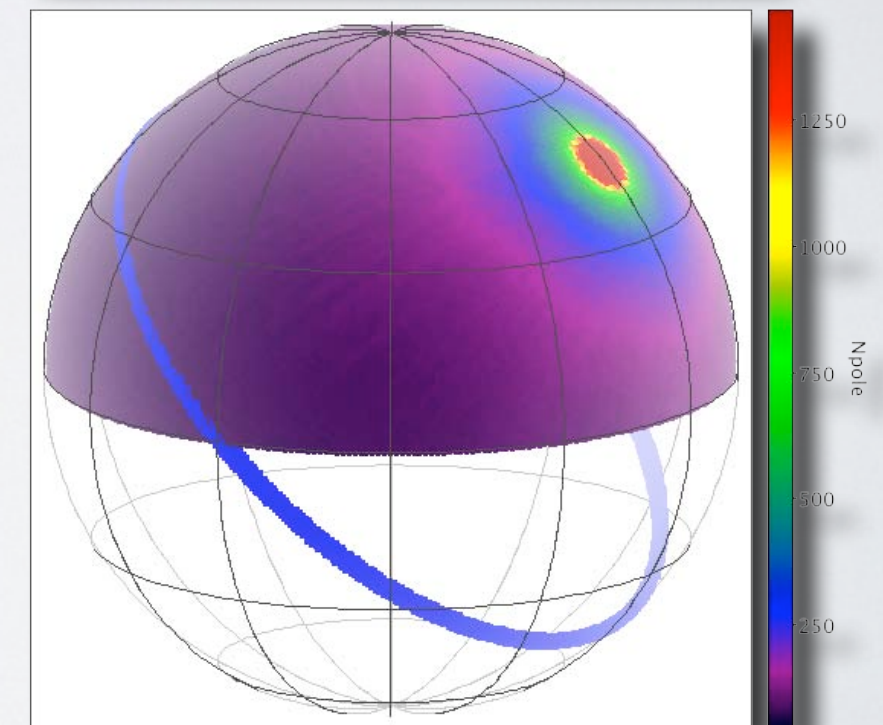
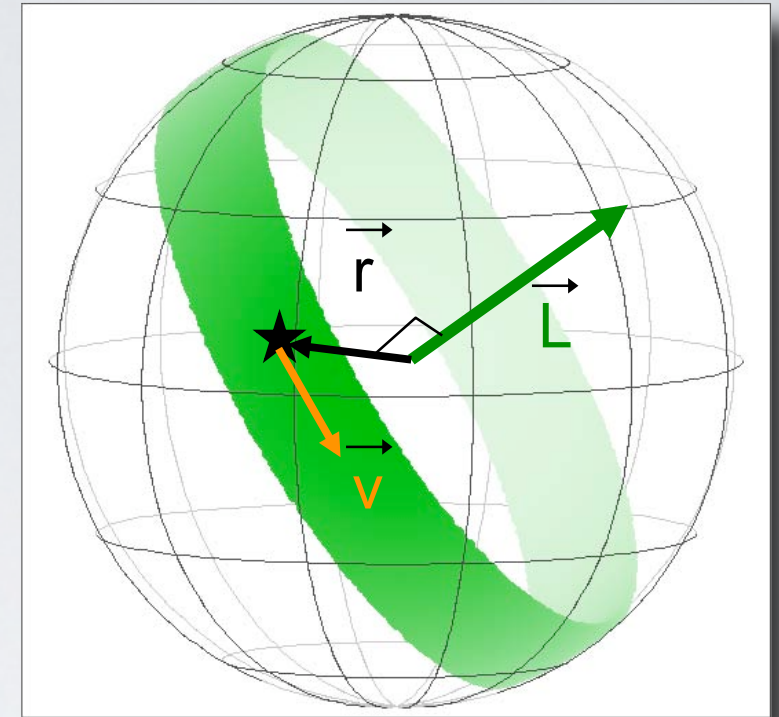
gaia

II Reunión
Científica
de la REG

El Método del Círculo Máximo Extendido

Mateu et al., *MNRAS* 415, 214 (2011)

$$|\hat{L} \cdot \hat{\mathbf{r}}_{\star}| \leq \delta_r \quad |\hat{\mathbf{L}} \cdot \hat{\mathbf{v}}_{\star}| \leq \delta_v$$



La posición de la estrella debe medirse con respecto al centro galáctico. Johnston et al. usaron el marco heliocéntrico y aceptaron el error resultante como una limitación del método.



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



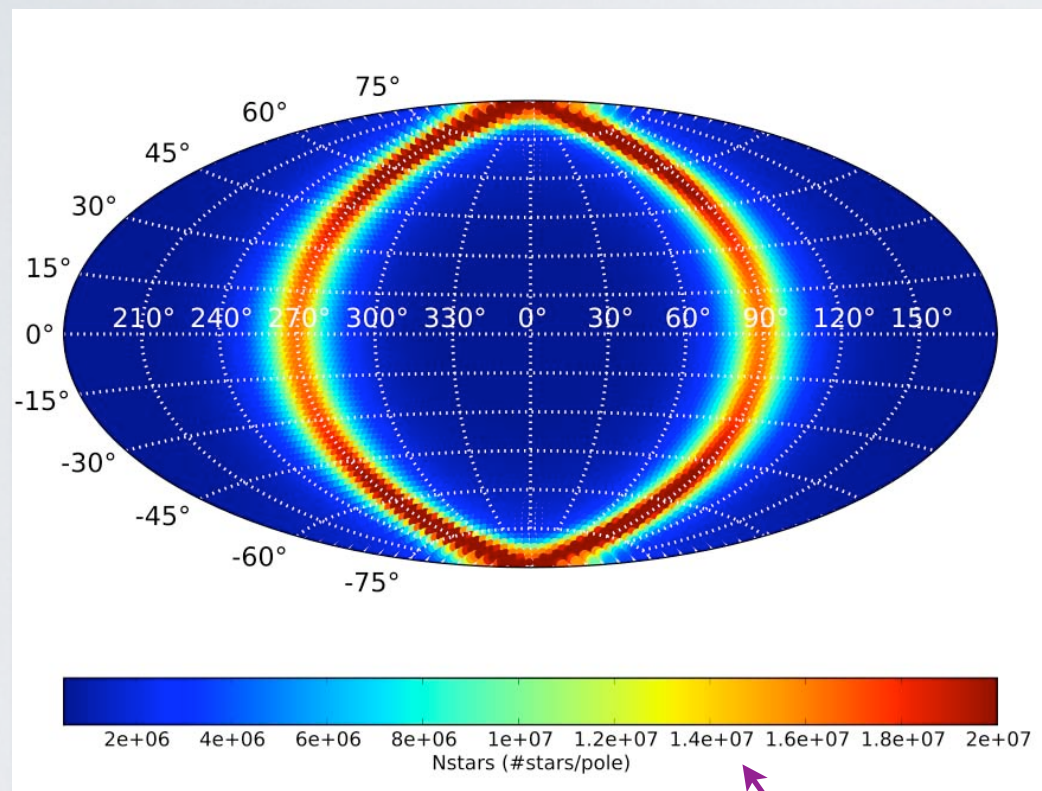
gaia

II Reunión
Científica
de la REG

COMPARACIÓN DE MÉTODOS

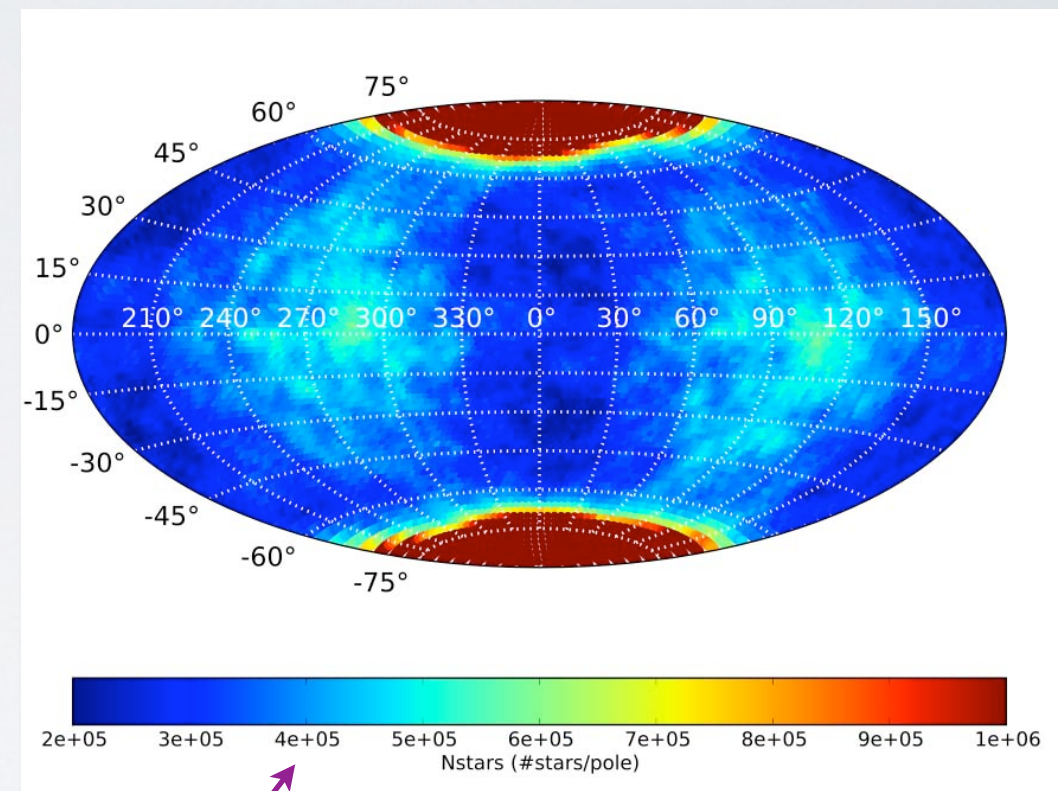
FONDO GALÁCTICO

GC3



Mediana de conteos: 4.5×10^6 stars/pole

MGC3



4.0×10^5 stars/pole

NÓTESE EL CAMBIO EN ESCALA!

INCLUIR LA INFORMACIÓN CINEMÁTICA REDUCE SIGNIFICATIVAMENTE EL FONDO.



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



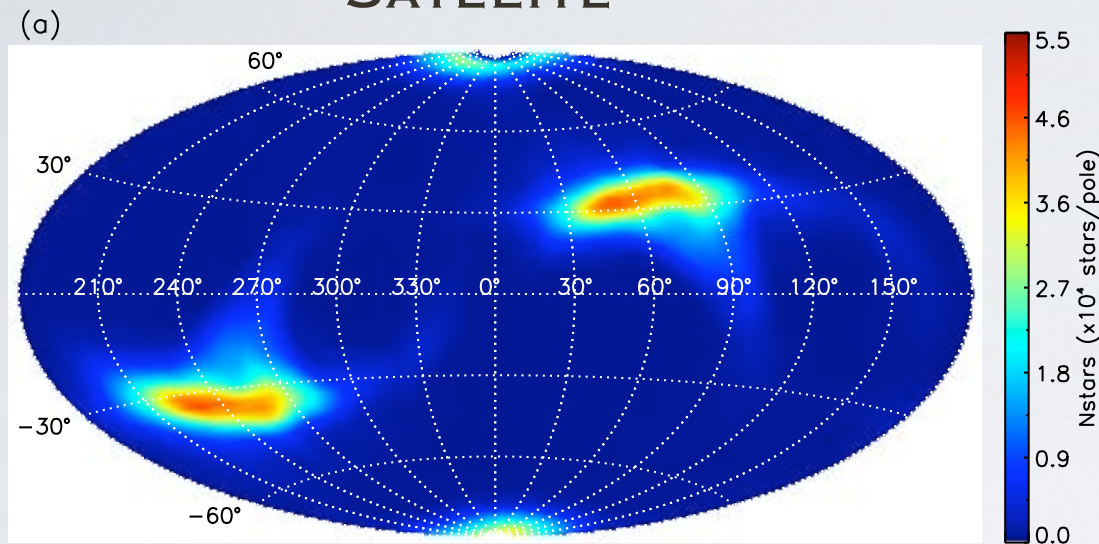
gaia

II Reunión
Científica
de la REG

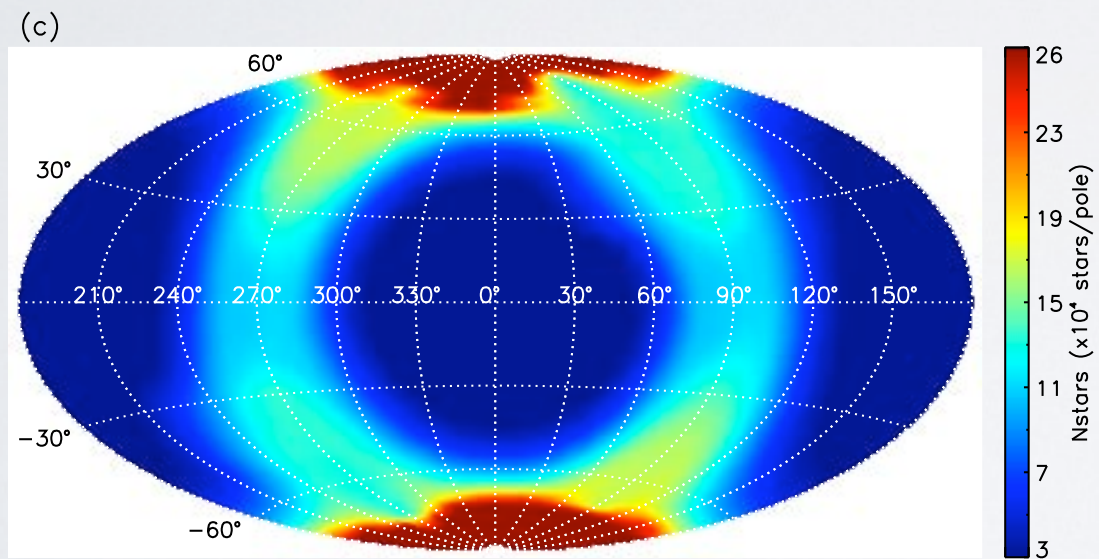
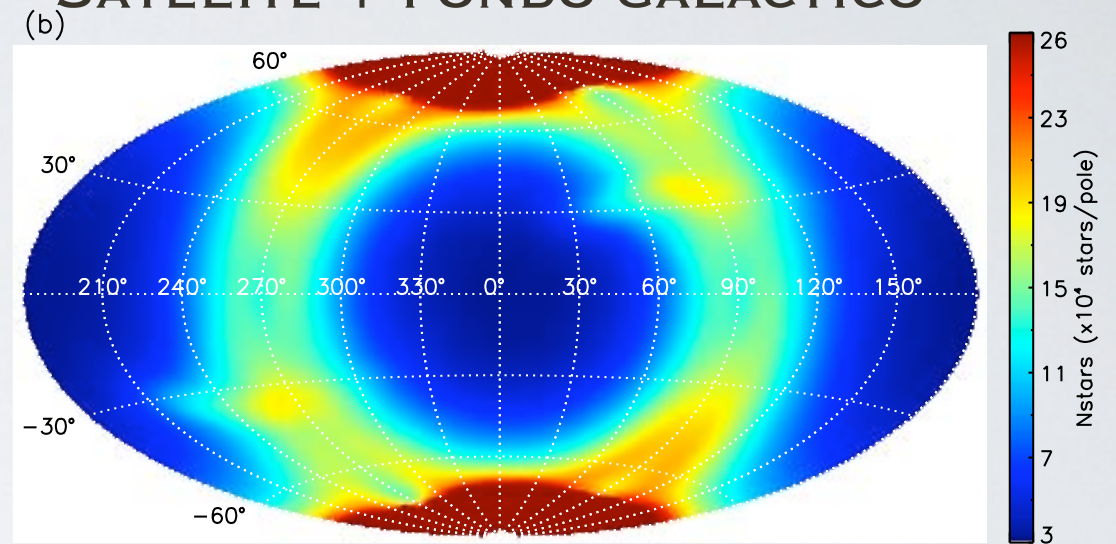
DETECCIÓN DE EVENTOS

MAPAS DE CONTEO EN POLOS

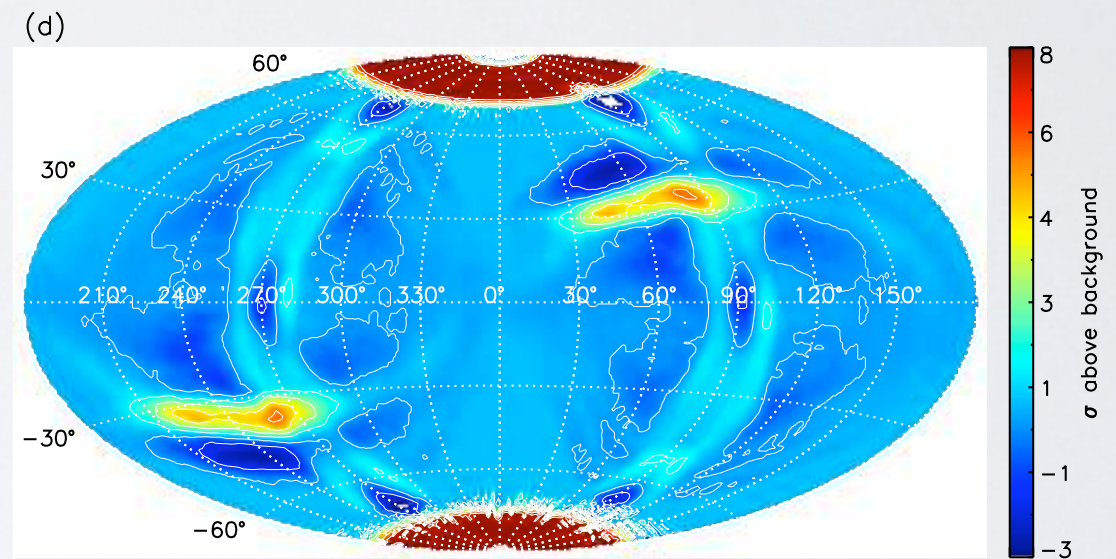
SATÉLITE



SATÉLITE + FONDO GALÁCTICO



SATÉLITE SUAVIZADO + BACKGROUND



“UNSHARP MASKED”

COMO EL FONDO ES CONSTANTE, PUEDE SER REMOVIDO CON TÉCNICAS ESTÁNDAR



Grupo de Cosmología a escalas
Galáctica y subgaláctica



gaia

II Reunión
Científica
de la REG

Bibliografía:

Detection of satellite remnants in the Galactic Halo with Gaia - I.
The effect of the Galactic background, observational errors and sampling.
Brown, A.G, Velázquez, H., Aguilar L.
MNRAS **359**, 1287-1305(2005)

Detection of satellite remnants in the Galactic Halo with Gaia - II.
A modified great circle cell method.
Mateu, C., Bruzual, G., Aguilar, L., Brown, A.G., Valenzuela, O., Carigi, L., Velázquez, H.,
Hernández, F.
MNRAS **415**, 214 - 224 (2011)



