



THE DARK ENERGY SURVEY

Caracterización de la muestra de galaxias del Y3 de DES para el estudio de estructura a gran escala y análisis del impacto de sistemáticos

Martín Rodríguez Monroy

Directores: Eusebio Sánchez Álvaro e Ignacio Sevilla Noarbe
Tutor UCM: Jesús Gallego Maestro



MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

EXCELENCIA MARÍA DE MAEZTU



Jornadas de doctorandos
Doctorado en Astrofísica
16 de marzo de 2018

Dark Energy Survey



- Colaboración internacional (más de 25 instituciones) junto con el NOAO
- Estudia la naturaleza de *energía oscura*
- Distintas técnicas :
 - Evolución del número de *cúmulos de galaxias*.
 - Tomografía del *weak lensing*: evolución de su patrón estadístico
 - Estudio del *clustering angular de galaxias (BAO)*: función de correlación angular, $w(\theta)$
 - Detección de *supernovas de tipo Ia*: curvas de luz y cálculo de distancias cosmológicas.
 - Medidas del *efecto Sachs-Wolfe Integrado* junto con medidas del CMB: se trazan pozos de potencial (colaboración con el SPT)

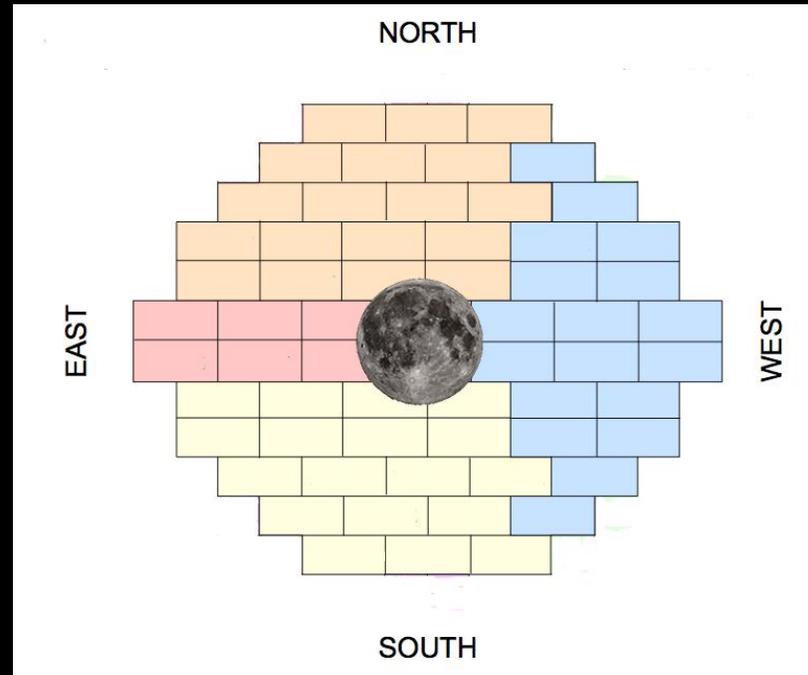
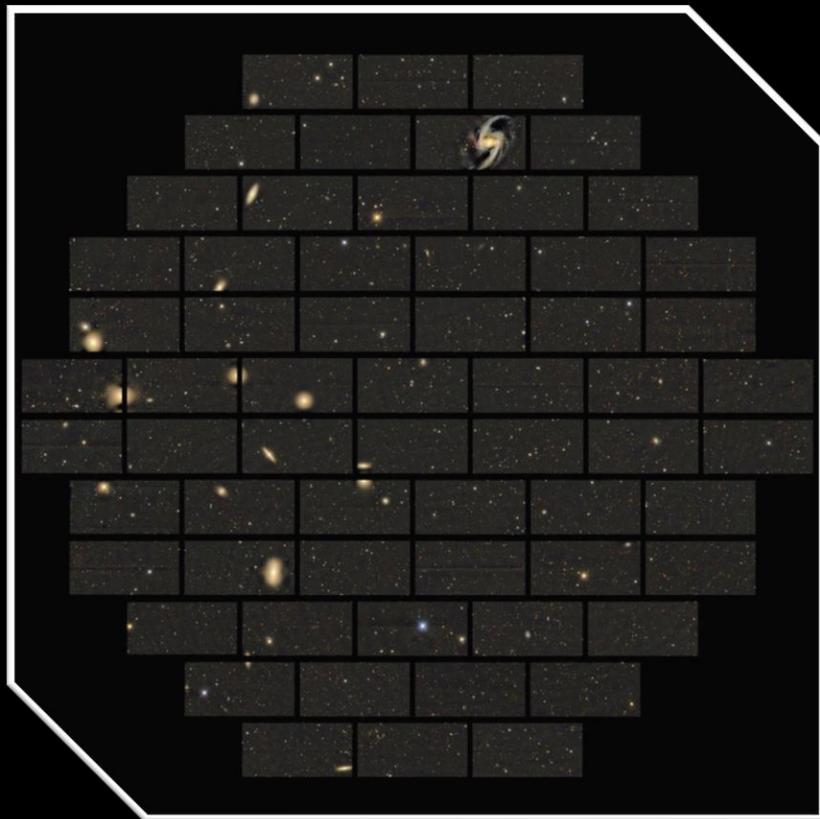
Todas estas técnicas



Ecuación de estado de la
energía oscura

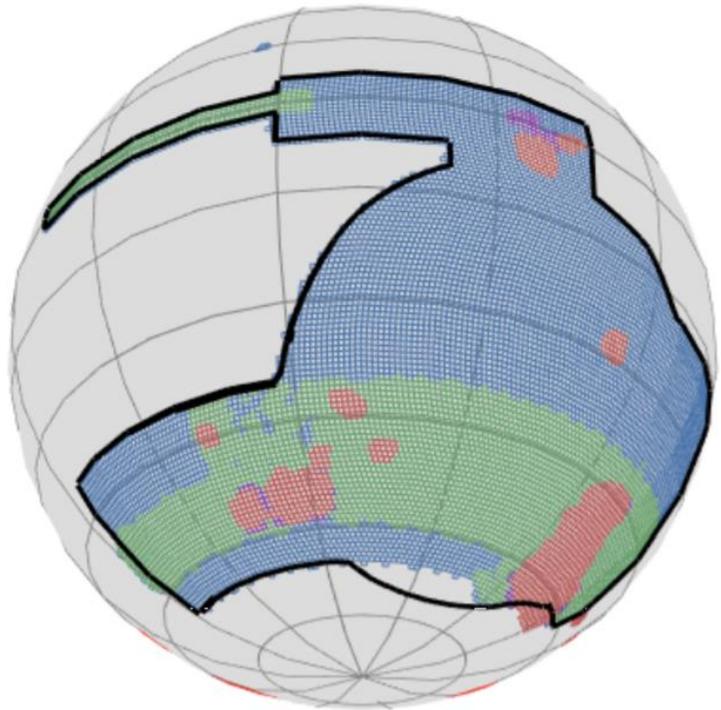
Dark Energy Survey

- Telescopio Victor Blanco, 4m, Cerro Tololo, Chile
- Instrumento: DECam
- 62 CCDs en disposición hexagonal (FoV ~ 3 deg)
- 5 bandas fotométricas: *grizY* (400 – 1080 nm)



Dark Energy Survey

- Telescopio Victor Blanco, 4m, Cerro Tololo, Chile
- Instrumento: DECam
- 62 CCDs en disposición hexagonal (FoV $\sim 3 \text{ deg}$)
- 5 bandas fotométricas: *grizY* (400 – 1080 nm)



A.Drlica-Wagner, I.S.-N. et al. 2017

- 1/8 del cielo observado (Y3/Y5)
- Profundidad $i_{AB} = 24.0$
- Redshift fotométrico
- Hasta $z \sim 1.0$
- SV: $\sim 250 \text{ deg}^2$
- Y1: $\sim 1800 \text{ deg}^2$
- Y3/Y5: $\sim 5000 \text{ deg}^2$
- 525 noches de observación en 5 años (2013-2018)



Objetivos de la tesis y proyectos actuales

- Estudio de la **evolución del BAO con el redshift**
- Incorporación de los resultados obtenidos al programa combinado de **clustering y weak lensing** de DES para la determinación y acotado de **parámetros cosmológicos**
- Meeting de Colaboración, Noviembre 2017, Brisbane:
 - Estudio del impacto de los diferentes **sistemáticos** en la determinación de $w(\theta)$ para los datos del Y3
 - Caracterización de la **muestra de galaxias** para el estudio de LSS: muestra **redMaGiC** para el Y3
 - Obtención de parámetros, como el *bias*, para proporcionar como input a simulaciones (respetando los actuales protocolos de *blinding*)

Efecto de los sistemáticos (SPs)

- Los errores sistemáticos afectan a la densidad de galaxias observada (entendiendo por sistemáticos **propiedades del survey**, como la masa de aire, el seeing, el tiempo de exposición, etc)
- Alteran directamente **el valor de la función de correlación** angular a dos puntos, $w(\theta)$

$$w(\theta) = \frac{DD(\theta) - 2DR(\theta) + RR(\theta)}{RR(\theta)} \quad (\text{Autocorrelación})$$

- ¿Formas de tratar el problema?
 - Hacer que el conjunto aleatorio de puntos (*random*) emule las fluctuaciones por sistemáticos
 - Pesar los datos en función de lo afectados que están

Efecto de los sistemáticos (SPs)

- Los errores sistemáticos afectan a la densidad de galaxias observada (entendiendo por sistemáticos **propiedades del survey**, como la masa de aire, el seeing, el tiempo de exposición, etc)
- Alteran directamente **el valor de la función de correlación** angular a dos puntos, $w(\theta)$

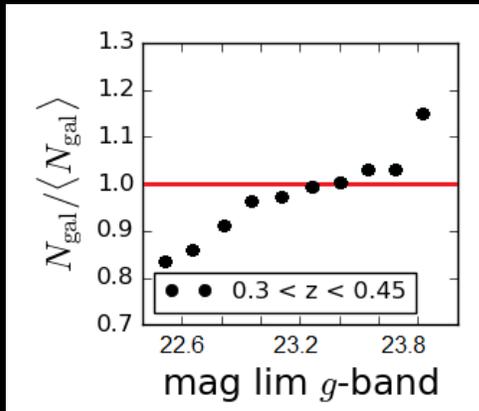
$$w(\theta) = \frac{DD(\theta) - 2DR(\theta) + RR(\theta)}{RR(\theta)} \quad (\text{Autocorrelación})$$

- ¿Formas de tratar el problema?
 - Hacer que el conjunto aleatorio de puntos (*random*) emule las fluctuaciones por sistemáticos
 - **Pesar los datos en función de lo afectados que están**

Efecto de los sistemáticos (SPs)

(arXiv:1708.01536)

• Tratamiento:



- Minimizar χ_{model}^2 , $N_{gal} \propto A \cdot s + B$
- Minimizar χ_{null}^2 , $N_{gal} / \langle N_{gal} \rangle = 1$

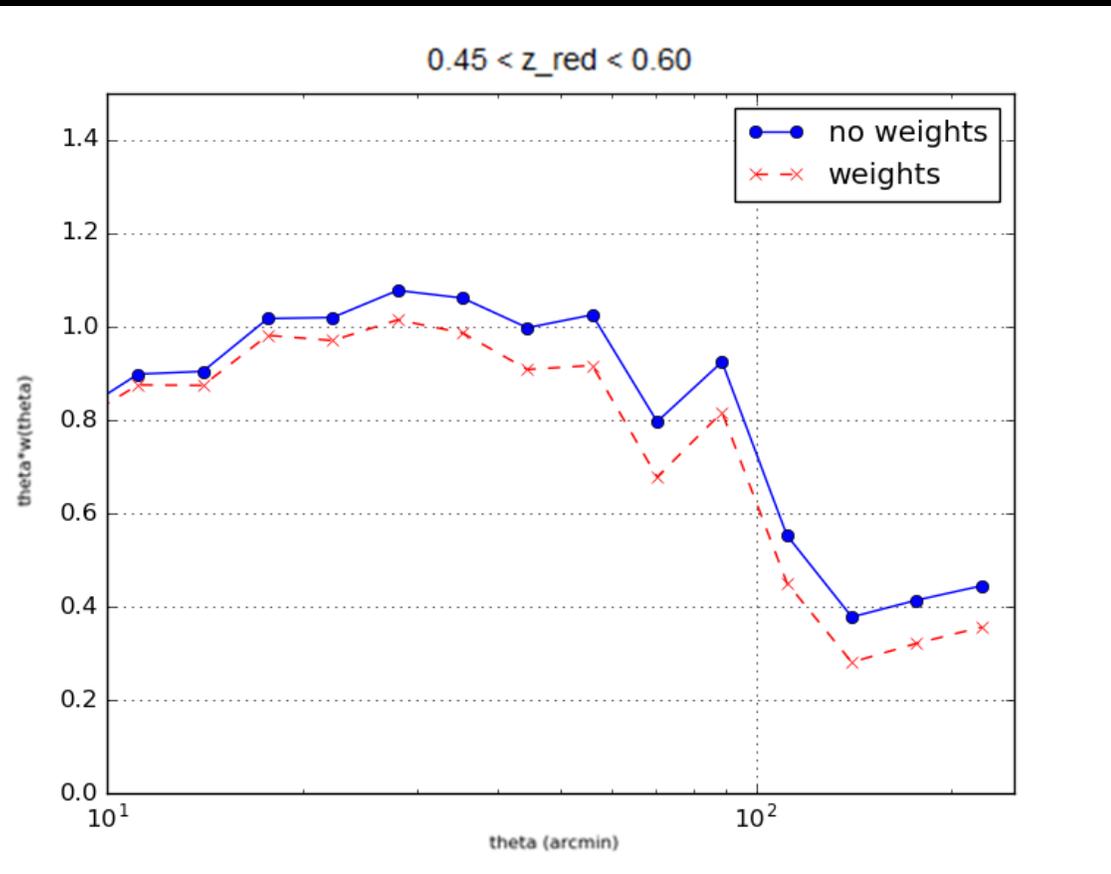
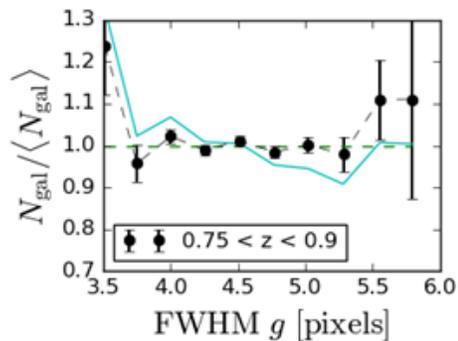
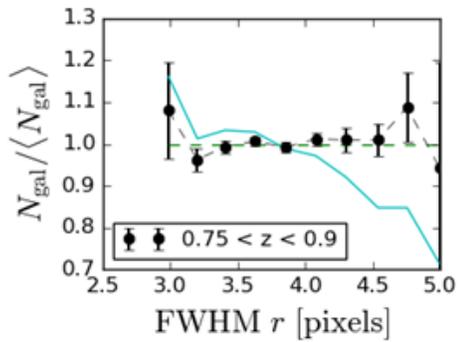
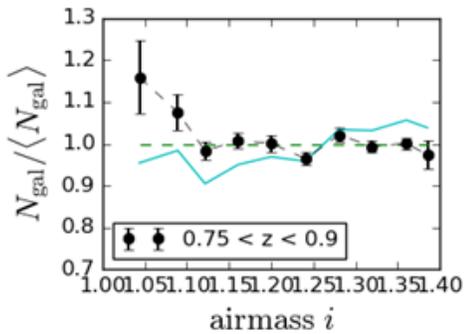
$$\Delta\chi^2 = \chi_{null}^2 - \chi_{model}^2$$

- Se calcula $\Delta\chi^2$ para cada SP sobre el catálogo y sobre **1000 realizaciones (Gaussian mocks)**

- Se considera un SP como significativo cuando $\Delta\chi^2 / \Delta\chi^2(68) > 2$
- Se construyen **pesos**, w_{SP} , ajustando $N_{gal} / \langle N_{gal} \rangle$ a una función $F_{SP}(s)$, tal que $g_i \rightarrow w_i^{SP} = 1/F_{SP}(s_i)$
- ¡Cuidado! Los SPs están **correlacionados** (e.g., *profundidad y seeing*) \Rightarrow Podemos **sobrecorregir**
- Se aplica **proceso iterativo**:
 1. Se ordenan los SPs de **mayor a menor $\Delta\chi^2$** (sobre el catálogo)
 2. Se calculan los pesos para el primer SP y se aplican al catálogo
 3. Se calcula $\Delta\chi^2$ para **los SPs restantes** y se ve cuáles siguen cumpliendo $\Delta\chi^2 / \Delta\chi^2(68) > 2$
 4. Se repite el proceso hasta que todos los SPs están por **debajo del umbral**
- El peso final aplicado a cada galaxia i , w_i , es **el producto de los pesos de cada SP**, w_i^{SP}

Efecto de los sistemáticos (SPs)

Al aplicar los pesos, la variación en $N_{gal}/\langle N_{gal} \rangle$ con el valor del SP se vuelve compatible con 1



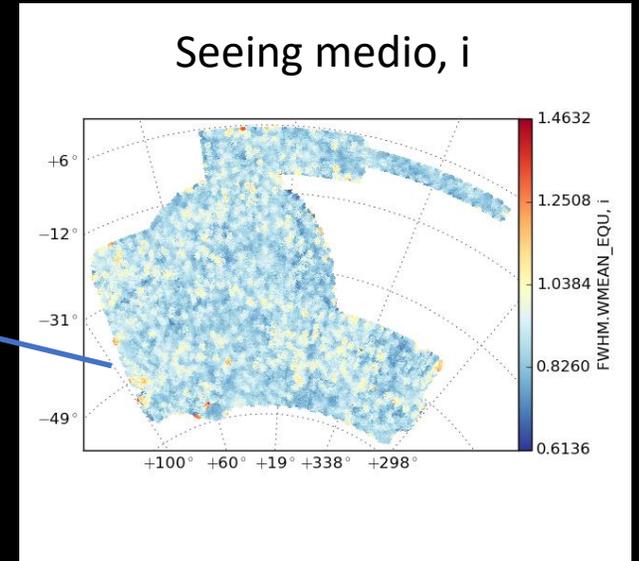
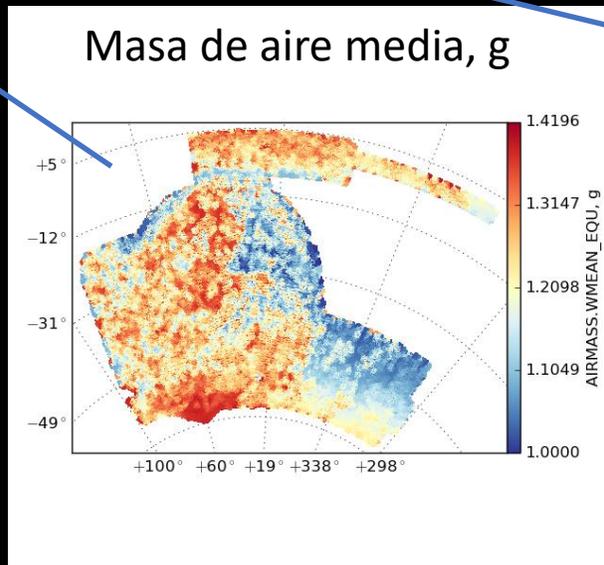
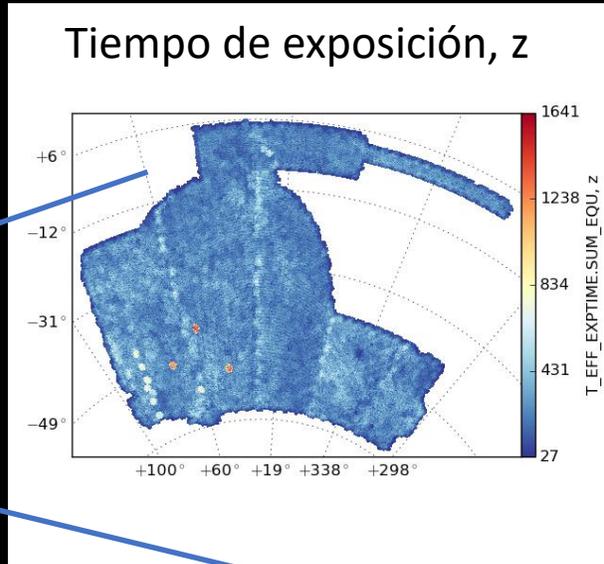
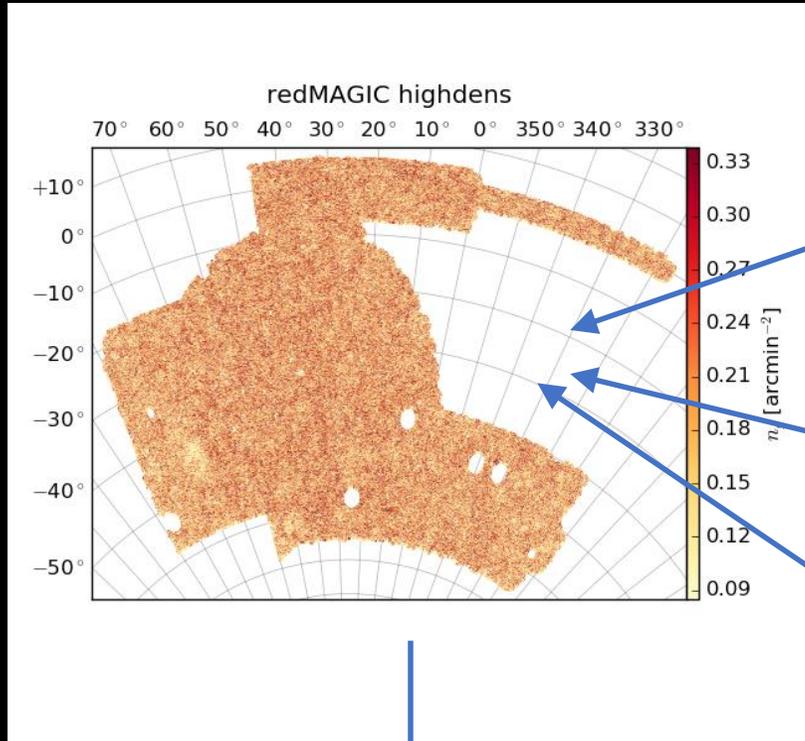
Al aplicar los pesos al catálogo, se mitiga el falso *clustering* introducido por los SPs, modificando el valor de $w(\theta)$

Caracterización de la muestra redMaGiC Y3

- Muestra redMaGiC: muestra de **galaxias LRG** (Luminous Red Galaxies) construida a partir del Gold Catalog de DES
- Seleccionadas mediante el **algoritmo redMaGiC**: (arXiv:1507.05460)
 - Ajustar cada galaxia a una secuencia roja (diagrama color-magnitud) y obtener su redshift fotométrico. Obtener un χ^2 de la bondad del ajuste.
 - Dado su redshift fotométrico, calcular la luminosidad L
 - Galaxias redMaGiC \Leftrightarrow cumplen con $L \geq L_{min}$ y $\chi^2 \leq \chi^2_{max}$
- Muestras redMaGiC para el Y3 ya disponibles
- Actualmente caracterizando las muestras: magnitudes, colores, $N(z_{foto})$, error en z_{foto} , ...

Muestra	Nº galaxias	Densidad (deg^{-2})	Max. z_{foto}	Min z_{foto}	Error z_{foto}
highdens	2447709	534.21	0.1	0.7	0.016
highlum	1565738	341.72	0.1	0.85	0.016
higherlum	511094	111.55	0.1	0.95	0.015

Caracterización de la muestra redMaGiC Y3



$$w(\theta)$$

Trabajo en proceso actualmente

- **Adaptación del código oficial de DES** para el tratamiento de sistemáticos para su aplicación al Y3
- **Implementación de mejoras al código**, como incorporar la posibilidad de usar multiprocesado
- Caracterización de las muestras de redMaGiC del Y3:
 - Cálculo de parámetros sobre las muestras: **nº objetos, densidad, error en z_{foto} , ...**
 - Obtención de funciones de correlación (siguiendo procedimiento de *blinding*) para determinar parámetros como **el *bias* e incorporarlos a simulaciones (*mocks*)**
 - Estudio del **error en la determinación** de la posición del BAO para comprobar qué muestras son **competitivas para hacer estudios de BAO**
- Desarrollo de un procedimiento sencillo para **estimar el $N(z)$** de las muestras a partir del z_{foto} y de su distribución de residuos

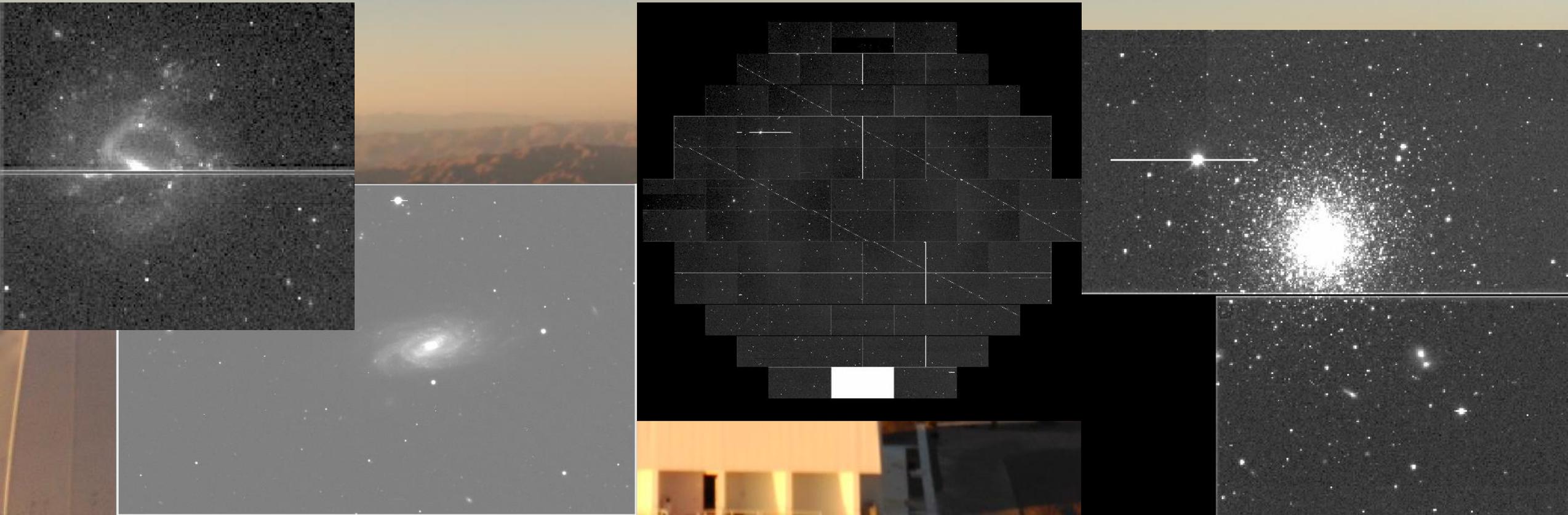
Observaciones en Cerro Tololo, Y5 DES

- Observaciones con el telescopio Victor Blanco en Cerro Tololo (Chile), durante diciembre 2017
- Datos correspondientes al Y5 de DES: misma área, más profundidad



Observaciones en Cerro Tololo, Y5 DES

- Observaciones con el telescopio Victor Blanco en Cerro Tololo (Chile), durante diciembre 2017
- Datos correspondientes al Y5 de DES: misma área, más profundidad



Observaciones en Cerro Tololo, Y5 DES

CTIO 2017-12-06 23:23:50



Observaciones en el Roque de los Muchachos, PAU



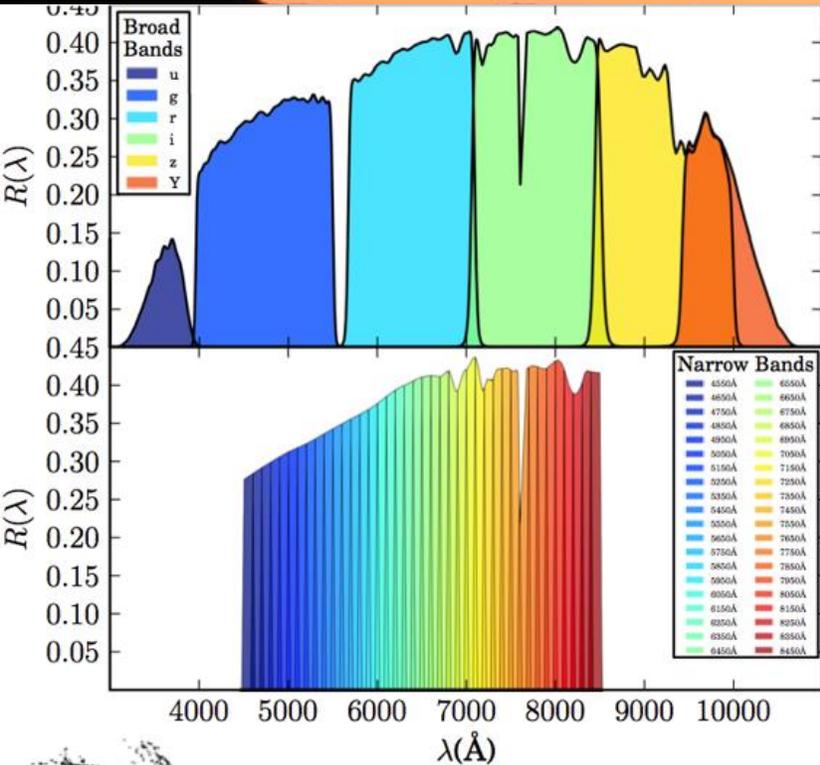
- PAU survey (Physics of the Accelerating Universe)
- Observaciones durante diciembre de 2017
- Telescopio William Herschel, 4.2 m, Roque de los Muchachos
- Survey fotométrico (como DES), pero con **filtros muy estrechos**



Observaciones en el Roque de los Muchachos, PAU

- 18 CCDs, FoV $\sim 1 \text{ deg } \phi$
- 40 filtros estrechos (NB) de 130 Å de ancho, 4500 – 8500 Å, más *ugrizY* (BB)
- Profundidad: $i \sim 22.5 - 23.0$
- Espectros de baja resolución ($\Delta\lambda/\lambda \sim 2\%$)
- Error esperado en el redshift fotométrico : $\sigma(z) \sim 0.0035 (1 + z)$

- PAU survey (Physics of the Accelerating Universe)
- Observaciones durante diciembre de 2017
- Telescopio William Herschel, 4.2 m, Roque de los Muchachos
- Survey fotométrico (como DES), pero con **filtros muy estrechos**
- PAUCam:



- 18 CCDs, FoV $\sim 1 \text{ deg } \phi$
- 40 filtros estrechos (NB) de 130 Å de ancho, 4500 – 8500 Å, más *ugrizY* (BB)
- Profundidad: $i \sim 22.5 - 23.0$
- Espectros de baja resolución ($\Delta\lambda/\lambda \sim 2\%$)
- Error esperado en el redshift fotométrico : $\sigma(z) \sim 0.0035 (1 + z)$

Observaciones en el Roque de los Muchachos, PAU



A night sky with the Milky Way galaxy visible. In the foreground, a large observatory dome is illuminated with a bright red light. The text "MUCHAS GRACIAS" is overlaid in white. Another smaller observatory dome is visible in the background on the right.

MUCHAS GRACIAS

