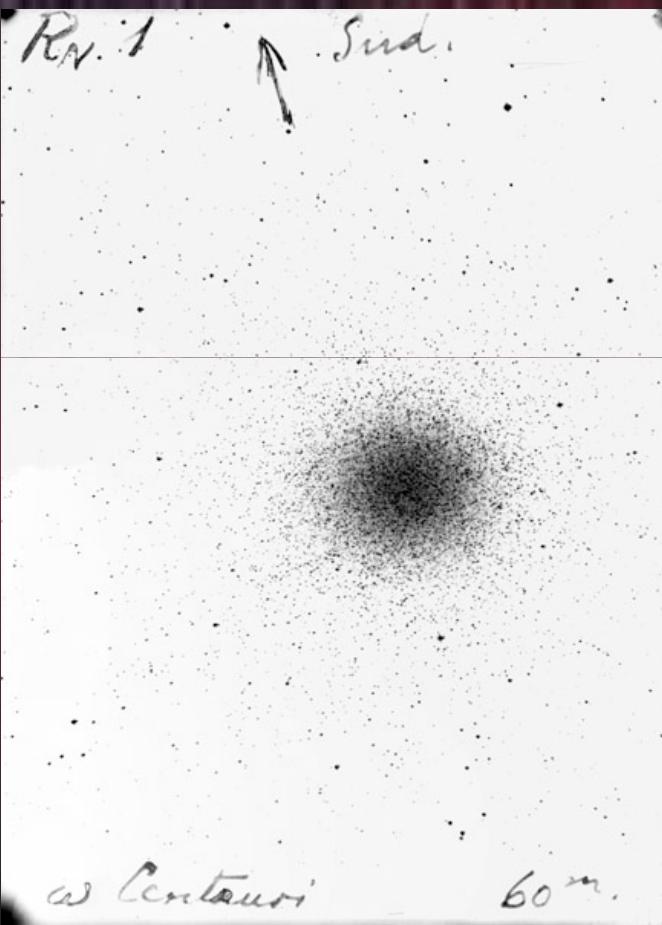


Cúmulos Estelares y Galaxias: una sociedad indisoluble

Celeste Parisi



Omega Centauro.

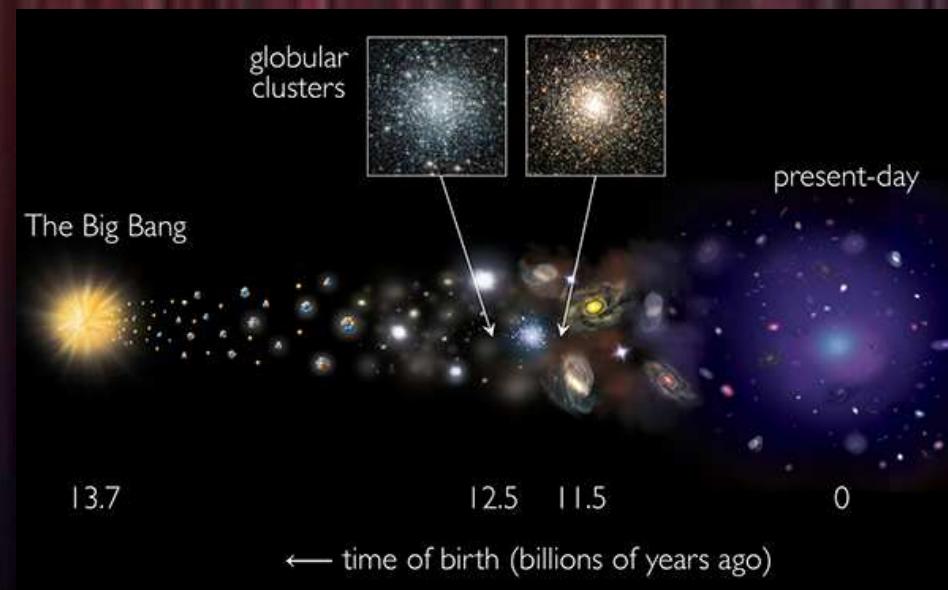
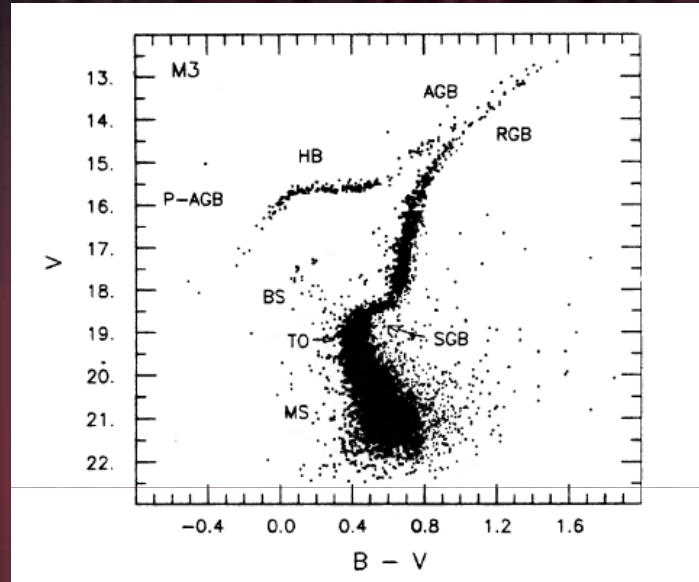
Enrique Gaviola, 1942

Estación Astrofísica de Bosque Alegre

(Archivo OAC, identificada y digitalizada por Santiago . Paolantonio)

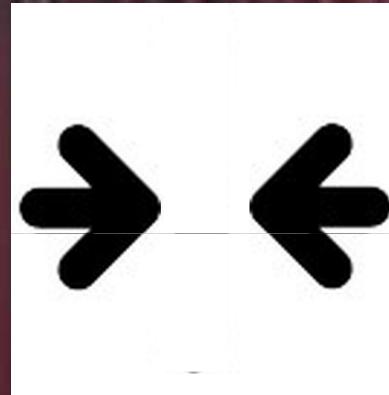


LOS CÚMULOS ESTELARES SON IMPORTANTES A TODAS LAS ESCALAS DEL UNIVERSO



IDEA QUE HAY QUE CAMBIAR

**CÚMULOS
ESTELARES**



GALAXIAS

CÚMULOS ESTELARES DE NUESTRA GALAXIA



Pléyades



47 Tucán

CÚMULOS ABIERTOS (CA)

- Jóvenes, < 10 Gyrs
- Poco masivos, $10^{2-4} M_{\odot}$
- Localizados en el disco

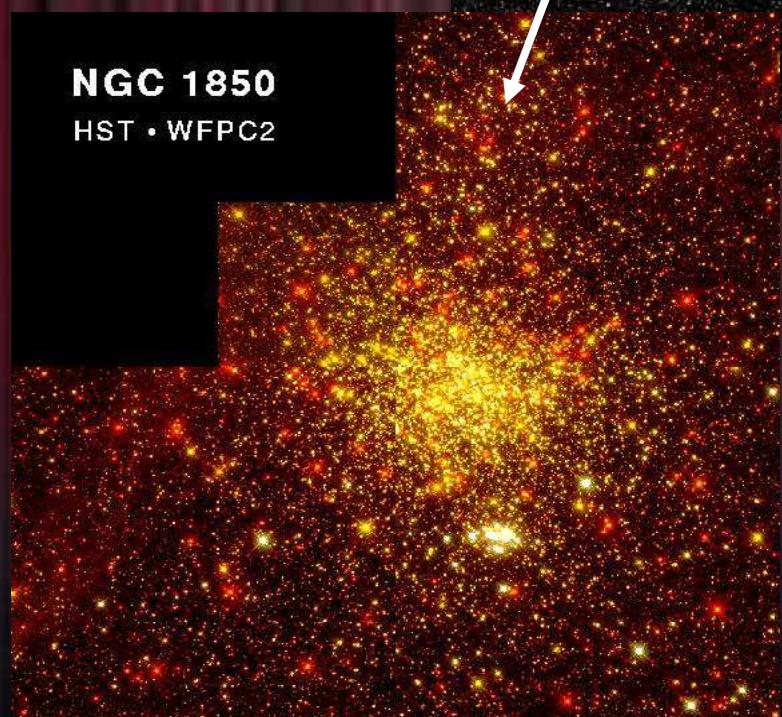
CÚMULOS GLOBULARES (CG)

- Viejos, prácticamente la edad del Universo > 10 Gyrs
- Muy masivos y densos, $10^{4-6} M_{\odot}$
- Pertenecientes al halo y al bulge

IAC (INTERMEDIATE-AGE CLUSTERS) CÚMULOS DE EDAD INTERMEDIA

NUBE MAYOR DE MAGALLANES (NmM)

$10^4\text{-}10^8 \text{ M}^\odot / < 3 \text{ Gyrs}$



NUBE MENOR DE MAGALLANES (NMM)

NGC 416



YMC (YOUNG MASSIVE CLUSTERS) CÚMULOS JÓVENES MASIVOS (10^3 - 10^5 Mo)



<http://www.astronomy.com/news/2015/05/alma-discovers-proto-super-star-cluster>

R136 (30 DORADO – NMM)



https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2337.html

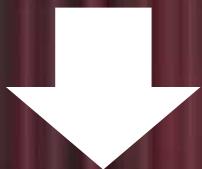
$M = 9 \times 10^4 M_\odot$ Høg et al. (2000)

$t = 1.5$ Myrs Crowther et al. (2016)

POBLACIONES ESTELARES EN CÚMULOS

POBLACIÓN ESTELAR SIMPLE

Conjunto de estrellas que tienen la misma edad y composición química inicial, pero diferente masa, distribuidas de acuerdo a la FIM (Función Inicial de Masa).



POBLACIÓN ESTELAR MÚLTIPLE

Más de una generación de estrellas en un mismo cúmulo con diferencias en sus abundancias de elementos químicos livianos.

Límite inferior de
masa:

$$M \sim 10^{4.8} M_{\odot}$$

Ruprecht 106
 $t = 11.5$ Gyrs
 $[Fe/H] \sim -1.5$

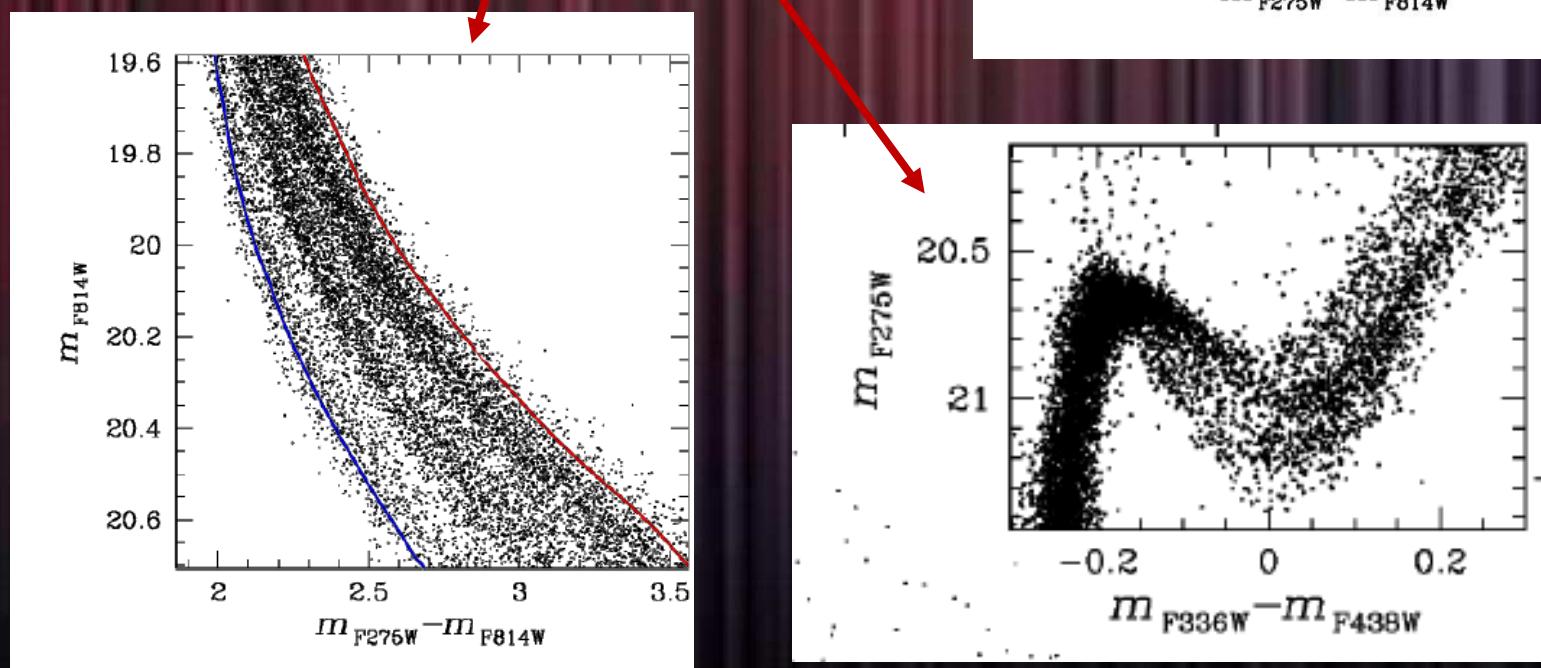
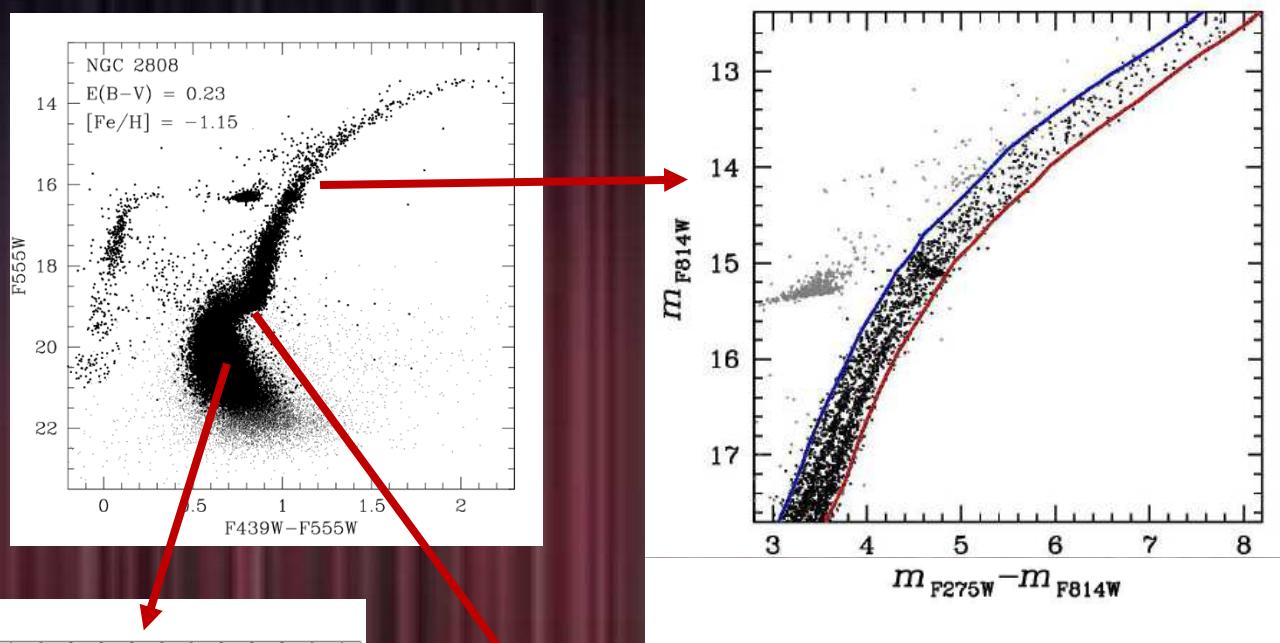
Villanova et al. (2013)



POBLACIONES ESTELARES MULTIPLES

Evidencia fotométrica

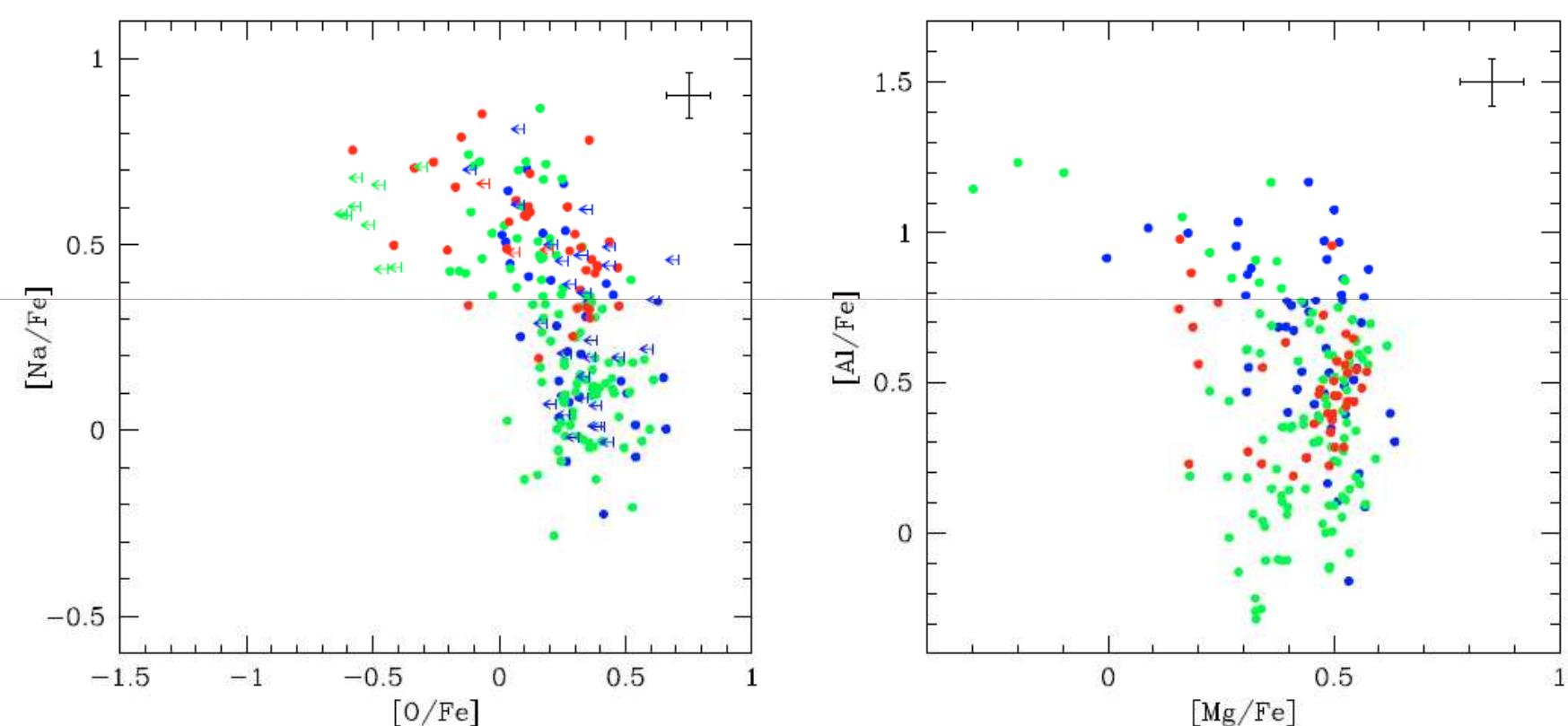
Milone et al. (2015)



POBLACIONES ESTELARES MULTIPLES

Evidencia espectroscópica

Anticorrelaciones entre Na-O y Mg-Al



Estrellas en cúmulos ricos en metales $-1.1 < [Fe/H] < -0.4$ dex

Estrellas en cúmulos de metalicidad intermedia $-1.8 < [Fe/H] < -1.1$

Estrellas en cúmulos pobres en metales $-2.4 < [Fe/H] < -1.8$ dex

Carretta et al. (2009)

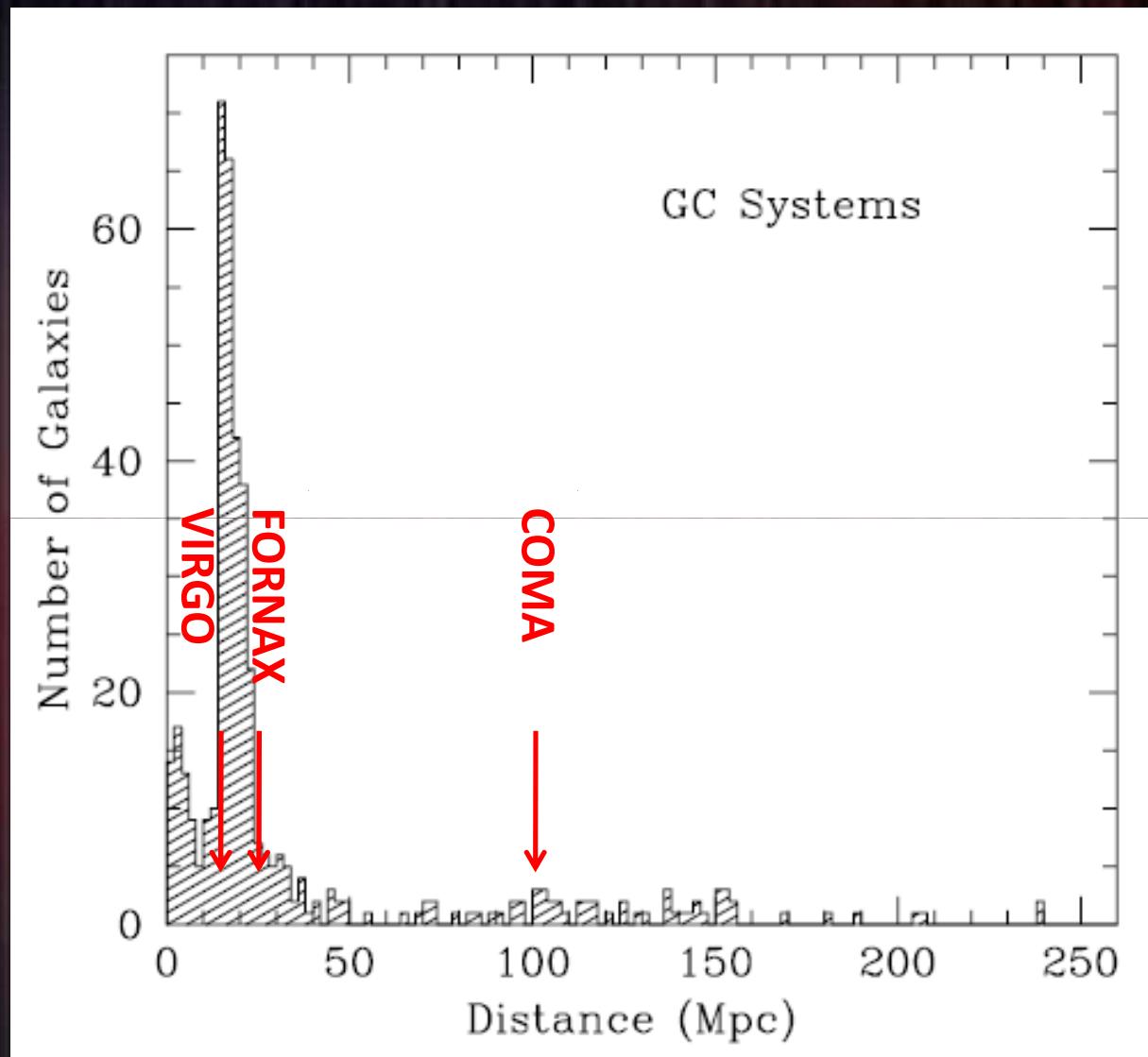
NUEVA DEFINICIÓN DE CÚMULO GLOBULAR

Carretta et al. (2010)

**UN CÚMULO GLOBULAR ES CUALQUIER CÚMULO
ESTELAR QUE PRESENTE POBLACIONES
MÚLTIPLES**

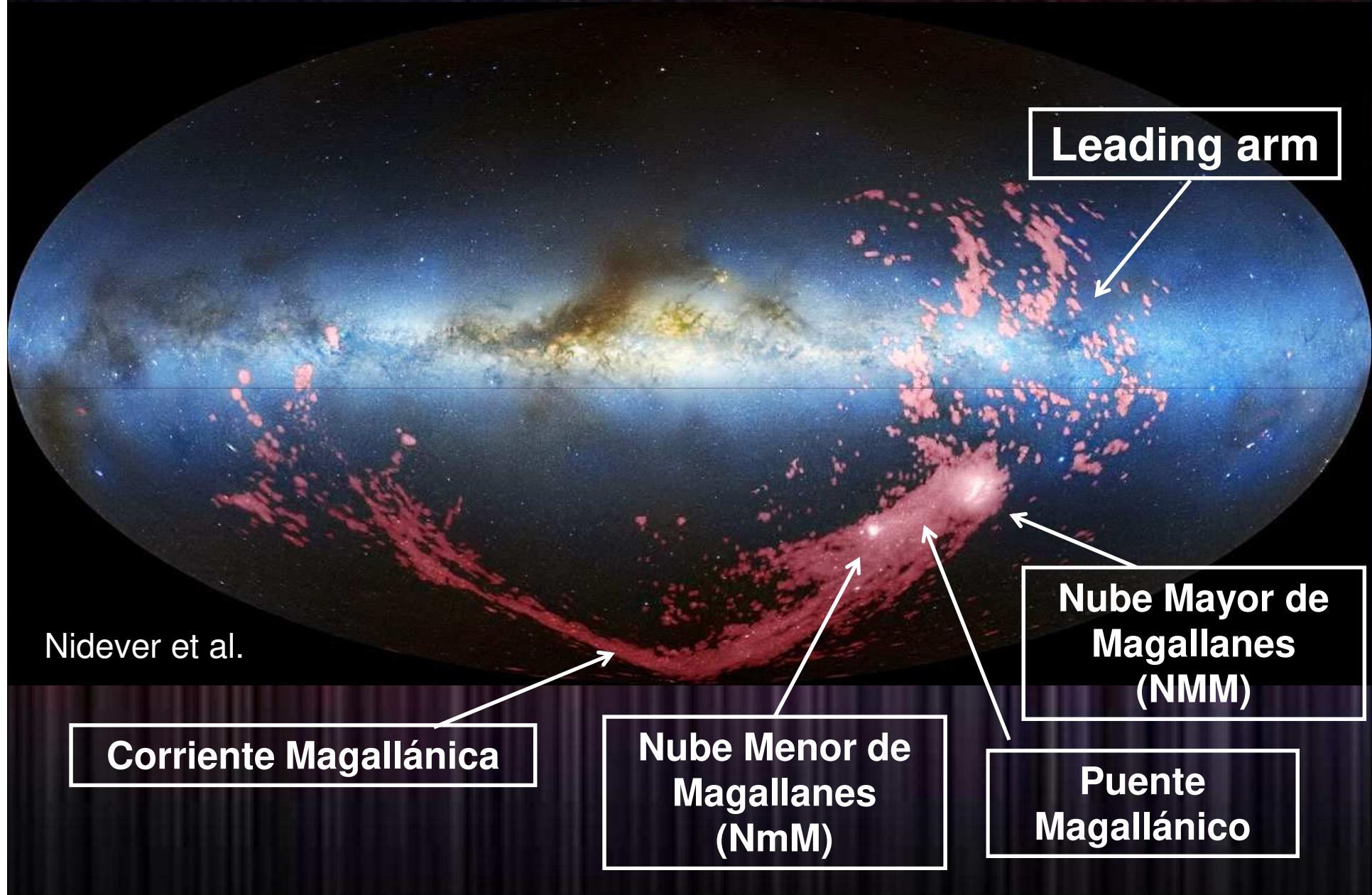
¡¡DEFINICIÓN QUÍMICA!!

CÚMULOS ESTELARES EXTRAGALÁCTICOS



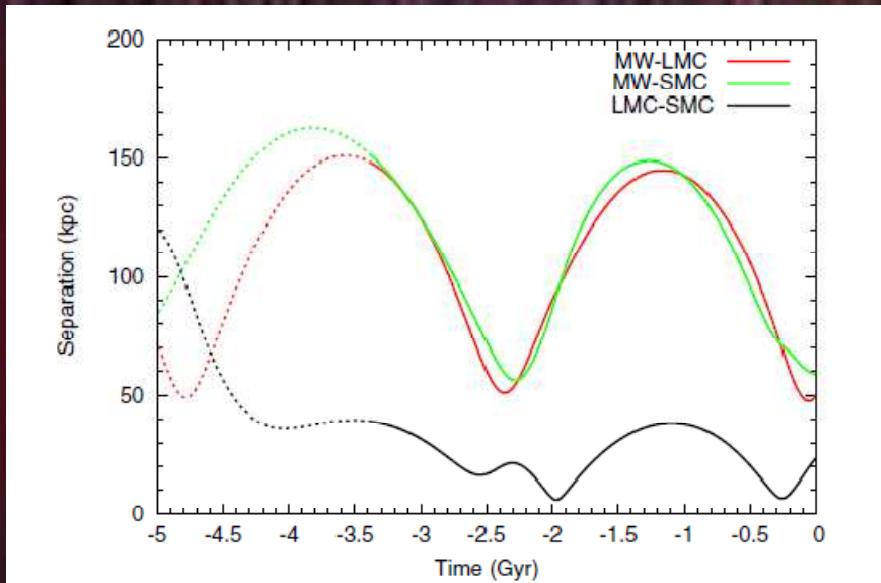
Harris, Harris & Alessi (2013)

EL SISTEMA MAGALLÁNICO



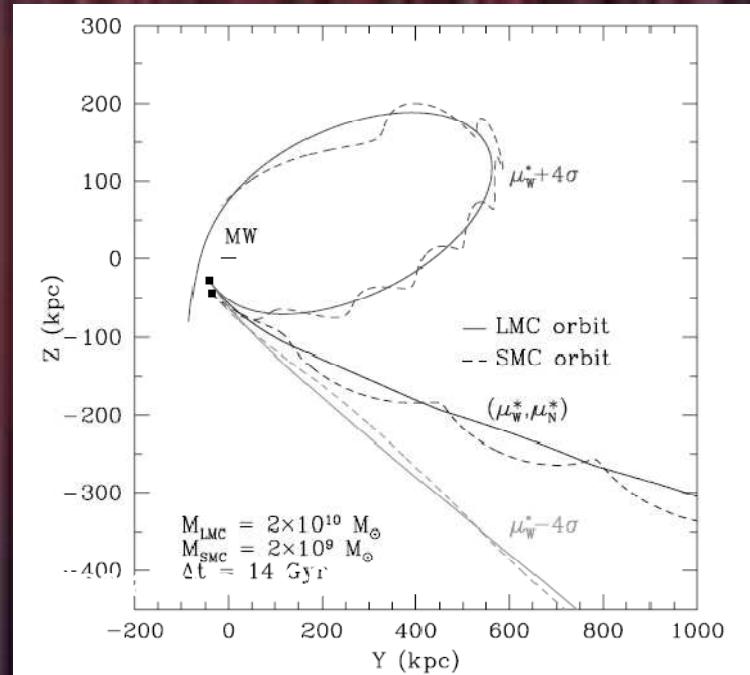
DINÁMICA DE LAS NUBES DE MAGALLANES

Escenarios ligados

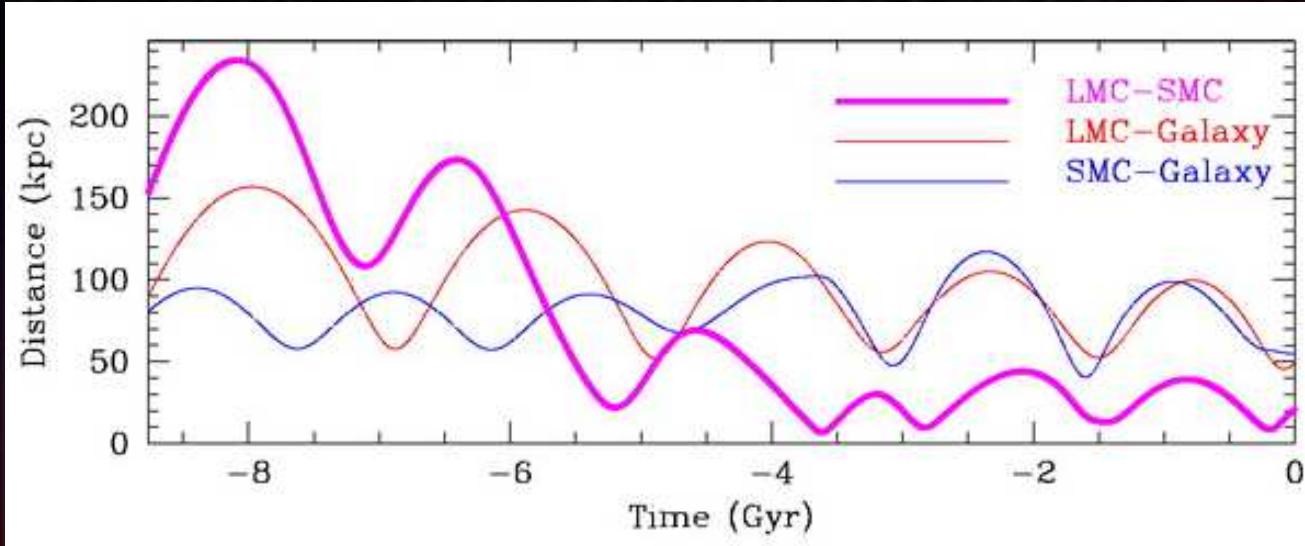


Dias & Bekki (2012)

Escenarios no ligados

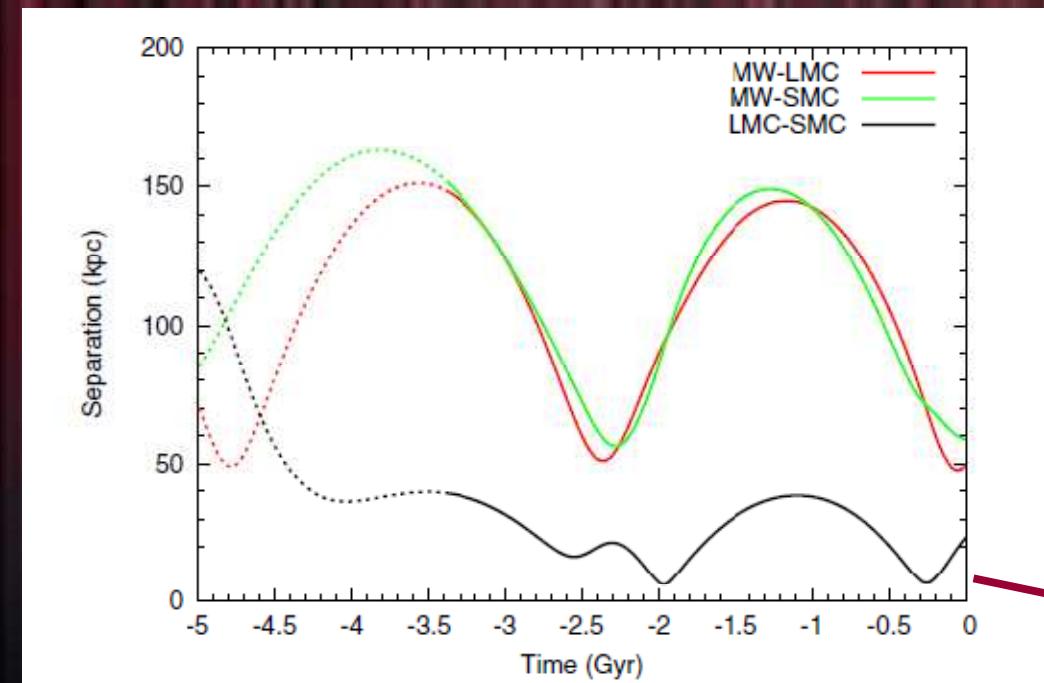


Besla et al. (2007)
Besla et al. (2012)



Bekki et al. (2004)

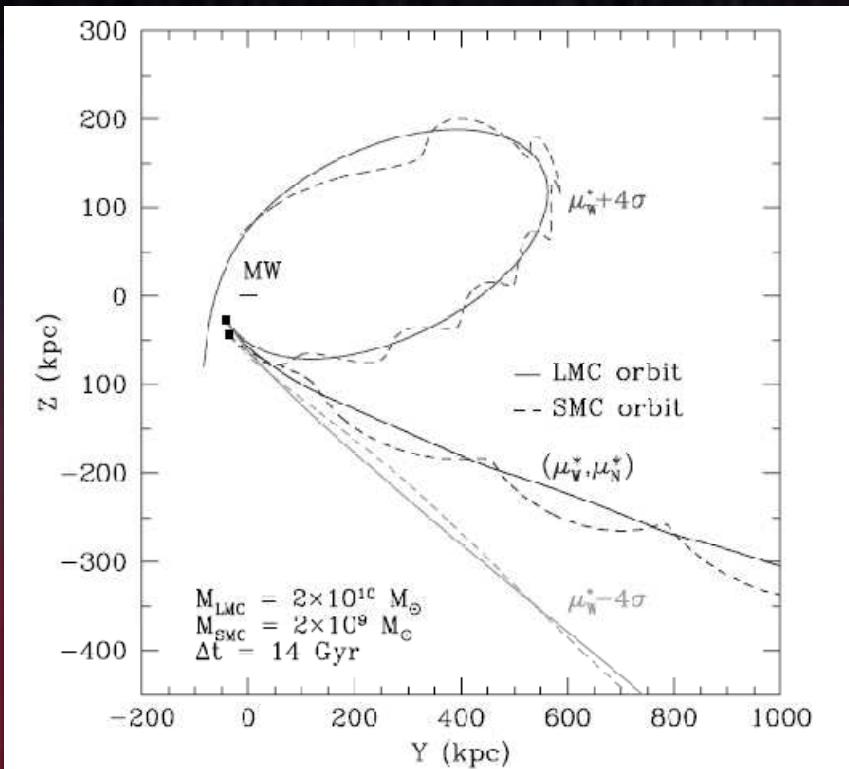
Escenario de múltiples pasajes (*bound*)



Dias & Bekki (2012)

1. La NMM y la NmM siguen órbitas ligadas
2. Encuentro muy cercanos:
 - 2 Gyrs atrás
 - 100-200 Myrs atrás

Formación del Puente Magallánico y el ala de la NmM



Besla et al. (2007)

Besla et al. (2012)

Escenario del primer pasaje (unbound)

1. La NmM y la NMM están teniendo su primer pasaje
2. El par interactuante cayó en el potencial de la VL hace 2Gyrs
3. Colisión directa de la NMM con la NmM hace 200-300 Myrs ago que formó la barra en la NMM

Modelo favorecido por las últimas mediciones precisas de movimientos propios (Kallivayalil et al. 2013)

NmM/NMM SON UNO DE LOS ENSAMBLES DE GALAXIAS INTERACTUANTES MÁS CERCANO



ESA's Gaia satellite. Crédito: V. Belokurov / D. Erkal / A. Mellinger.

Interacción entre galaxias



Brotes de formación estelar
(e.g. Whitmore 1999)



Enriquecimiento químico
(Da Costa 1991, Dopita et al. 1997,
Pagel & Tautvaiene 1998)



**HISTORIA DE
FORMACIÓN
DE LOS CÚMULOS
ESTELARES**

**HISTORIA DE
ENRIQUECIMIENTO
QUÍMICO DE LAS
GALAXIAS**

HISTORIA DE FORMACIÓN DE CÚMULOS ESTELARES

ÉPOCA TEMPRANA

10 Gyrs

AGE GAP

3-4 Gyrs

ÉPOCA RECIENTE

NMM

15 CE de
~ 12-13 Gyrs

ESO 121-SC03
~9 Gyr
Da Costa (1991)
Geisler et al. (1997)

Buen número de
IACs

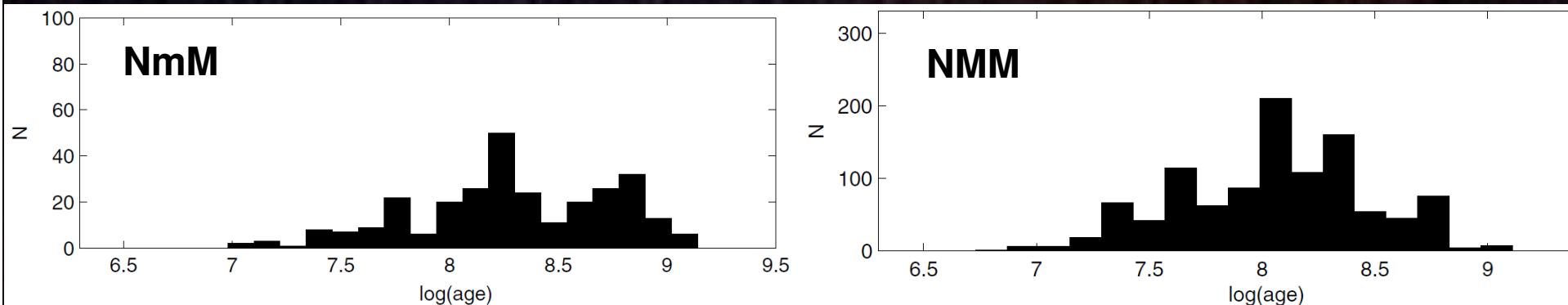
NmM

Sólo un
“Cúmulo Globular Viejo”
NGC 121
~10.5 Gyr
Glatt et al. (2008a)

**FORMACIÓN
CONTINUA DE
CÚMULOS**

Glatt et al. (2008b),
Parisi et al. (2009),
Parisi et al. (2015)

Formación reciente de cúmulos ($t < 1$ Gyr)



NMM

Pietrzynski &
Udalski (2000)

Glatt et al. 2010

7 Myr 125 Myr 800 Myr

Glatt et al. (2010)

9 Myr 125 Myr 630 Myr

Nayak et al. (2016)

125 Myr

NmM

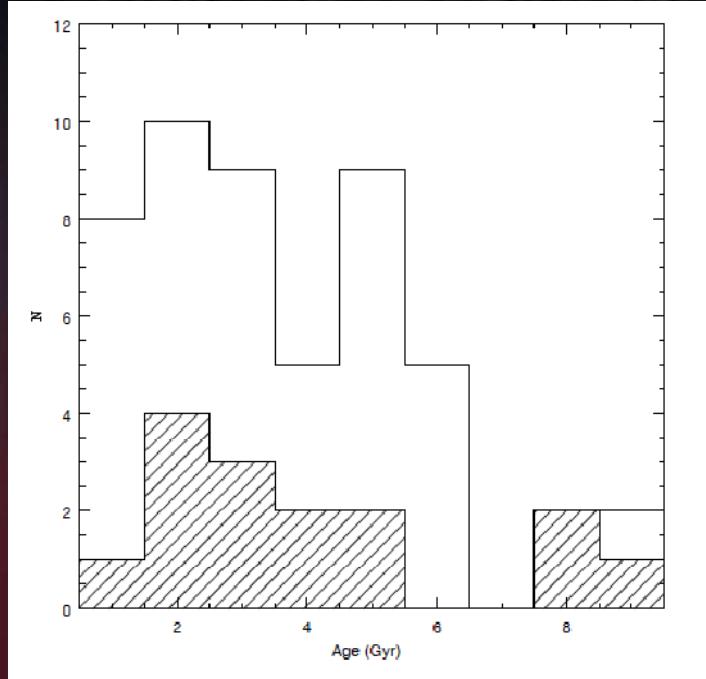
Chiosi et al. (2006)

5-15 Myr 90 Myr

Glatt et al. (2010)

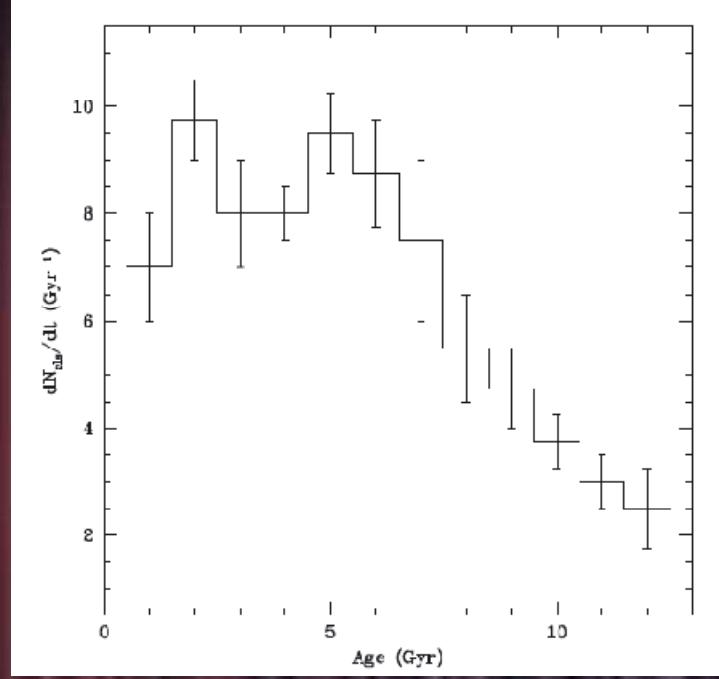
6.5 Myr 160 Myr 630 Myr

NmM ($t < 10$ Gyr)



Parisi et al. (2014)

Parisi et al. (2014)
Piatti et al. (2011)



Piatti et al. (2011)

~ 2 Gyr and 5 Gyr

Rich et al. (2000)

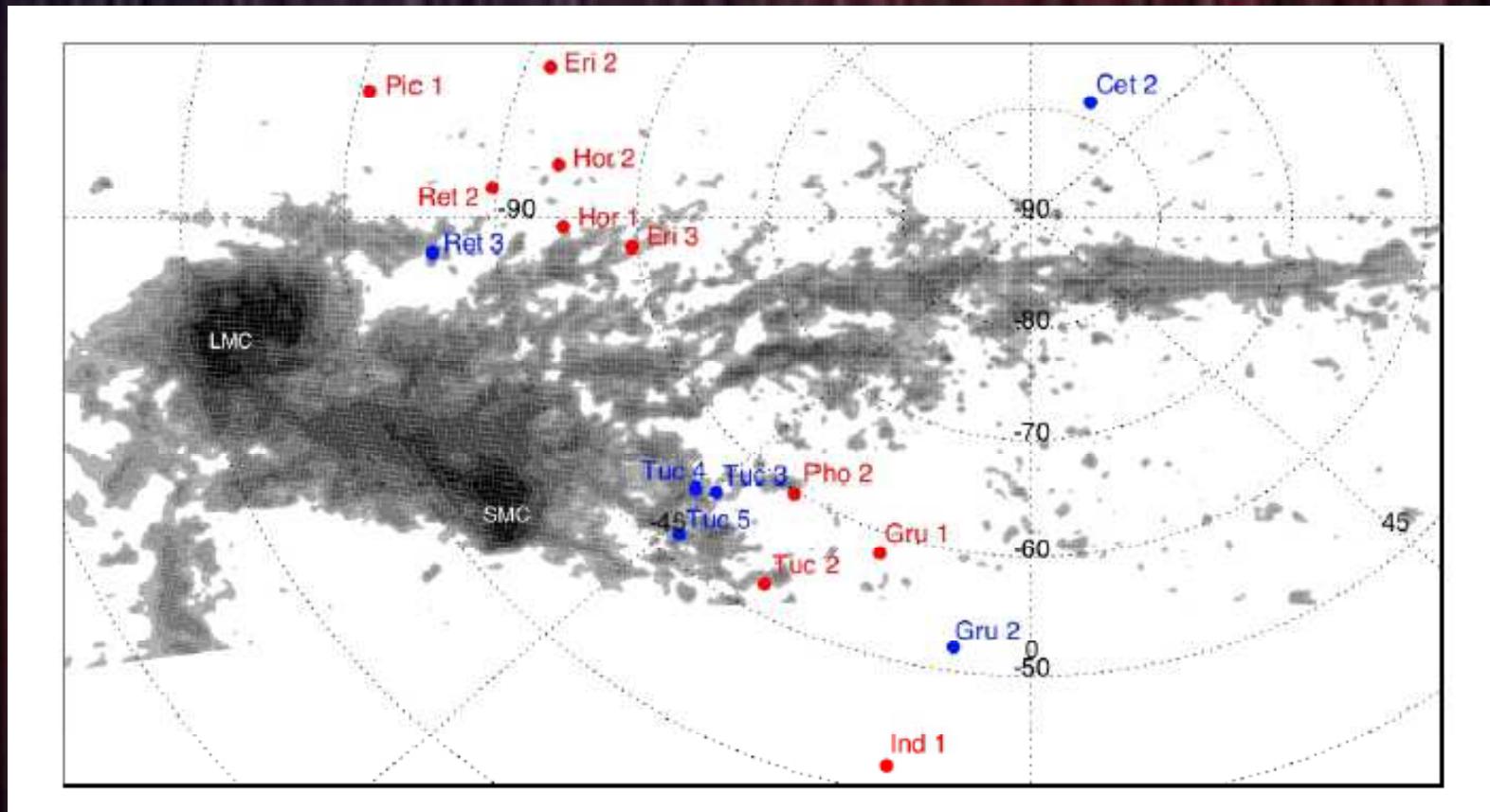
~ 2 Gyr and 8 Gyr

Glatt et al. (2010)

~ 6 Gyr

EL GRUPO MAGALLÁNICO

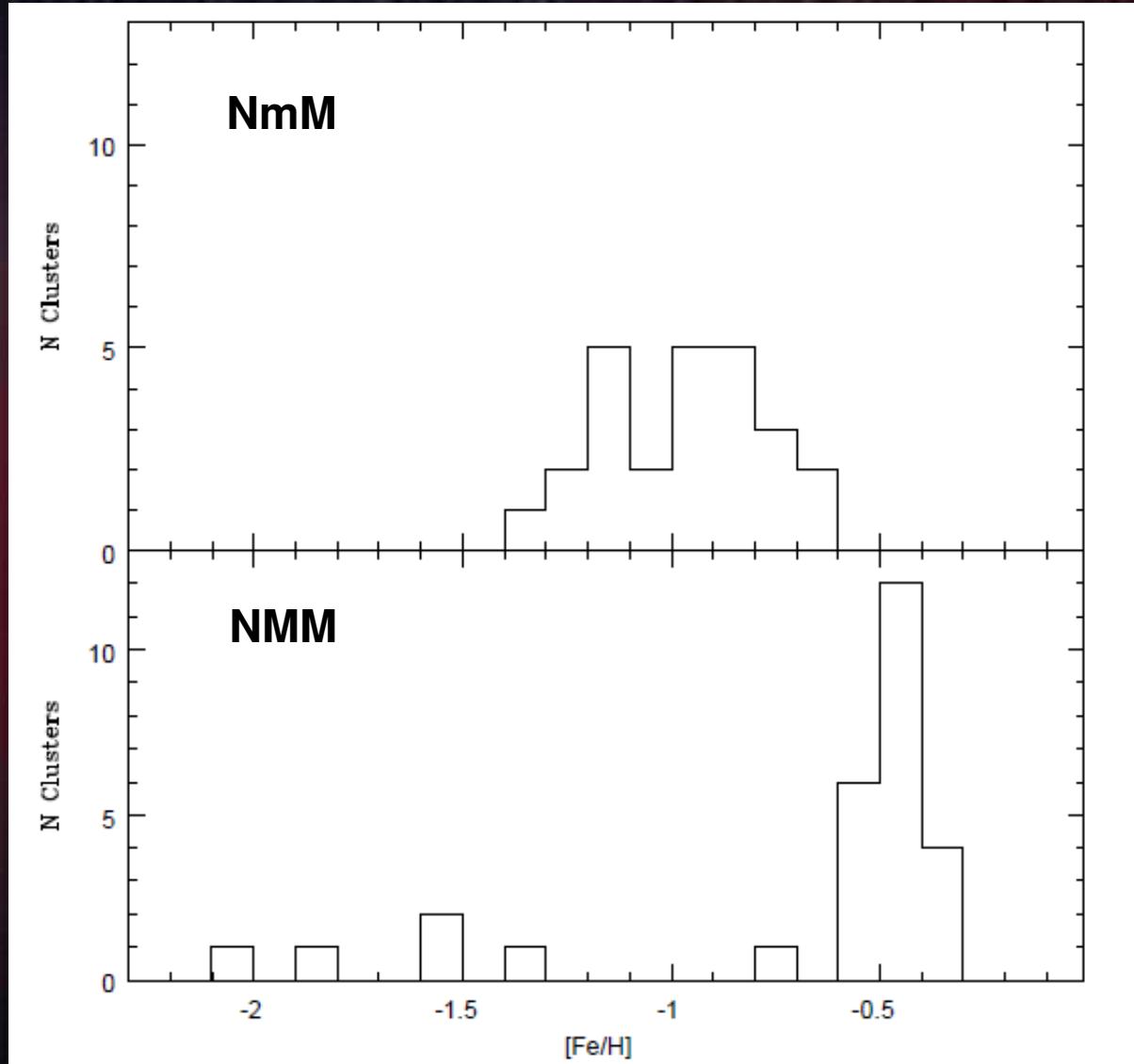
D'Onghia & Lake (2008)



Koposov et al. (2015)

Tsujimoto & Bekki (2009) sugirieron un merger hace 7.5 Gyr entre la NmM y otras galaxias enanas

DISTRIBUCIÓN DE METALICIDADES TRIPLETE DEL Ca II



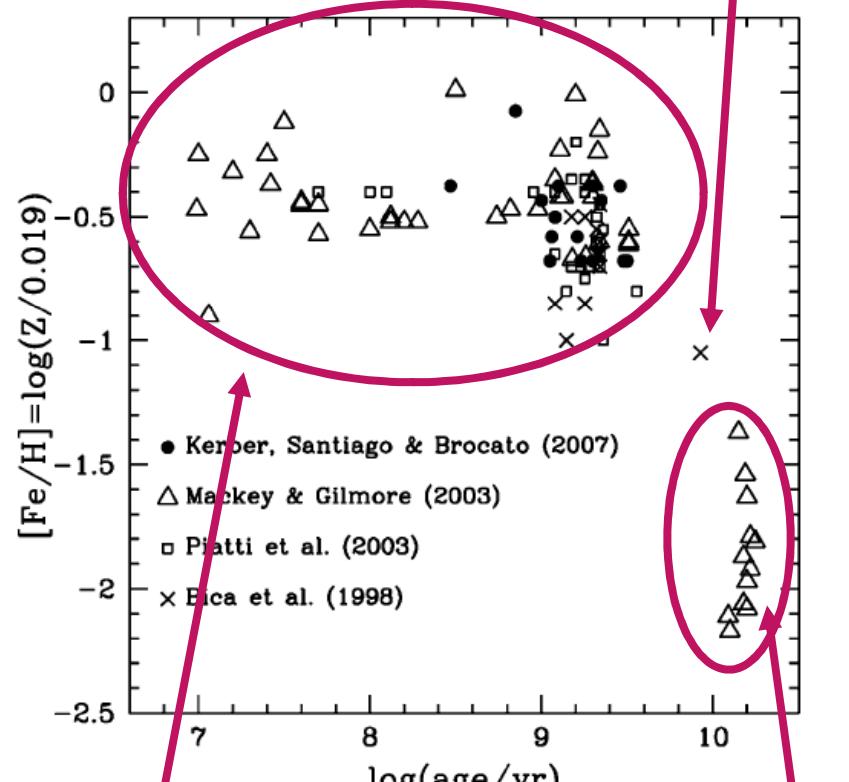
Parisi et al. (2015)

Grocholski et al.
(2006)

RELACIÓN EDAD-METALICIDAD

NMM

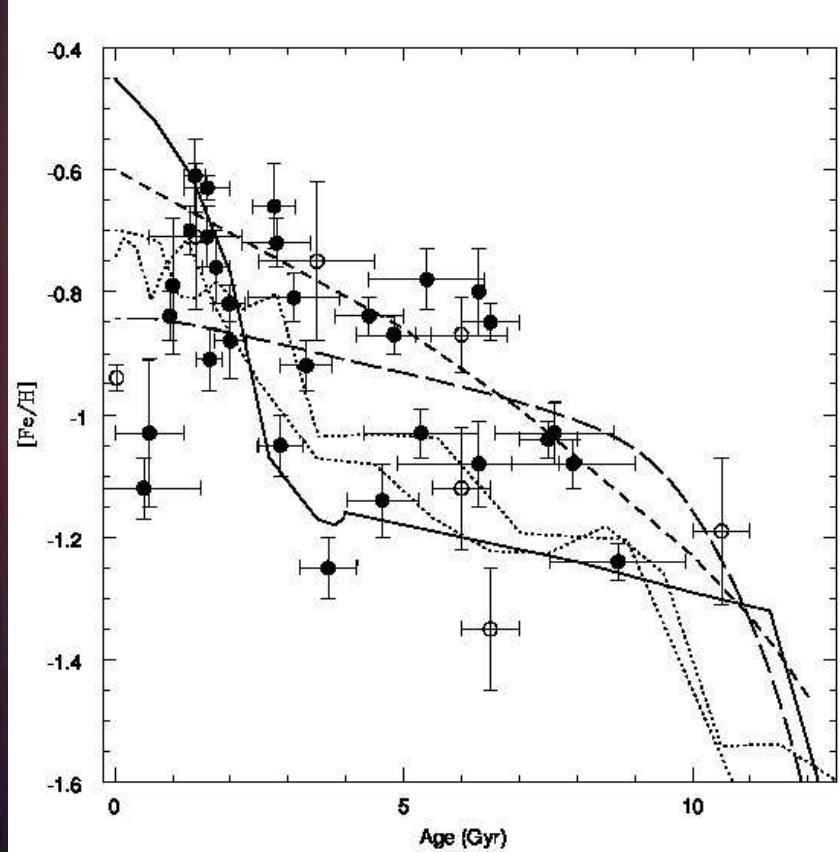
ESO 121-SC03



Grupo joven
pobre en metales

Santiago et al. (2009)

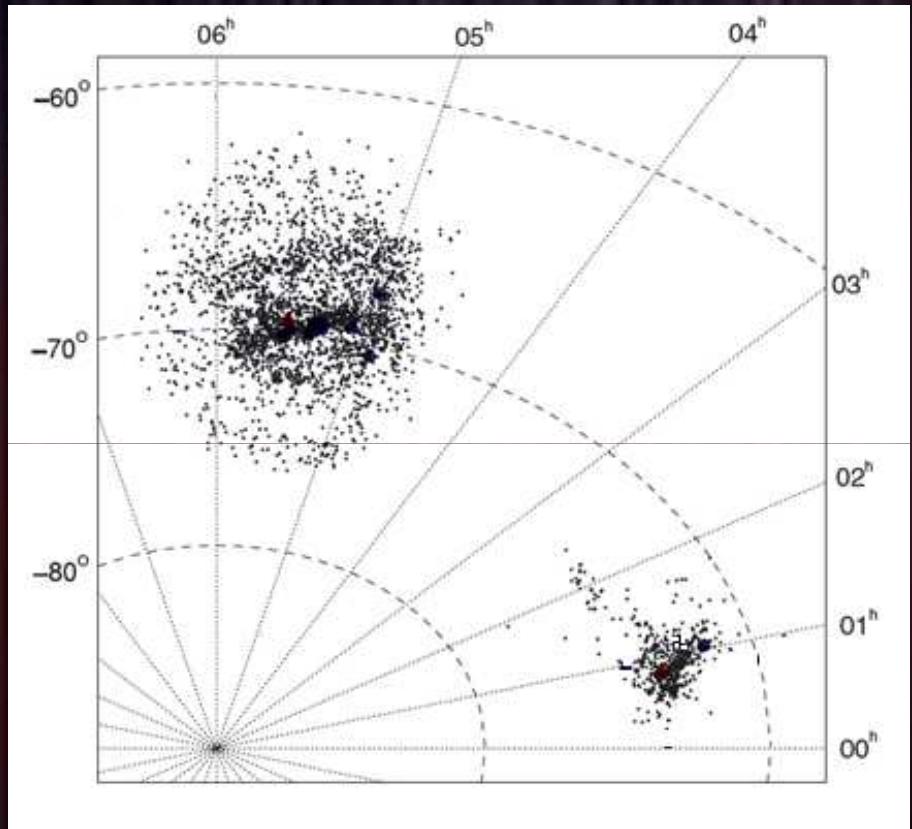
NmM



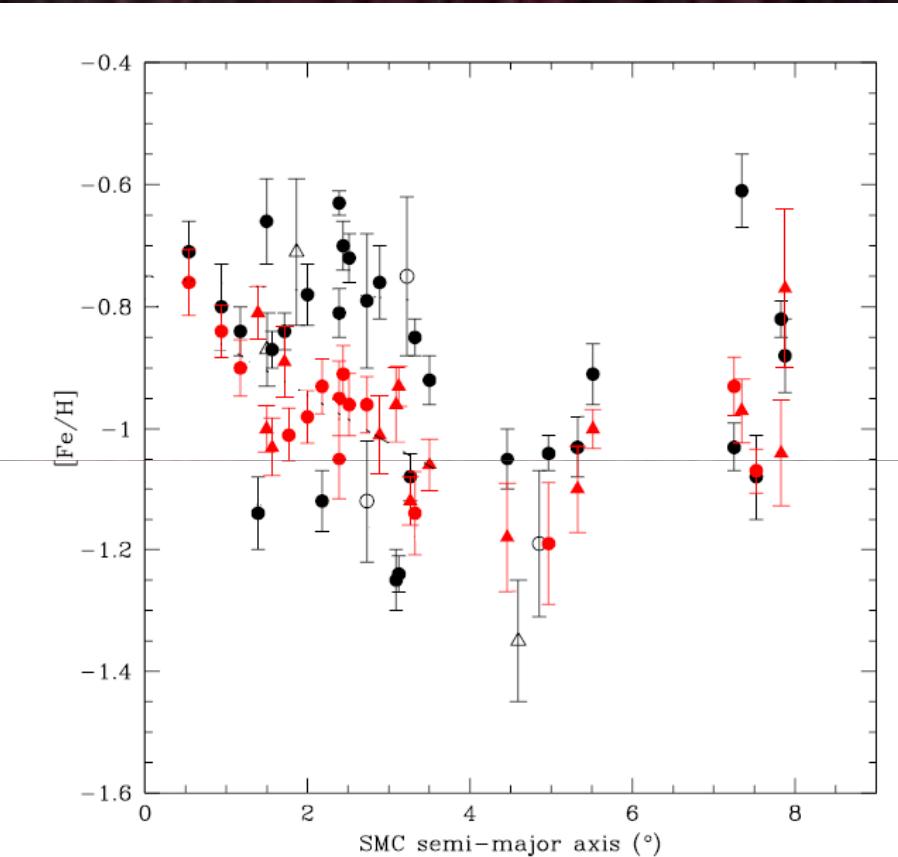
Grupo viejo
rico en metales

Parisi et al. (2009, 2015)

GRADIENTE DE DEMATALICIDAD



Adaptada de Bica et al. (2008)



Adaptada de Parisi et al. (2016)

Análisis espectroscópico en el infrarrojo cercano de 3 cúmulos estelares de la región intermedia de la Nube Menor de Magallanes

L.V. Gramajo^a, M.C. Farfán^a, D. Cárdenas^b, J.J. Chávez^c, S. Vásquez^c, G. De Coo^c
^aUniversidad Católica, Universidad Nacional de Chile, Universidad de Magallanes
^bUniversidad de Concepción, Chile, University of Puerto Rico, Rio Piedras, Puerto Rico
^cUniversidad Católica, Universidad Nacional de Chile, Universidad de Magallanes

RESUMEN
Presentamos resultados obtenidos en el infrarrojo cercano de tres cúmulos estelares en el eje de la Nube Menor de Magallanes (NGC 25), con edades entre 2.000 y 3.000 años. Los datos fueron obtenidos con el "Very Large Telescope" (VLT) de ESO, con una separación de 0.07. Alrededor de 2000 estrellas fueron analizadas en los tres cúmulos estelares con edades entre 0.5 y 1.5 milenios. Los resultados indican que las diferencias entre los cúmulos están dentro del error sistemático. Los resultados muestran que las diferencias entre los cúmulos están dentro del error sistemático.

1. INTRODUCCIÓN
En los últimos años se han realizado estudios para 3.2, TMC-1A, TMC-1B y TMC-1C, para estimar la edad de la Nube Menor de Magallanes (NGC 25), que varía de 2.000 a 3.000 millones de años (De Coo et al. 2000; De Coo et al. 2002; De Coo et al. 2003; De Coo et al. 2004). Estos resultados indican que la edad de la Nube Menor de Magallanes es menor que 3.000 años (De Coo et al. 2004).

2. REDUCCIÓN DE DATOS Y MEDICIONES
La reducción de los datos se realizó siguiendo el procedimiento propuesto por el VLT (Oesterheld 2002). Los resultados indican que la edad de los tres cúmulos es similar. Los resultados también indican que las diferencias entre los tres cúmulos son dentro del error sistemático.

3. METALICIDAD Y SELECCIÓN DE MIEMBROS
Para estimar la metalicidad de cada estrella se utilizó la ecuación de Gustafsson et al. (2000). La muestra de 2000 estrellas se divide en tres grupos: Cúmulo 1, Cúmulo 2 y Cúmulo 3. El Cúmulo 1 tiene una edad media de 2.000 años, el Cúmulo 2 tiene una edad media de 1.500 años y el Cúmulo 3 tiene una edad media de 1.000 años. Los resultados indican que la edad media del Cúmulo 1 es similar a la edad media del Cúmulo 2 y diferente a la edad media del Cúmulo 3.

4. RESULTADOS PRELIMINARES
Este trabajo analiza los datos obtenidos por VLT para NGC 25. Se han analizado los resultados obtenidos por VLT para NGC 25. Los resultados indican que la edad media del Cúmulo 1 es similar a la edad media del Cúmulo 2 y diferente a la edad media del Cúmulo 3. Los resultados indican que la edad media del Cúmulo 1 es similar a la edad media del Cúmulo 2 y diferente a la edad media del Cúmulo 3.

5. CONCLUSIONES
Los resultados indican que la edad media del Cúmulo 1 es similar a la edad media del Cúmulo 2 y diferente a la edad media del Cúmulo 3. Los resultados indican que la edad media del Cúmulo 1 es similar a la edad media del Cúmulo 2 y diferente a la edad media del Cúmulo 3.

6. REFERENCIAS
De Coo, L. V., et al. 2000, *ApJ*, 535, 335.
De Coo, L. V., et al. 2002, *ApJ*, 571, 101.
De Coo, L. V., et al. 2003, *ApJ*, 589, 101.
De Coo, L. V., et al. 2004, *ApJ*, 601, 101.



POSTER DE LUCIANA GRAMAO



**EVOLUCIÓN QUÍMICA
FORMACIÓN ESTELAR
CINEMÁTICA
ETC.**



**FORMACIÓN
EVOLUCIÓN
DINÁMICA GLOBAL
ETC.**

**Globular Clusters can indeed still be considered
Simple Stellar Populations:
Surprisingly Strangely Perplexing!!**

Doug Geisler

