

# Estudio de la población de objetos compactos en el cúmulo globular NGC 6397 con la unidad de campo integral MUSE

Manuel PICHARDO MARCANO

Supervisores:

Natalie WEBB

Sebastien GUILLOT

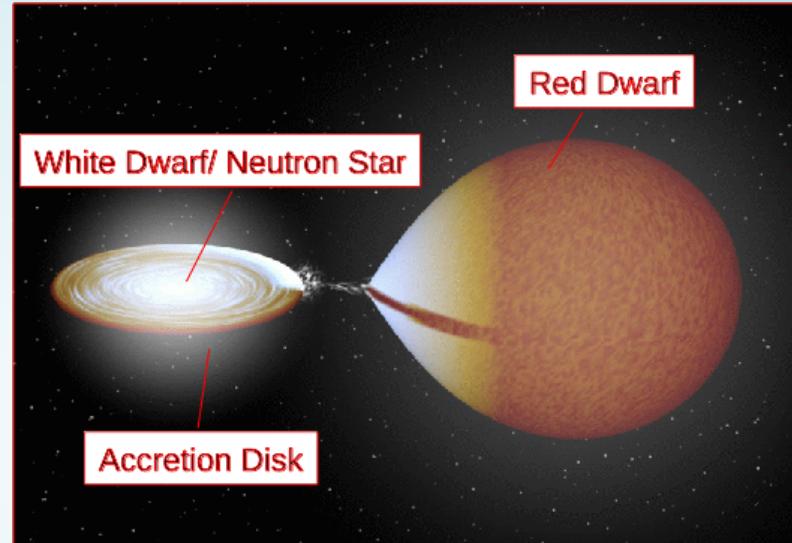


Santo Domingo  
Agosto 3, 2016

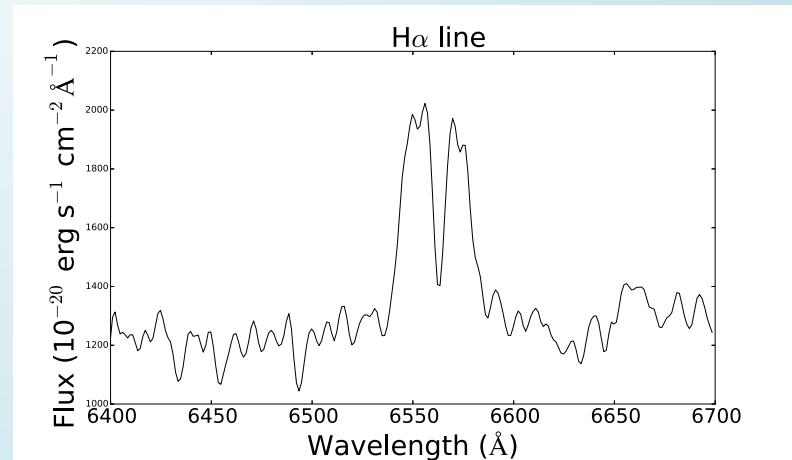
# Binarias Compactas

Variable Cataclísmica (VC) / Binaria de rayos X (LMXB)

- **Enana blanca / Estrella de neutrones** como primaria:
- Estrella secuencia principal secundaria
- Acreción (usualmente) vía disco:
  - **Erupciones** por inestabilidad en disco. Aumento varias magnitudes

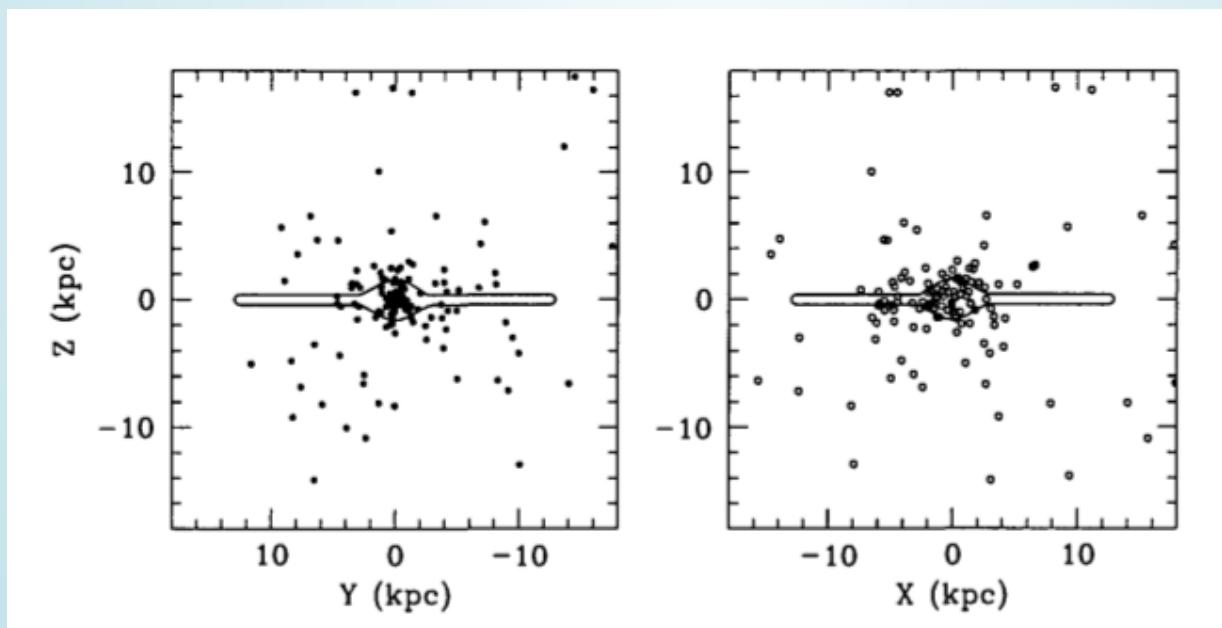


Credit: Rob Hynes.



# Cúmulos Globulares

- Conjunto de estrellas ligadas gravitacionalmente
  - $10^5 - 10^6$  estrellas
  - Única población
  - 10-13 Gyr
- 157 en la Vía Lactea



Harris 1996

# NGC 6397

- $\approx 2$  kpc
- Centro colapsado
- Radios característicos:
  - $r_c = 0.05''$
  - $r_h = 2.90''$
  - $r_t = 15.81''$
- Observaciones con ROSAT, Hubble y Chandra



Credit: astrometry.net.

# NGC 6397

- $\approx 2$  kpc
- Centro colapsado
- Radios característicos:
  - $r_c = 0.05''$
  - $r_h = 2.90''$
  - $r_t = 15.81''$
- Observaciones con ROSAT, Hubble y Chandra



Credit: D. Verschatse (Antilhue Observatory, Chile)

# Binarias en Cúmulos Globulares (CGs)

- **Cúmulos Globulares (CGs)**
  - La población de binarias gobierna la **evolución dinámica** de los CGs
- **Variables Cataclísmicas (VCs):**
  - Una potencial población de VCs **diferente a la del campo galáctico**
  - Muchas interrogantes abiertas
- **Estrellas de Neutrones (EN):**
  - ENs a **distancias conocidas** en CGs
  - Estimar la ecuación de estado (relación masa-radio)
- **Ondas Gravitacionales:**
  - Estrella de neutrones para **LIGO**
  - Enanas blancas para **eLISA**

# VCs de campo y VCs de CGs

## Cúmulos Globulares

- Primordiales y formación dinámica
- Falta de erupciones
- ¿Mayoría magnéticas?
- ¿Distribución periodos?
- 8 espectras de 4 CGs

## Campo galáctico

- Evolución secuencia principal
- 40% erupcionan
- 25% magnéticos
- $75 \text{ min} \lesssim P_{\text{orb}} \lesssim 10 \text{ hrs}$
- Cientos de espectros

Falta de data y entendimiento de VCs en CGs

# MUSE

## Unidad de campo integral (UCI)

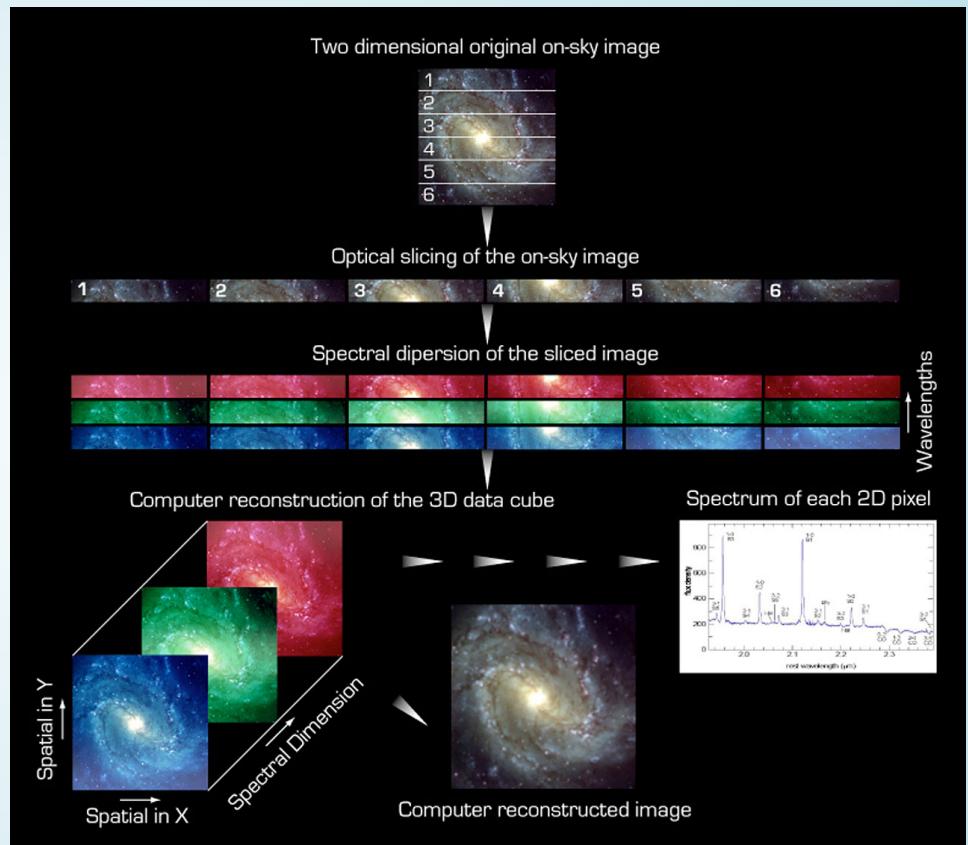
- **Cubo de data:**

FoV:  $(1' \times 1')$

$(0.^{\prime\prime}2 \times 0.^{\prime\prime}2 \times 1.25 \text{ \AA})$

$4800 - 9300 \text{ \AA}$

- Comisionamiento MUSE
  - Julio 26 hasta Agosto 3, 2014
  - Exposiciones cortas (25-60 s)
  - Total 95 minutos

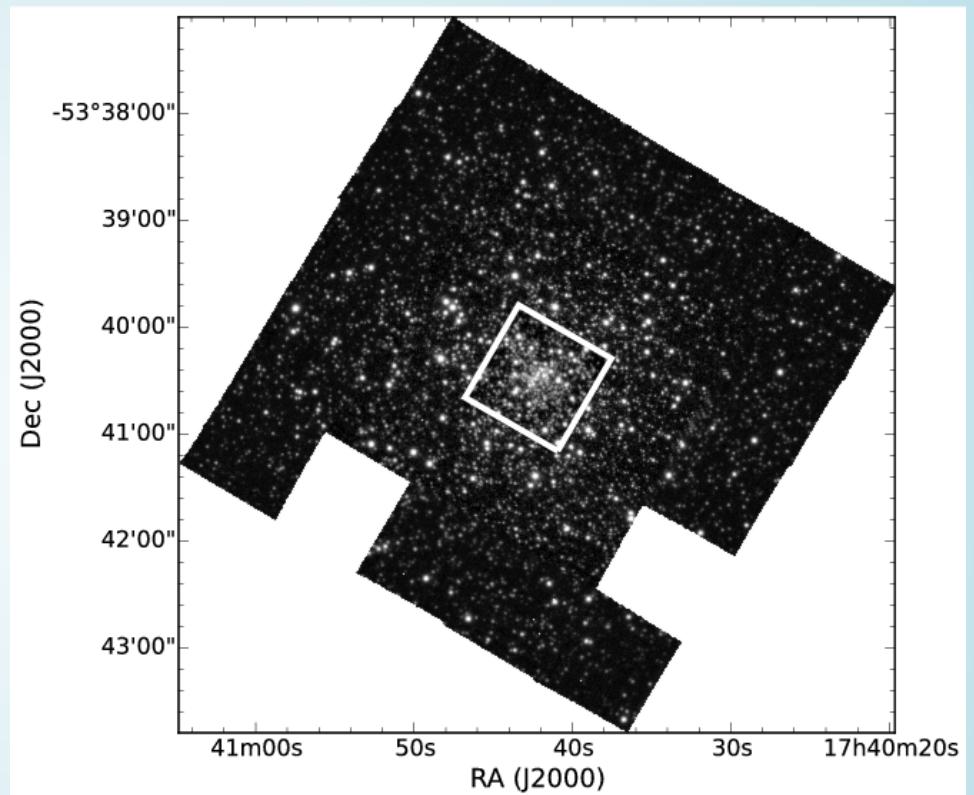


Credit: ESO

# MUSE

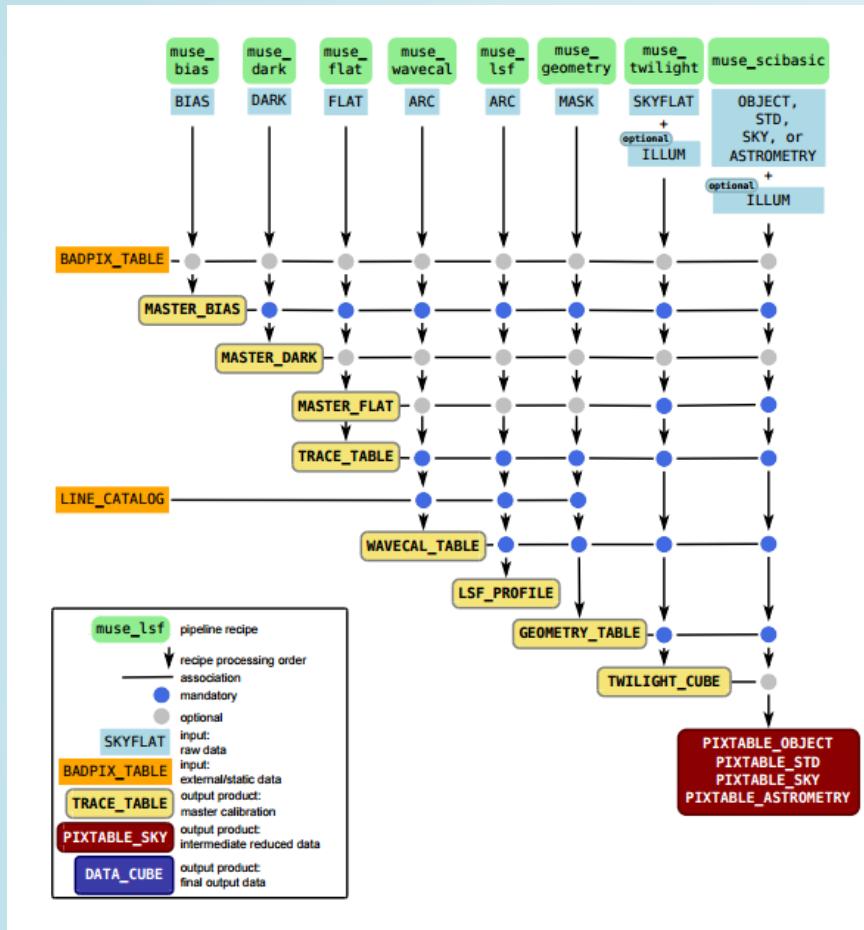
## Unidad de campo integral (UCI)

- **Cubo de data:**
  - FoV:  $(1' \times 1')$
  - $(0''.2 \times 0''.2 \times 1.25 \text{ \AA})$
  - $4800 - 9300 \text{ \AA}$
- Comisionamiento MUSE
  - Julio 26 hasta Agosto 3, 2014
  - Exposiciones cortas (25-60 s)
  - Total 95 minutos



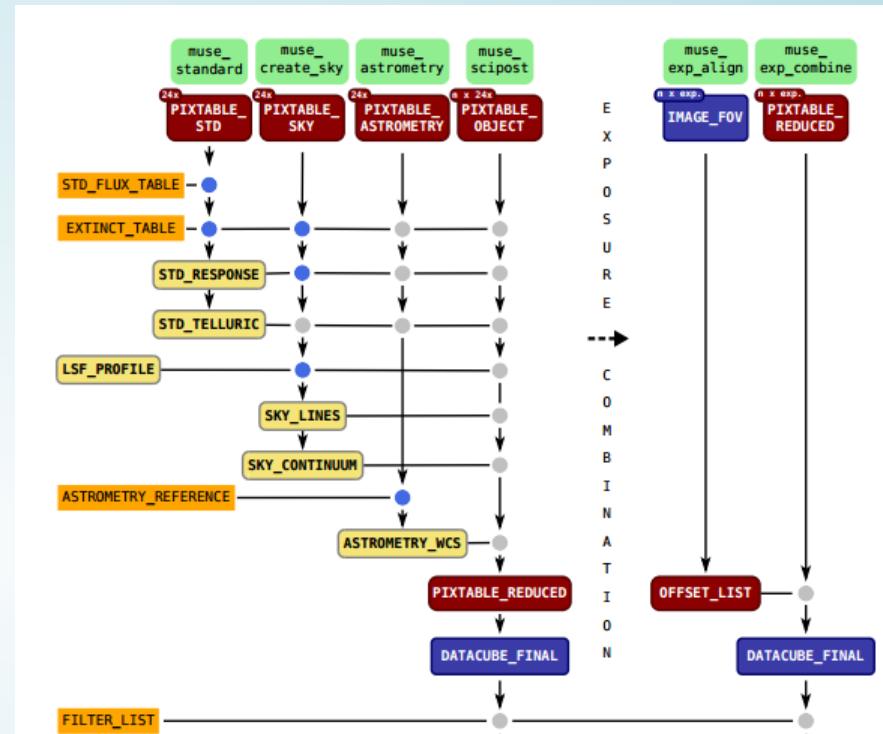
NGC 6397

# Reducción de data



Pre-procesamiento de marca instrumental

Credit: MUSE Pipeline User Manual



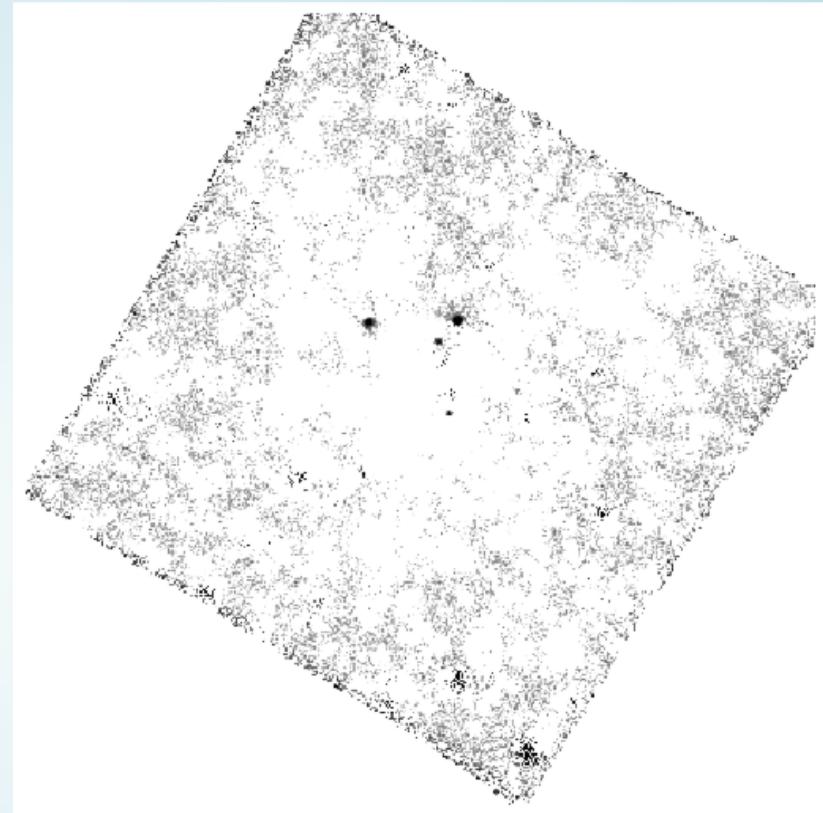
Post-procesamiento.  
Calibración observación y  
producción cubos de datos

Credit: MUSE Pipeline User Manual

# La data



Imagen blanca



$H\alpha$ —continuo

# La data

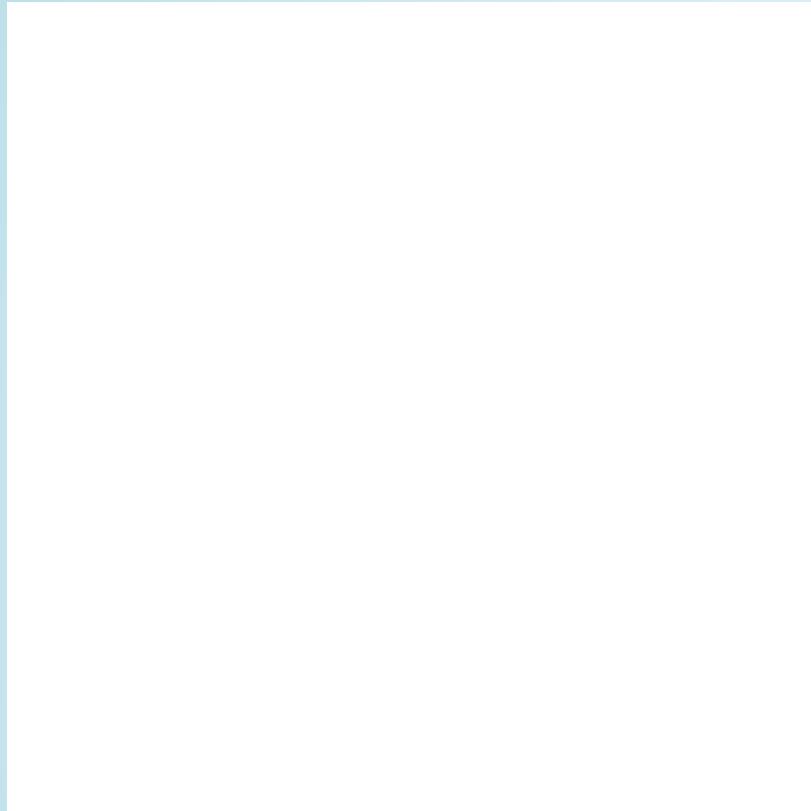
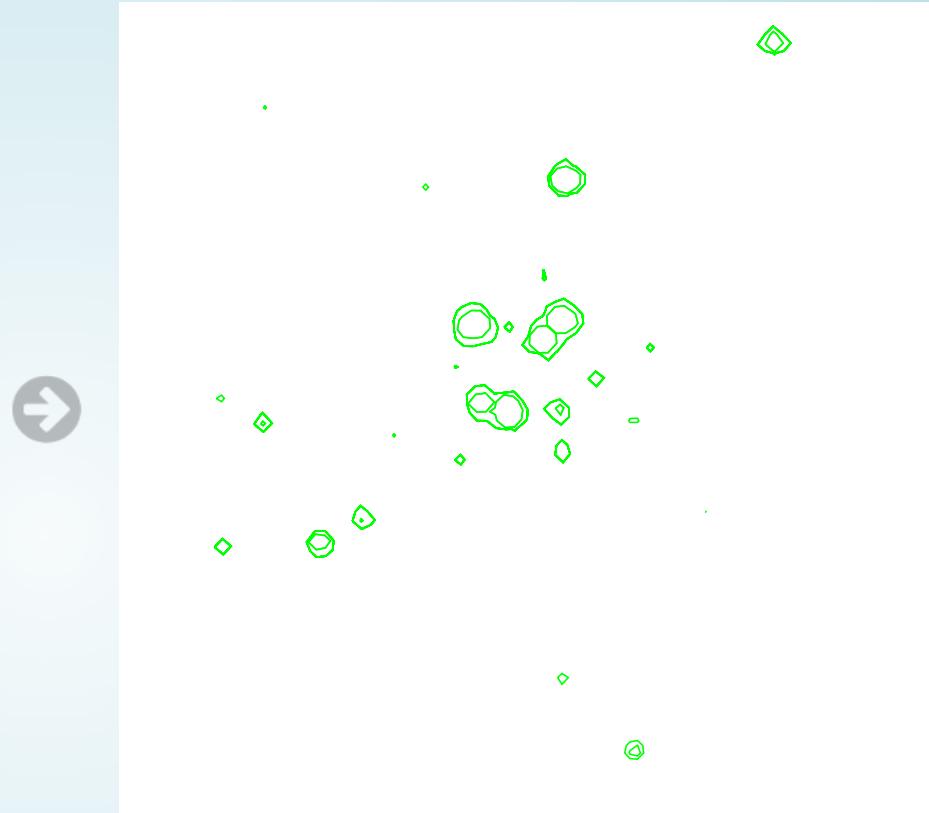
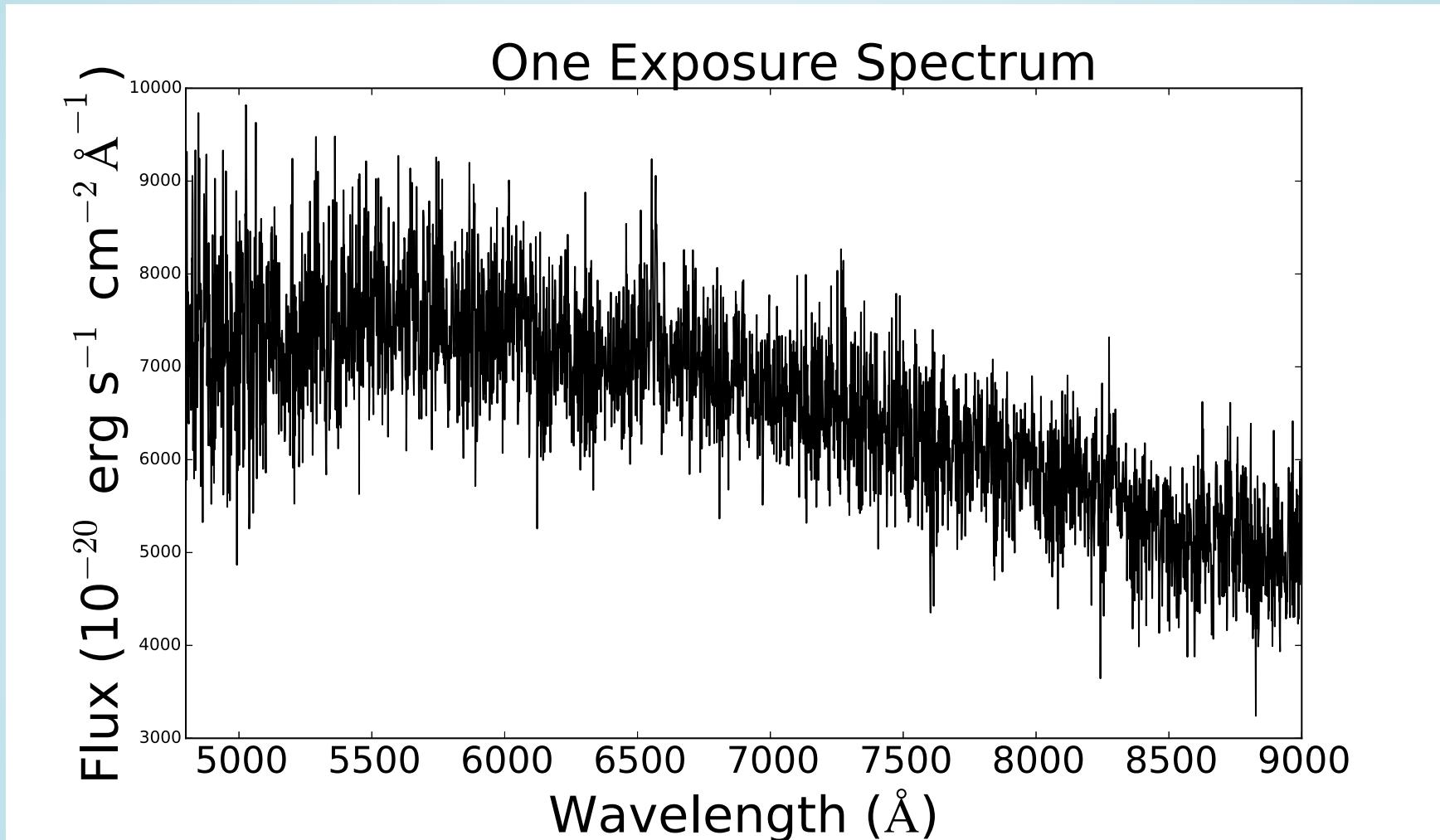


Imagen blanca

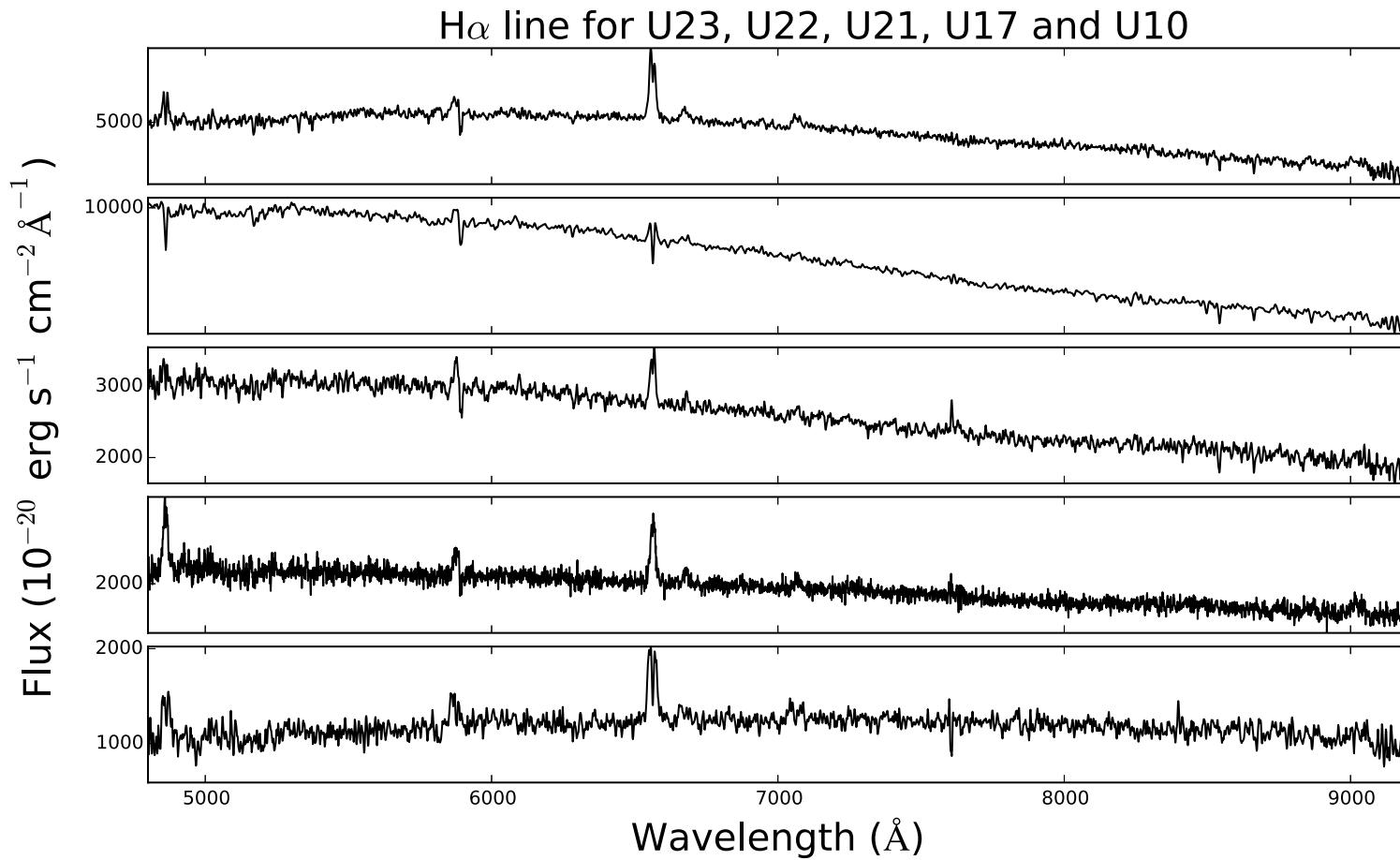


(H $\alpha$  - continuo) + contornos Chandra X-ray

# Data muy ruidosa



# VCs Detectadas



Espectro obtenido de las VCs en NGC 6397. IDs de (Bogdanov et al., 2010)

# VCs confirmadas via espectroscopía en NGC 6397

CV	Location	Reference	Comments
U17	core	(1)	HST, opt
U19	core	(1)	HST, opt
U23	core	(1)	Known period (3)
U21	core	(2)	HST, opt
U22	core	This work	-
U10	outskirts	This work	Known period (3)

(1) Grindlay et al. 1995; (2) Edmonds et al. 1999; (3) Kaluzny & Thomson 2003

# Análisis espectral

## VCs y LMXB

- VCs:
  - Ratio de masa:
    - A partir de la emisión de los dos picos de H $\alpha$  (Casares 2016)
  - Velocidad radial:
    - Correlación cruzada entre dos noches de observación
  - Erupciones:
    - Comparación con observaciones de Hubble (Cohn et al. 2010). Variabilidad en magnitud R
- LMXB:
  - Insinuación de detección. Límite en flujo de H $\alpha$

# Resultados

- **VCs Primordiales**
  - 'Tenues' no detectadas en H $\alpha$
  - ¿Primordiales en las regiones exteriores?
- **Periodos:**
  - Exposiciones muy cortas (100 secs primera noche)
  - Masa de secundaria - Periodo:
    - Grandes barras de errores en ratio de masa
    - No TiO y punto de giro:  $0.5 \text{ M}_\odot \lesssim M_{\text{sec}} \lesssim 0.8 \text{ M}_\odot$
- **Erupciones:**
  - Al menos una esperada (estimación empírica y sesgada)
  - Escasas en cúmulos globulares. Sugiere que magnéticas
- **Magnetismo:**
  - No helio ionizado (He II)
  - Linea más fuerte de He II fuera del rango (4686 Å)

# Conclusión

Hemos demostrado como una UCI como **MUSE** puede ser utilizada para estudiar efectivamente la población de objetos compactos en un cúmulo globular. **Observaciones más profundas** son necesarias, pero pudimos mostrar algunas pistas de la diferencia entre VCs en CGs y en el campo.

# Gracias



- Printable version
- Available online