

**¿Qué y cuánto se necesita para que la EABA
desarrolle su potencial observacional?
Una visión personal**

Mercedes Gómez

*Workshop de Infraestructura
Astronómica Argentina*

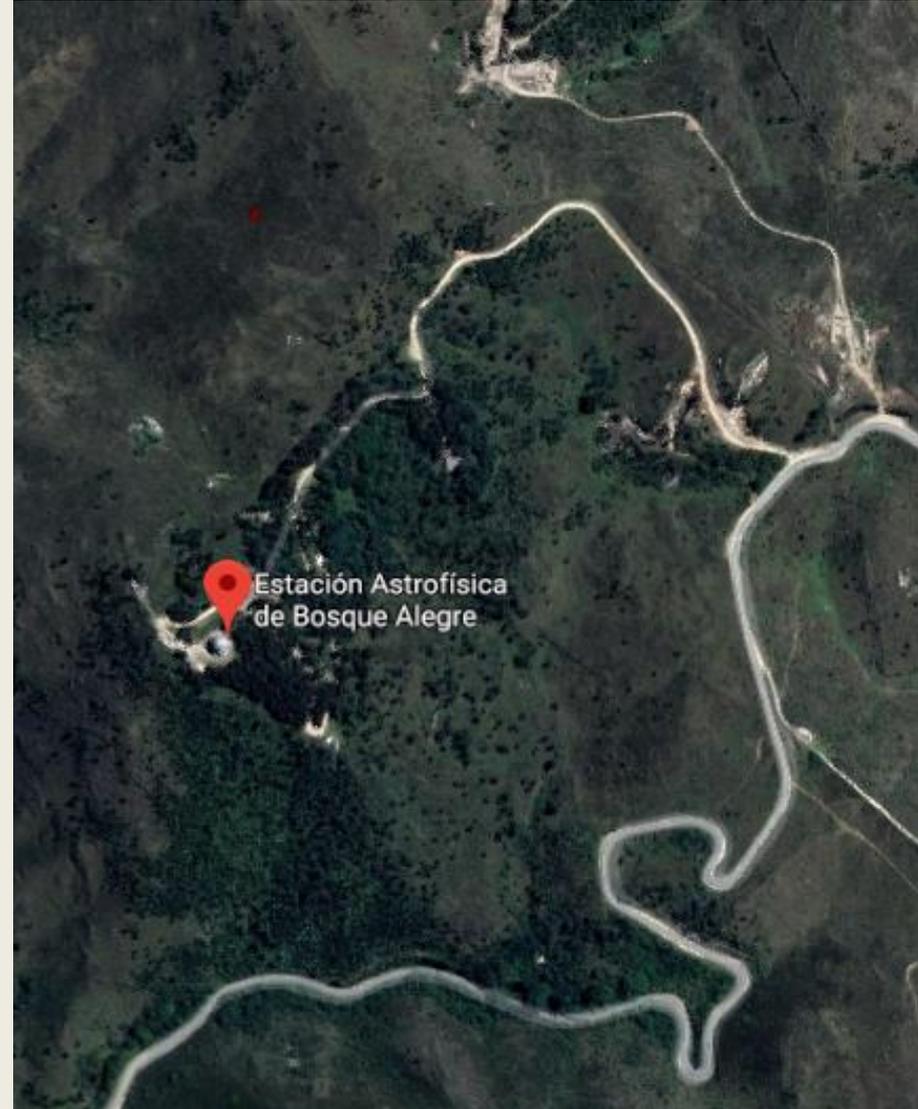
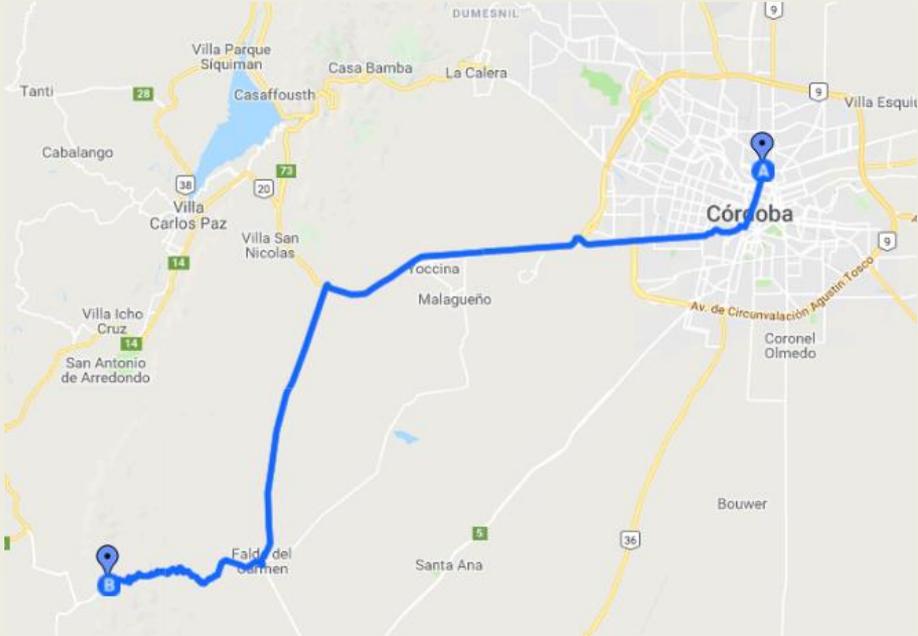
Córdoba, mayo 8-10 2019

¿Qué y cuánto se necesita para que la EABA desarrolle su potencial observacional? Una visión personal

Contenido de la presentación

- Breve presentación del estado actual de la EABA.
- Una propuesta (modesta pero *¿económicamente viable?*) para mejorar el potencial observacional de la EABA.
- Invitación a posible interesados en la EABA para la adquisición de instrumental.

La Estación Astrofísica de Bosque Alegre



Localizada a 50 Km de la Ciudad de Córdoba,
comprende un predio de 15 hectáreas

La Estación Astrofísica de Bosque Alegre



El diámetro del espejo primario: 1.54m

La distancia focal: 7.48m

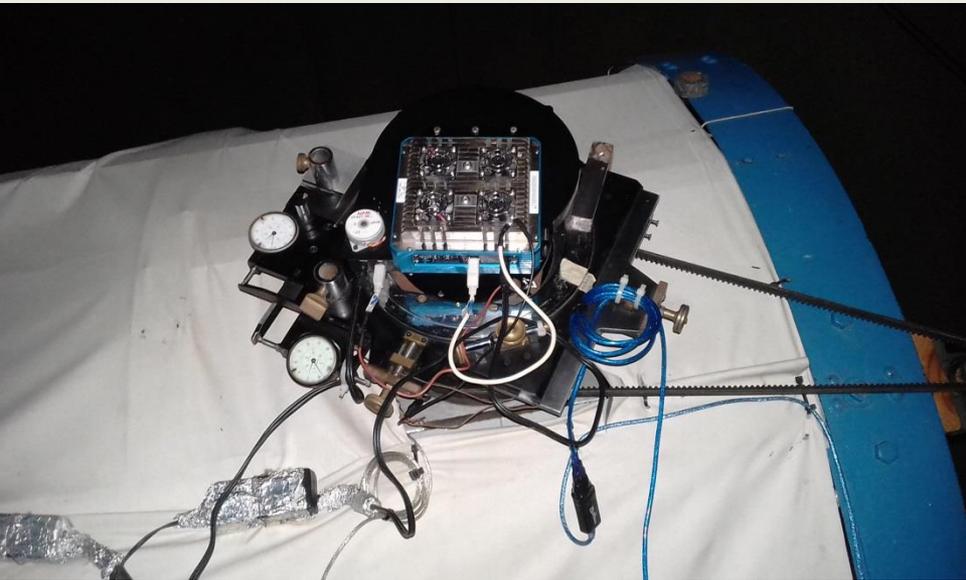
Razón focal: 4.9

Foco actual: Newtoniano



Año de Fundación 1942

La Estación Astrofísica de Bosque Alegre



Aluminizado del espejo primario: julio de 2014
Aluminizado del espejo secundario: abril 2016
Lavado del espejo primario: mayo 2018



Personal de la EABA

- Ing. Arnaldo Casagrande
- Electrónica: Ing. Julio Sánchez, Daniel Armenante
- Mecánica: Ariel Árias, Pablo Guzzo
- Informática: Omar Silvestro, Roberto Cattaneo
- Mantenimiento: Ángel Molina, Érika Molina, Luis Montenegro
- Transporte: Miguel Piña, Alfredo Silva
- Operadores de Telescopio: Luis Tapia, Cecilia Quiñones

La Estación Astrofísica de Bosque Alegre

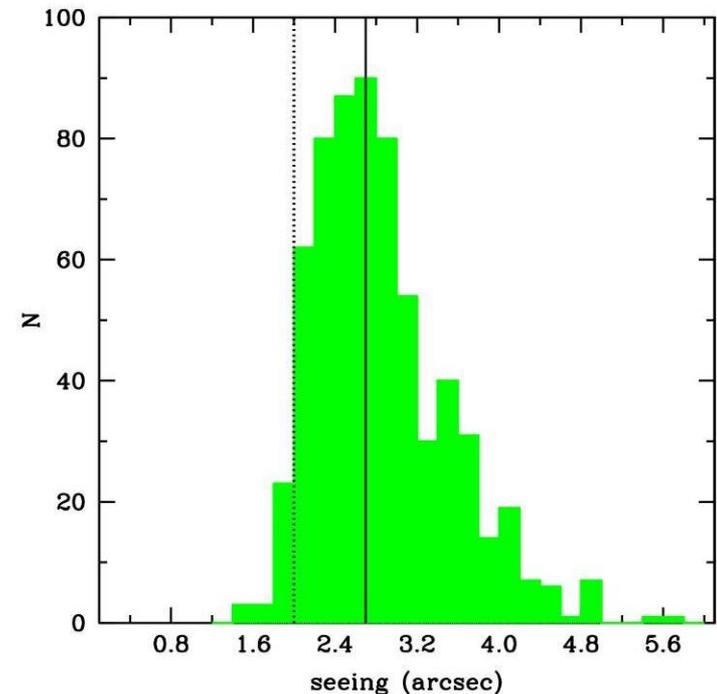
- Seeing $\sim 2.7''$ (pocas noches con seeing $< 2''$, $\sim 5\%$).
- Tiempo despejado $\sim 50\%$ de las noches.
- Variaciones estacionales: Otoño, Invierno, Primavera, Verano:
Otoño-Invierno: 60% de noches despejadas
Primavera-Verano: 40% de noches despejadas.

Tiempo fotométrico $\sim 30\%$ de las noches

N=643

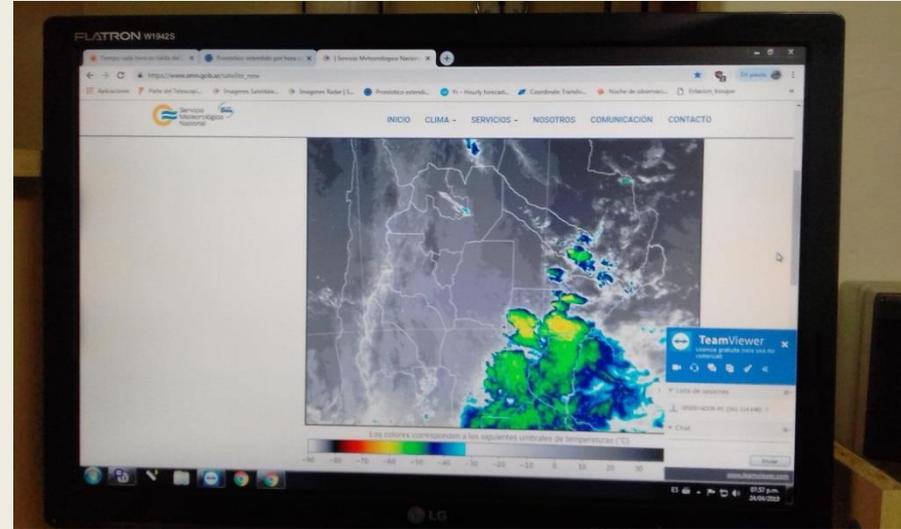
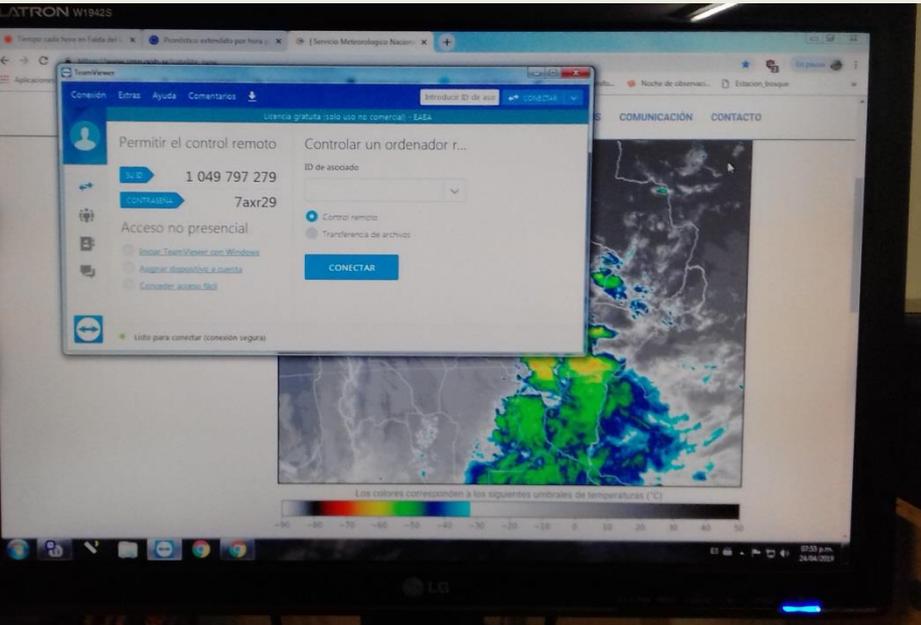
Periodo: mayo 2017-- abril 2019

Mediana= $2.7''$



Operación del Telescopio 1.54 m

- Solicitud de turnos mensuales
- Posibilidad de solicitar parte de la noche (hasta 5 horas)
- Observaciones remotas: TeamViewer.



Cortesía: Luis Tapia

Instrumentación Disponible

Instrumental Disponible

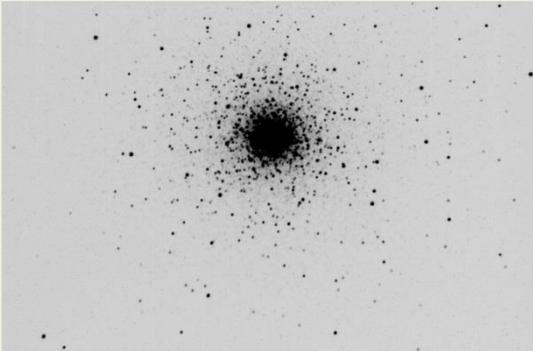
- Apogee ALTA U9 (actualmente en uso)
- Apogee Alta F16M (cámara auxiliar)
- Filtros UBVRI (cuadrados 50×50 mm), H α , H β y [NII](6584 Å) (circulares 2'' de diámetro) – Rueda 7 filtros 50×50 mm – Soporte filtros banda delgada
- Software de adquisición de datos: Maxim.

ALTA U9: 3072×2048 pixel

Tamaño pixel: 9 × 9m μ

Escala: 0.247 ''/pix

FoV: 12.6 × 8.4 arcmin²

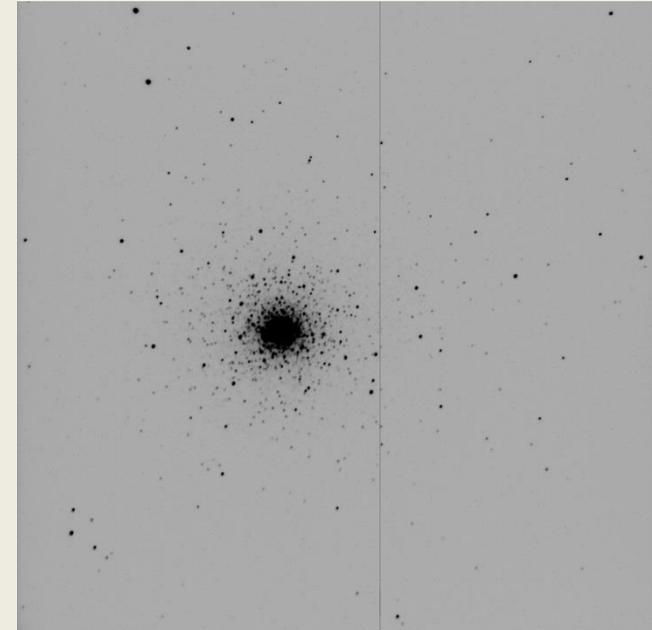


Alta F16M: 4096×4096 pixel

Tamaño pixel: 9 × 9m μ

Escala: 0.248 ''/pix

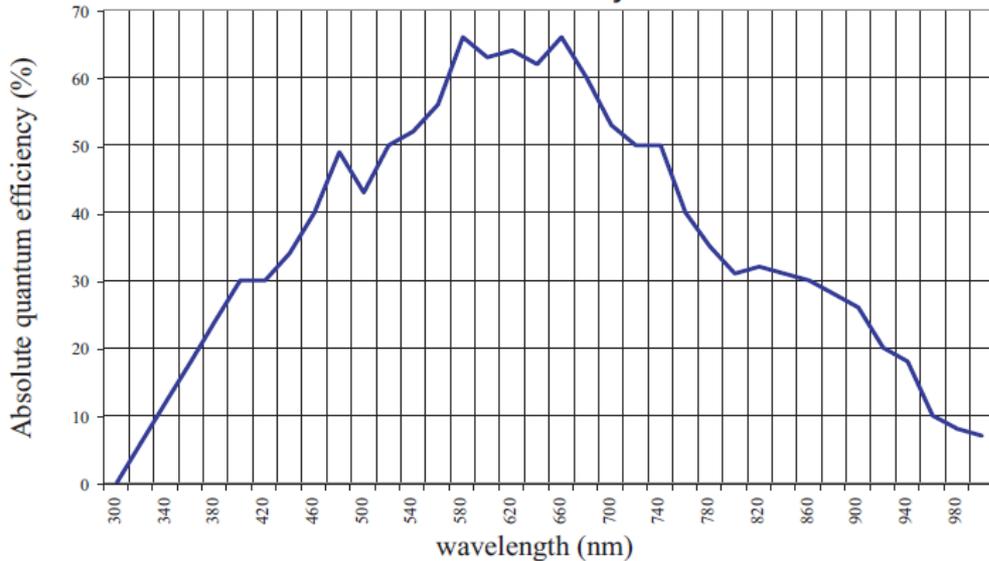
FoV: 16.9 × 16.9 arcmin²



Cortesía: I. Bustos Fierro, B. Calderón

Curvas de sensibilidad de los CCD disponibles en la EABA

CCD Sensitivity



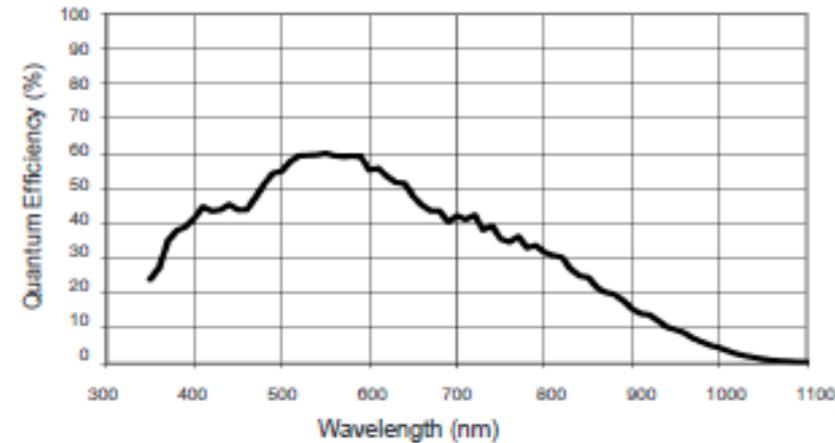
Apogee Alta U9

$QE_{\max} \sim 65\%$ en 5800—6600 Å
 $QE \sim 30\%$ en 4000 Å

Enfriamiento: Thermoelectric cooling with forced air.
Maximum cooling 50 C below ambient temperature.

Operating Environment: -22 to 27 C. Relative humidity:
10 to 90% non-condensing.

Corriente oscura 0.1 e⁻/pixel/sec (-25 C)



Apogee Alta F16M

$QE_{\max} \sim 60\%$ en 5550 Å
 $QE \sim 40\%$ en 4000 Å

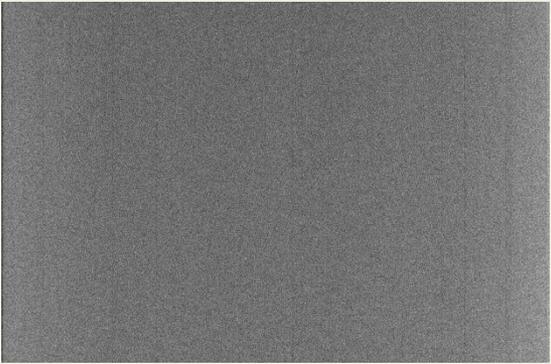
Enfriamiento: Thermoelectric cooler with forced air.
Maximum cooling up to 45 C below ambient
temperature: -20 C at 25 C ambient.

Operating Environment: -25 to 40 C. Relative humidity:
10 to 90% non-condensing.

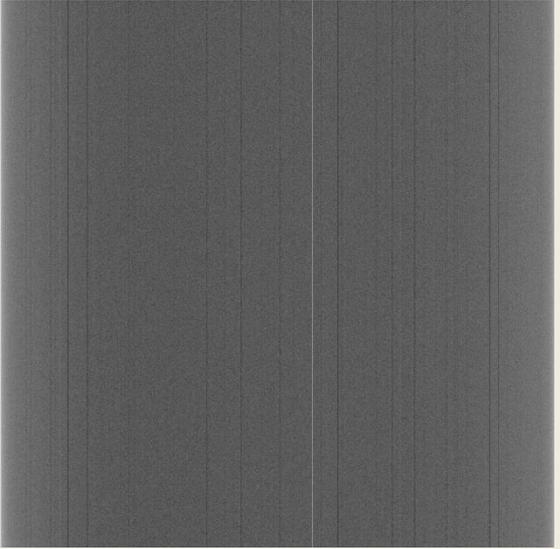
Shutter → T > 0 C

Instrumental Disposition

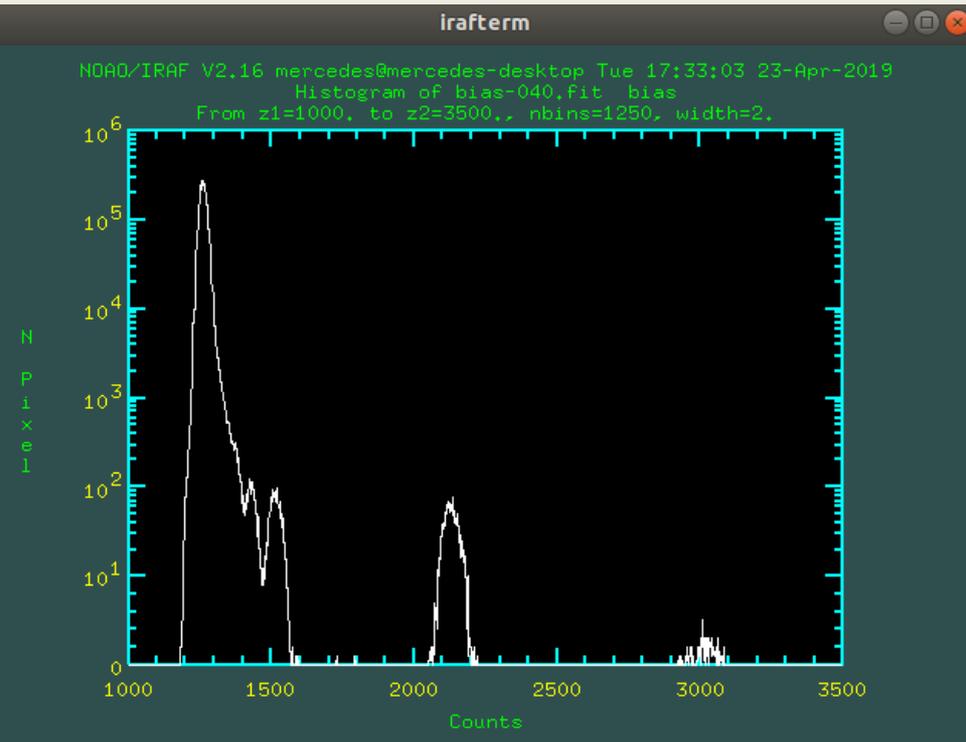
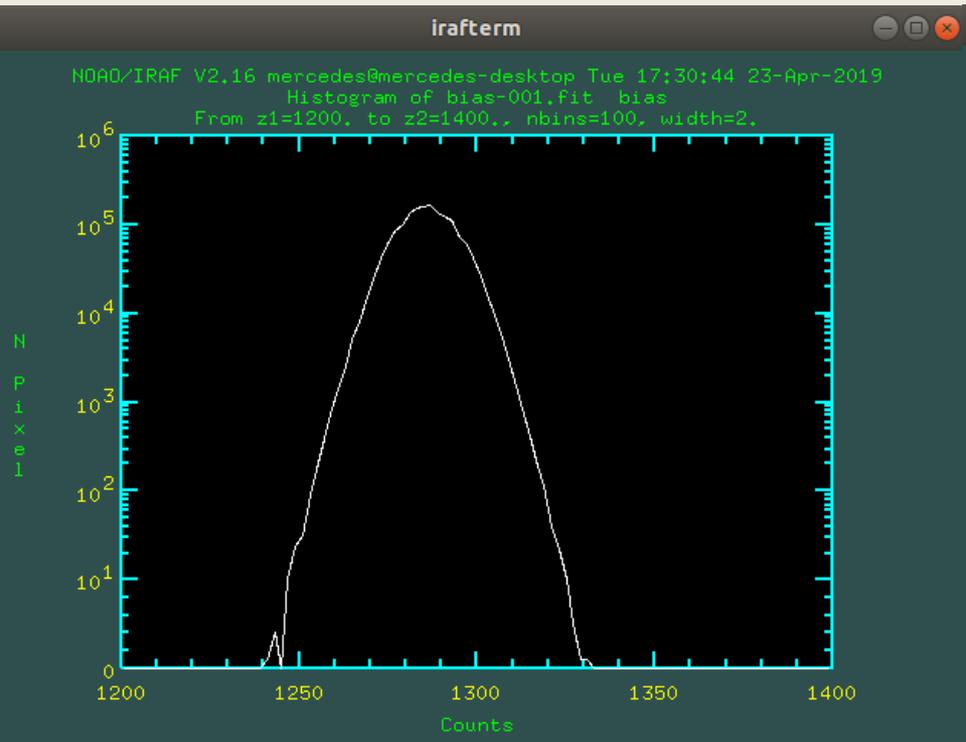
ALTA U9



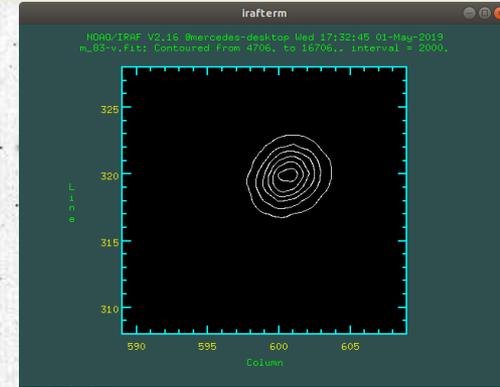
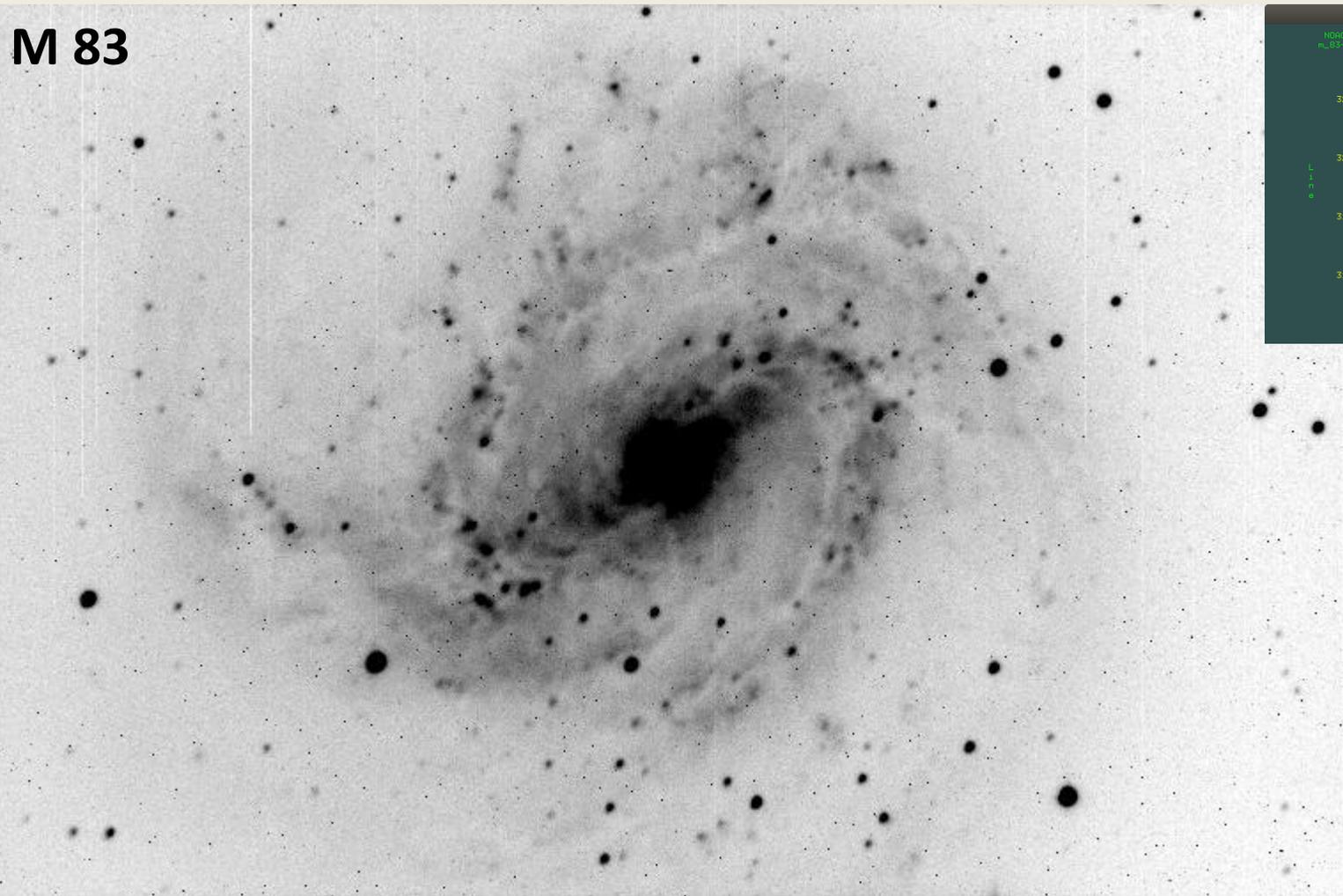
Alta F16M



Bias



Instrumental Disponible



$e=0.03$

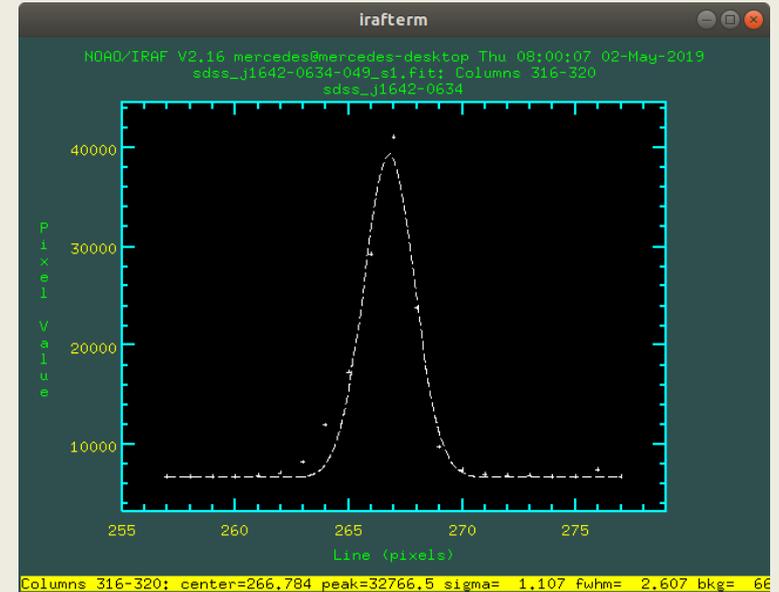
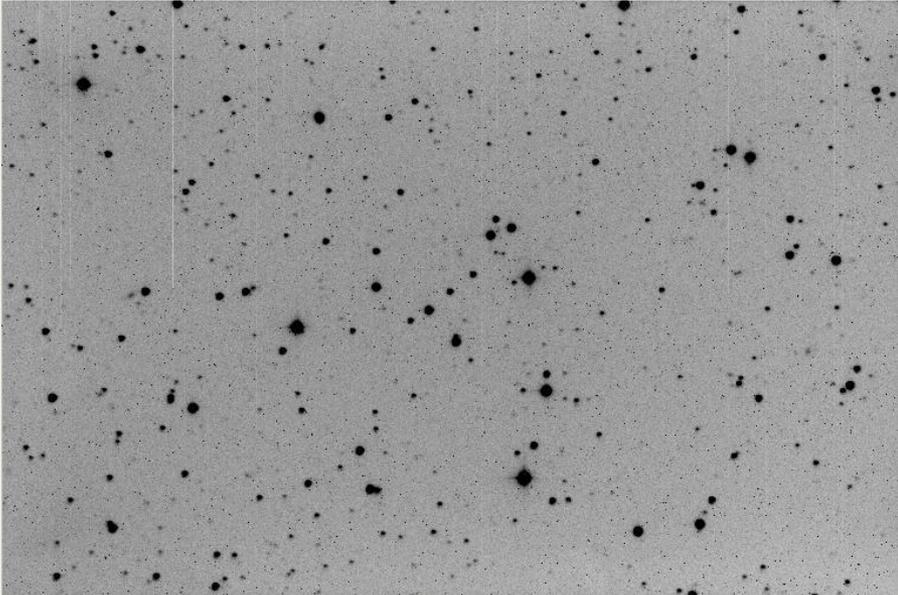
ALTA U9

$R \sim 16$, $S/N > 50$, $t=5$ min, binning 2×2

seeing $\sim 3''$ – Cortesía: Luis Tapia

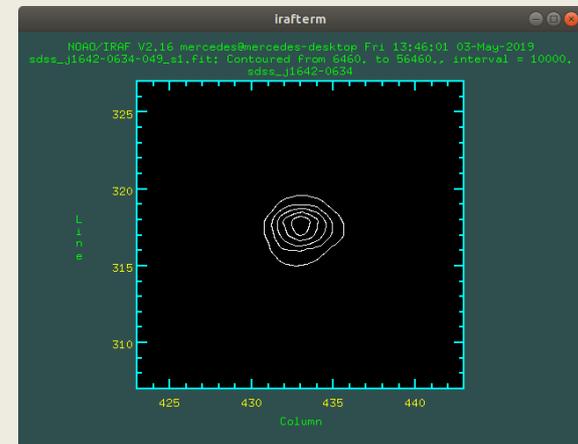
En los últimos 2 años del orden de 20 proyectos en ejecución.

Instrumentación Disponible



Filtro R, binning 4x4
seeing = 2.5''
t = 5 min

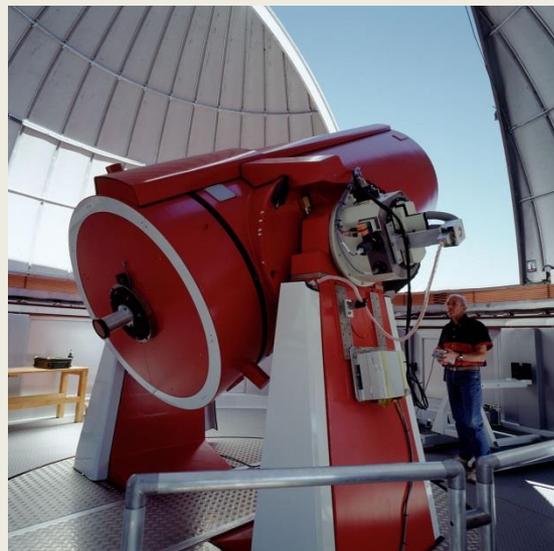
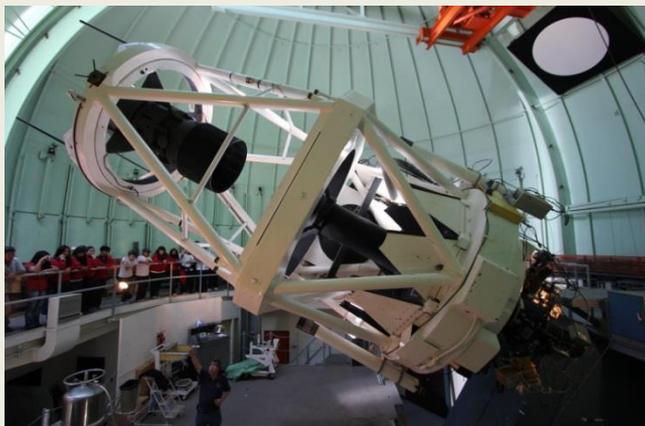
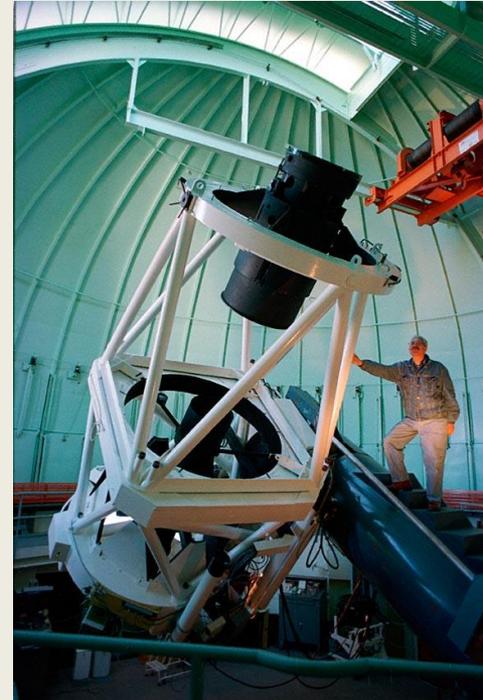
Cortesía: L. Saker



Otros Telescopios de 1.5 m en "Actividad"

SMARTS 1.5-m Telescope CTIO
Danish 1.54-metre telescope ESO
FLWO 1.5 m (60") TELESCOPE - SAO
Russian Turkish 1.5-m telescope
1.5 m Telescope Observatorio de Sierra Nevada
1.5 m Carlos Sánchez Carnay Islands
OHP 1.52 Haute-Provence Obs. France
Mt. Lemmon 60", Arizona
Steward Observatory 60", Arizona
Hale 60" Telescope, Mt. Wilson, California

+ 30 telescopios de 1.5 m



Instrumentación Propuesta

Ejemplos de CCDs y de
Espectrógrafos Comerciales

Sólo para considerar

Eventualmente podría considerarse para otros telescopios pequeños (Perrine de la EABA, "telescopio de los estudiantes del OAC", etc.)

CCD iKon-L (Ultra-sensitive Imaging Camera)

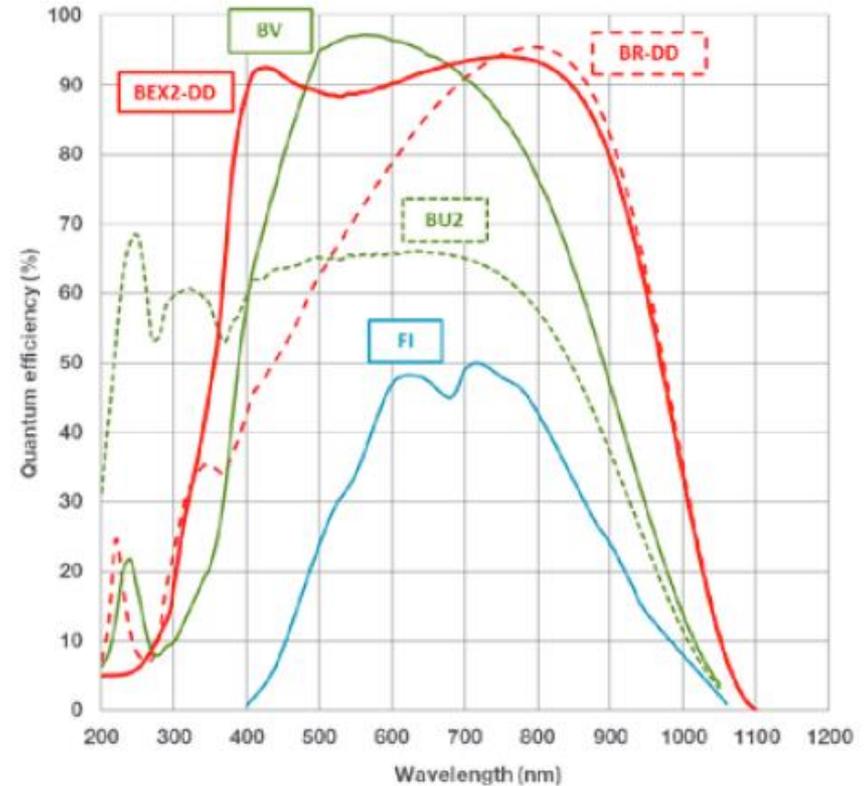
- 2048×2048 pixels
- Tamaño pixel: 13.5 μm
- Temperatura de enfriamiento -100 C
- Bajo ruido de lectura y corriente oscura
- FoV en EABA: $12.7 \times 12.7 \text{ arcsec}^2$
- Enfriamiento: forced air or water cooling
- Corriente oscura 0.0003 e⁻/pixel/sec (-100 C)

Actualmente en uso en el telescopio de 2.2 m de Calar Alto en el espectrógrafo echelle CAFE (Calar Alto Fiber-fed Echelle Spectrograph; Aceituno et al. 2013). Este espectrógrafo tiene $R \sim 70,000$ y cubre un rango espectral entre 3650 y 9800 Å.

También en uso en el tel de 1 m de Roque de los Muchachos y en el Observatorio Pico dos Días

CCD propuesto por D. Mast.

QE \sim 90% 4000-9000 Å (dual coating)



CCD iKon-L



RGB – B. Snyder (ANDOR)

e2V CCD230-42 Back Illuminated Scientific CCD Sensor

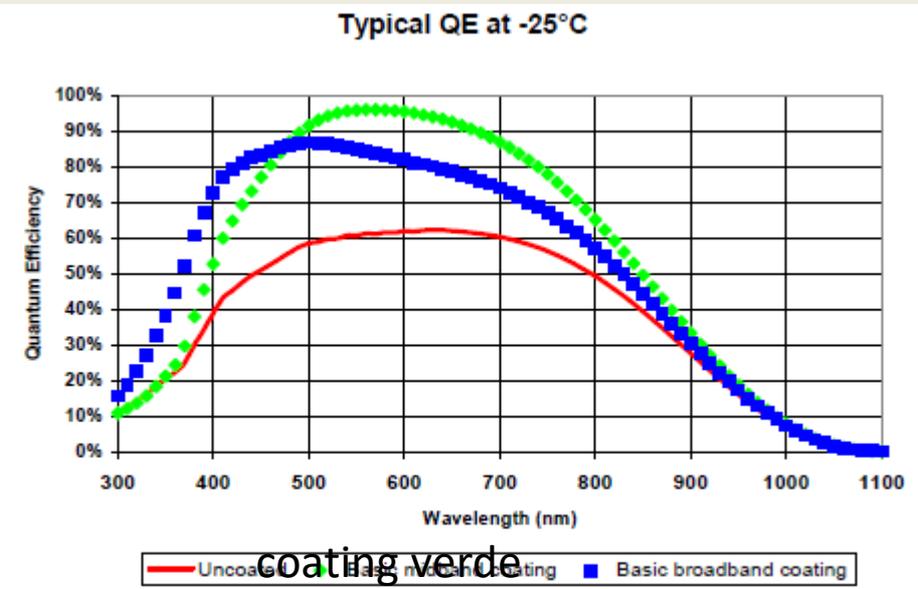
- 2048 × 2064 pixel
- Tamaño pixel: 15 μm
- Temperatura de enfriamiento -25 C
- Bajo ruido de lectura y corriente oscura
- FoV EABA: 14.1 × 14.1 arcsec²
- Thermoelectric water cooled



NGC 6558 – Cortesía I. Bustos Fierro

Tel. Swope (1 m, Las Campanas) CCD E2V 4k×4k

Campo $\sim 30' \times 30'$.



QE: 85% en 4500--7500 Å

e2V en uso en el SOAR (4.1 m CTIO)



C. Briceño

También usado por Kepler y Gemini

Nuevo CCD EABA

- Δmag (CCD propuestos – CCD actuales) = 0.5 – 1.0 mag
- Campo útil $12' \times 12'$
- Sensibilidad uniforme y máxima en prácticamente todo el rango espectral
- Seeing EABA 2.7'' vs Seeing CASLEO 3.0''
- No. de noches fotométricas menor en EABA que en CASLEO
- Filtros de banda angosta ([O II] 3729, [O III] 5007, [O I] 6300, [S II] 6717-6731, etc), complementando los ya existentes.

Proyectos Imagen Directa en la EABA

- *Búsqueda de regiones de baja excitación en nebulosas planetarias* (Walter Weidmann)
- *Población de Estrellas Variables y Astrometría en Cúmulos Globulares* (Iván Bustos Fierro)
- *Estudio de TTVs en estrellas con planetas transitantes del Hemisferio Sur* (Romina Petrucci)
- *Búsqueda de decaimiento orbital en exoplanetas transitantes de corto período* (Emiliano Jofré)
- *Monitoreo óptico de sistemas binarios emisores en rayos X* (Luis Tapia)
- *Búsqueda de planetas en sistemas binarios eclipsantes con una componente enana blanca* (Leila Saker).
- Variabilidad fotométricas de galaxias activas (Luis Vega).
- Fotometría óptica de estrellas Wolf-Rayet (Mauricio Ljungberg).
- **Photometric monitoring of gravitationally lensed quasars (D. Mast, M. Makler & W. Weidmann).**

Otros Proyectos

- *Curvas de luz de asteroides* (R. Artola)
- *Ocultaciones por Asteroides* (C. Quiñones)
- *Sistemas estelares de tipo temprano en LMC y de tipo tardío en la Vía Láctea* (M. Taormina)
- *Curvas de luz de exoplanetas* (R. Miculán, C. von Essen)
- ***Galaxias activas*** (L. Vega)
- *Fotometría de estrella en formación* (F. Lovos)
- *Perfil de luminosidad de galaxias elípticas* (C. Donzelli, G. Coldwell)
- etc...

Publicaciones con Datos del 1.54 m

- Arellano Ferro, A. et al.:2018AN....339..183A **"Metallicity and distance of NGC 6362 from its RR Lyrae and SX Phoenicis stars "**
- Peturcci, R. et al.:2018MNRAS.473.5126P **"A search for transit timing variations and orbital decay in WASP-46"**
- Díaz, M. et al.: 2017ApJ...848L..29D **"Observations of the First Electromagnetic Counterpart to a Gravitational-wave Source by the TOROS Collaboration"**
- Weidmann, et al.: 2016A&A...592A.103W **"Atlas of monochromatic images of planetary nebulae"**
- Muriel, H. et al.: 2015A&A...574A.101M **"The BL-Lac gamma-ray blazar PKS 0447-439 as a probable member of a group of galaxies at $z = 0.343$ "**
- Duffard, R. et al.: 2014A&A...568A..79D **"Photometric and spectroscopic evidence for a dense ring system around Centaur Chariklo"**
- Braga-Ribas, F. et al.: 2014Natur.508...72B **"A ring system detected around the Centaur (10199) Chariklo"**
- Petrucci, R. et al.: 2013ApJ...779L..23P **"No Transit Timing Variations in WASP-4"**

Espectrógrafos Comerciales “¿listos para su uso?”



Sólo para considerar

Empresa francesa

<https://www.shelyak.com/>

Muy compactos y ligeros (pesan entre 1.5 y 2.5 Kg)



Alpy
R ~ 600



LISA
R~1000



Lhires III
R~700-20,000



eShel
R~10,000

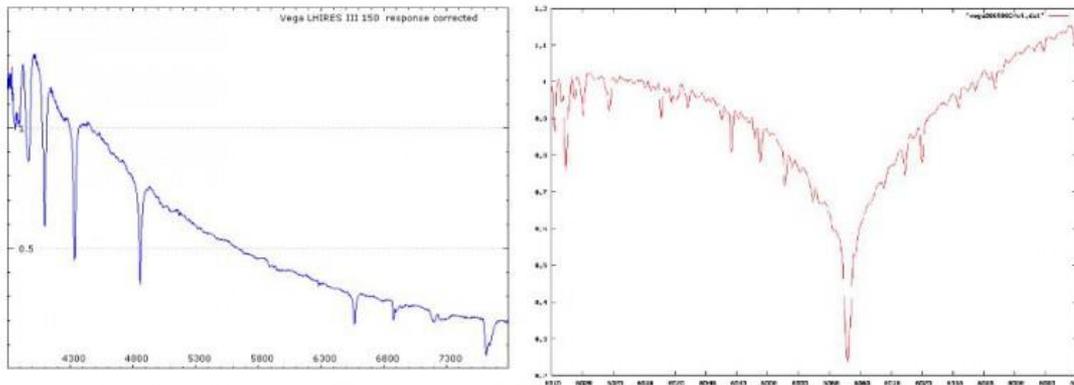
f/10

f/6

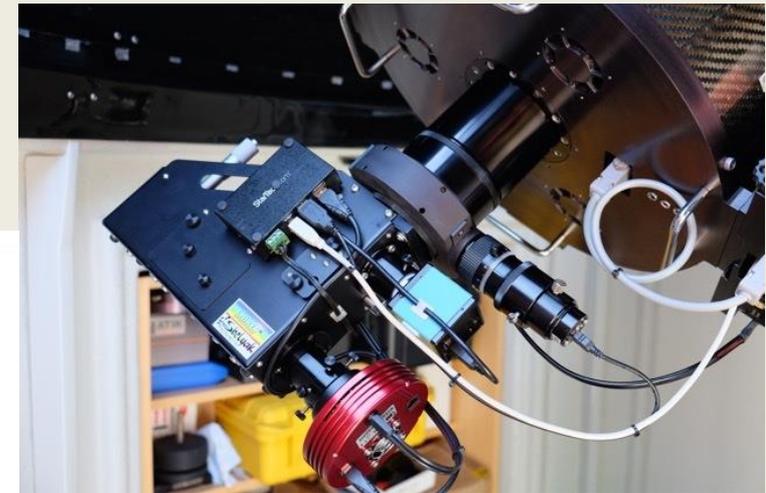
Espectrógrafos “¿listos para su uso?”:

Shelyak: Lhires III

- Lhires III (Littow High Resolution Spectrograph) optimizado para la red de 2400 l/mm pero también puede operar con redes de 150, 300, 600 y 1200 l/mm. Lámpara de calibración de Neón.
- Precio ~5,000 US\$ (incluye sólo una red y unidad de calibración de Neón). No incluye CCD.
- ~500 US\$ adicionales por cada red.



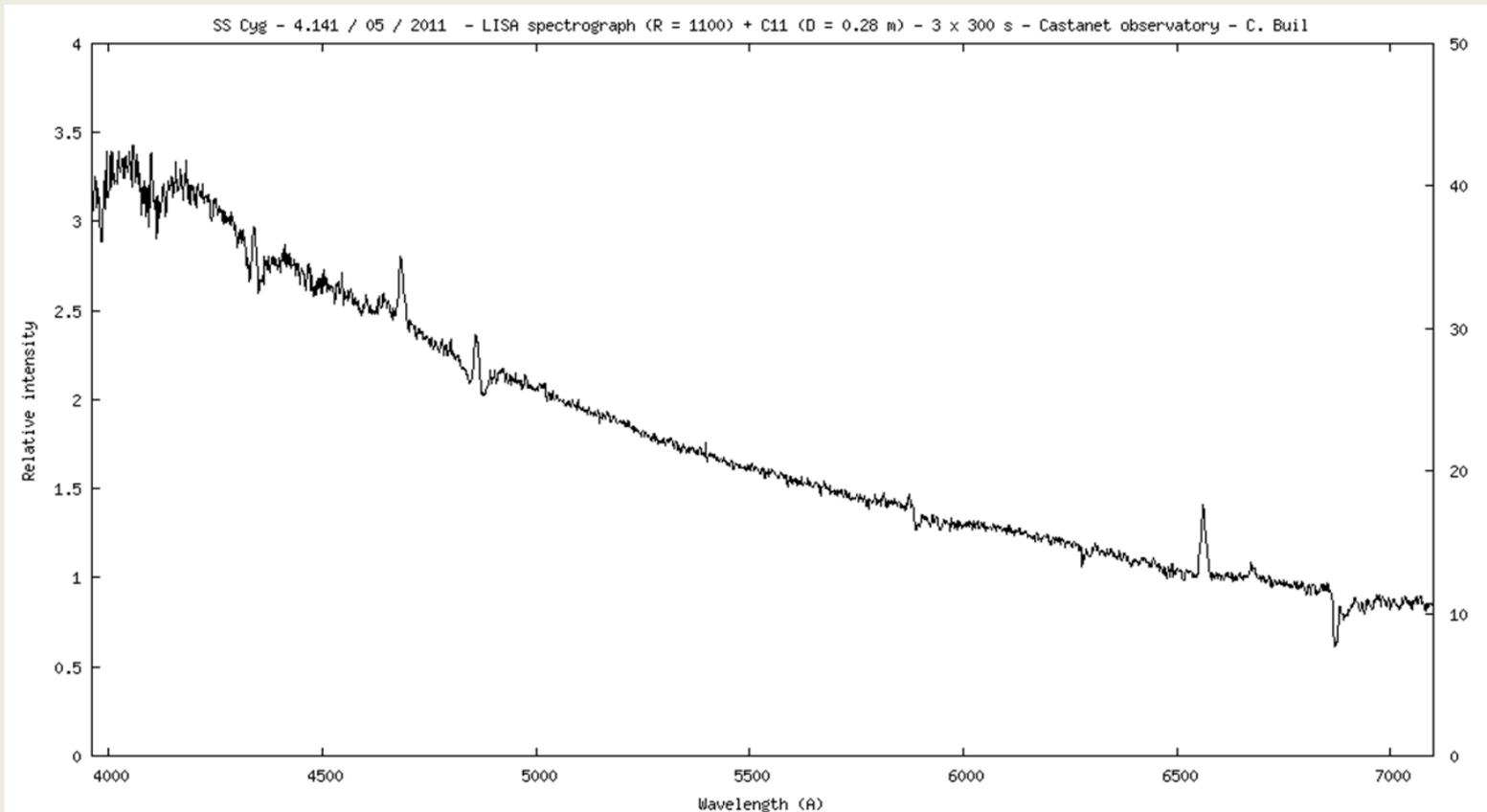
*Comparing spectra of Vega
Left: low resolution, 150 lpm grating
Right: high resolution 2400 lpm grating.*



Espectrógrafos “¿listos para su uso?”:

Shelyak: Lhires III

red de 600 l/mm

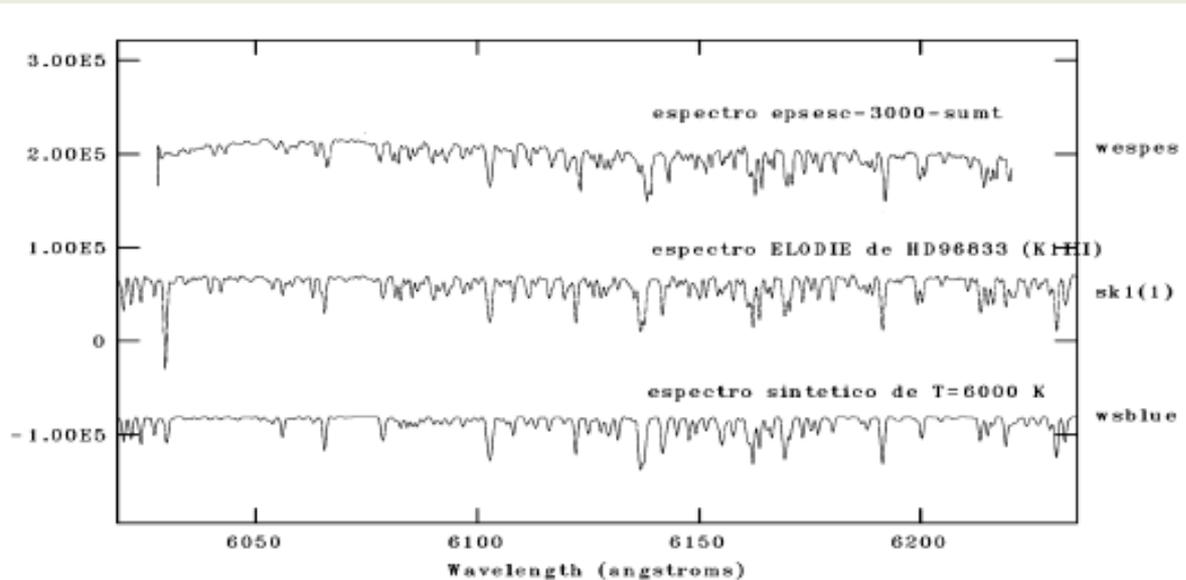


C. Buil

SS Cyg (V=7.8) nova like in outburst

Espectrógrafos “¿listos para su uso?”:

Shelyak: Lhires III



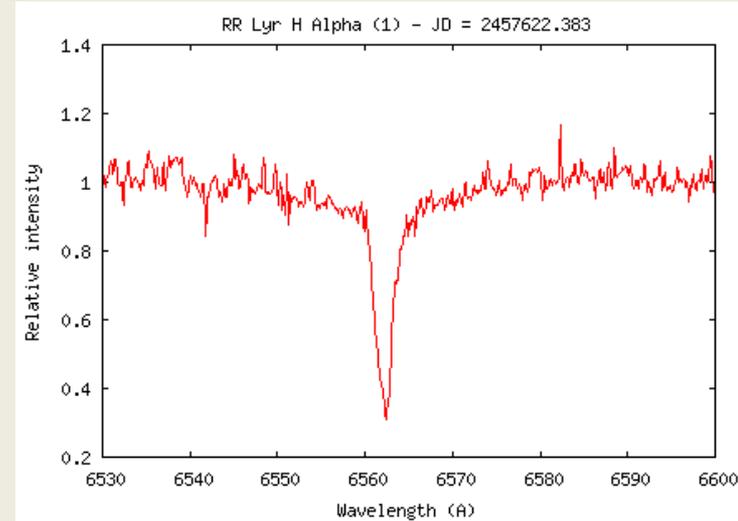
ϵ Sco (V=2.3)

Tel. Meade MAX20
50 cm, foco cass

Levato et al.

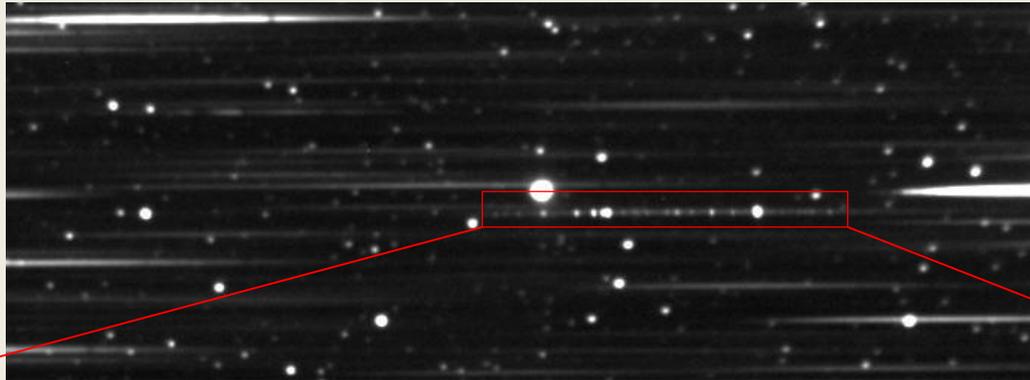
red de 2400 l/mm

<https://www.shelyak.com/produit/lhires-iii/?lang=en>

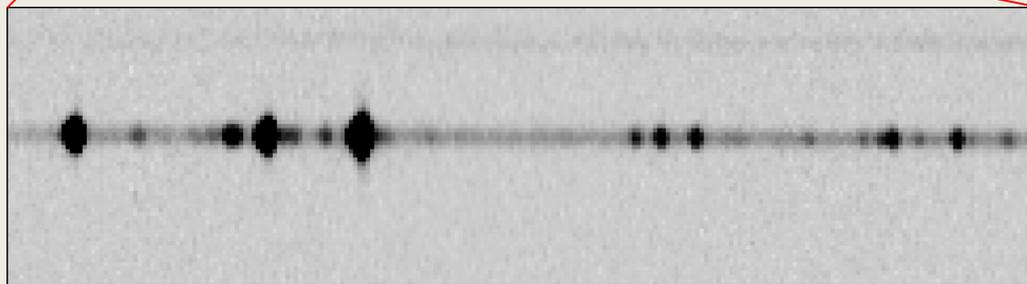
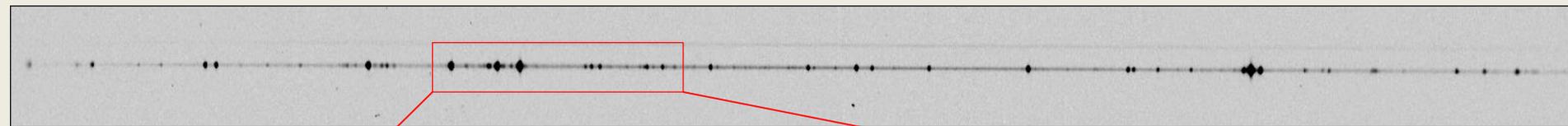
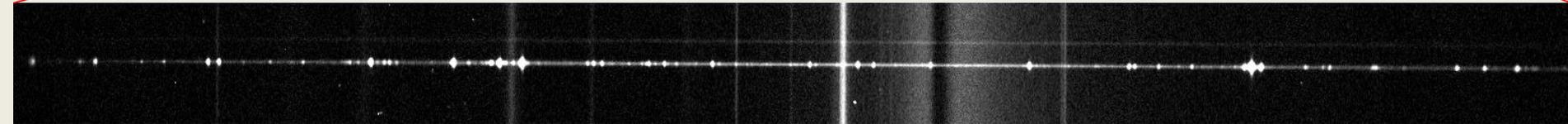


Espectrógrafos “¿listos para su uso?”:

Shelyak: Lhires III



Symbiotic star
V1016 Cyg



red de 600 l/mm

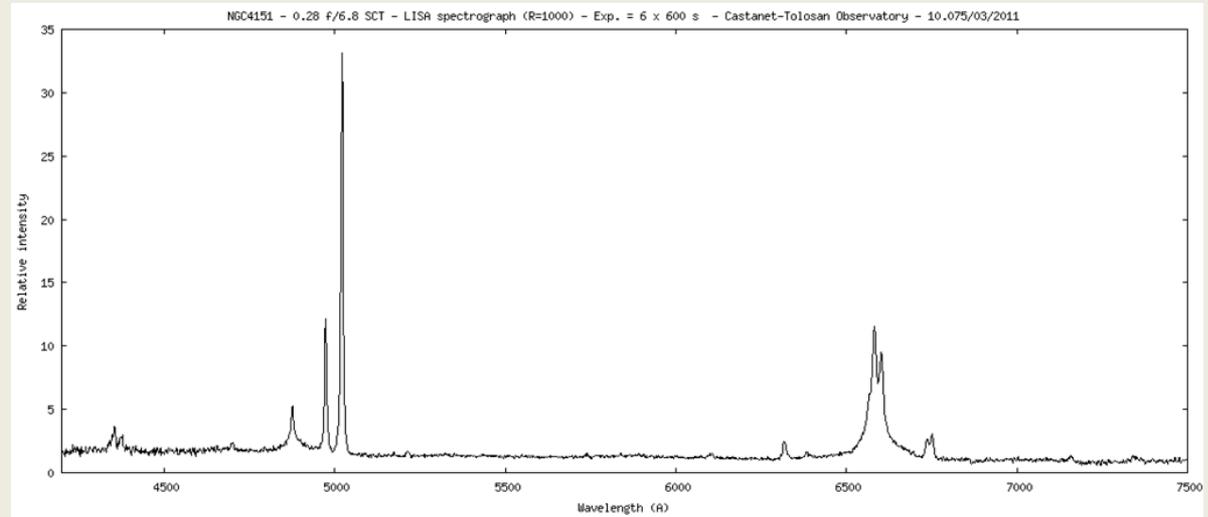
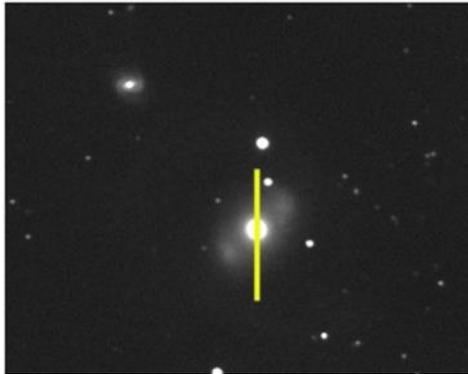
C. Buil

Espectrógrafos “¿listos para su uso?”:

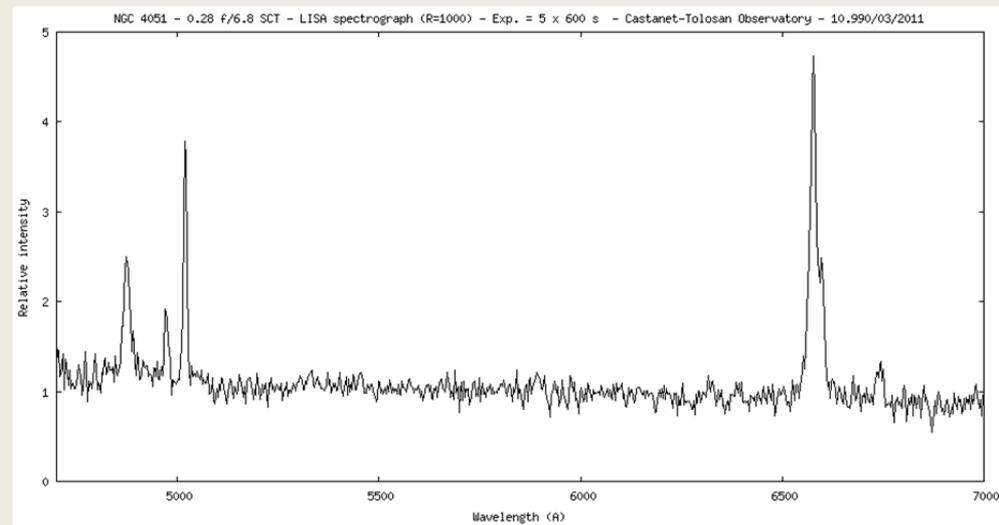
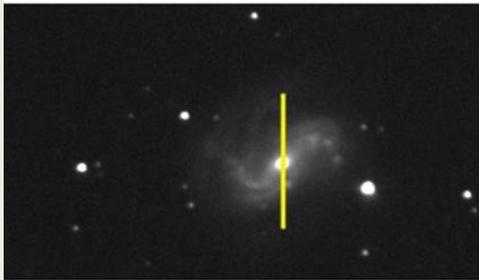
Shelyak: Lhires III

red de 600 l/mm

NGC 4151 (V=11.5)



NGC 4051 (V=13)



C. Buil

Espectrógrafos Comerciales: Limitaciones

- Alpy, LISA y Lhires III diseñados para telescopios de tipo Meade o Celestron de 20 a 40 cm de diámetro, es decir telescopios de $f/10$.
- Ranuras fijas con tamaños de entre 15 y 35 μm
- El foco Newtoniano de la EABA es $f/5$, para el seeing medio de la EABA, el tamaño de la imagen es de $\sim 80 \mu\text{m}$.
- Se pierde luz o se degrada la resolución espectral.
- Se sugiere el empleo de lentes de Barlow o reductores focales para adaptación a telescopios "no" $f/10$.

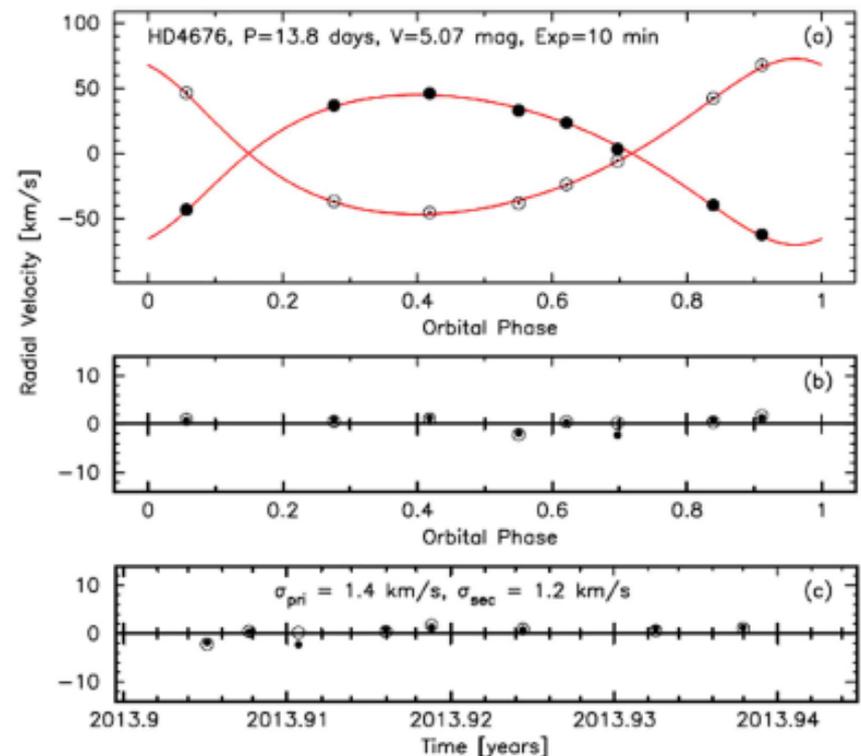
Espectrógrafos “¿listo para su uso?” de tipo echelle

- eShel (Shelyak, Francia) → para f/6
- BACHES (Baader Planetarium, Alemania) → para f/10
- SQUE (Suiza)
- ...

BACHES: Basic eCHElle Spectrograph

BACHES R ~ 19,000 entre 3900 y 7500 Å
en 29 órdenes

BACHES en el tel. Solaris (50 cm, f/15) de
CASLEO. HD 4676 binaria espectrocópica
de doble línea, Kozlowski et al. (2014).



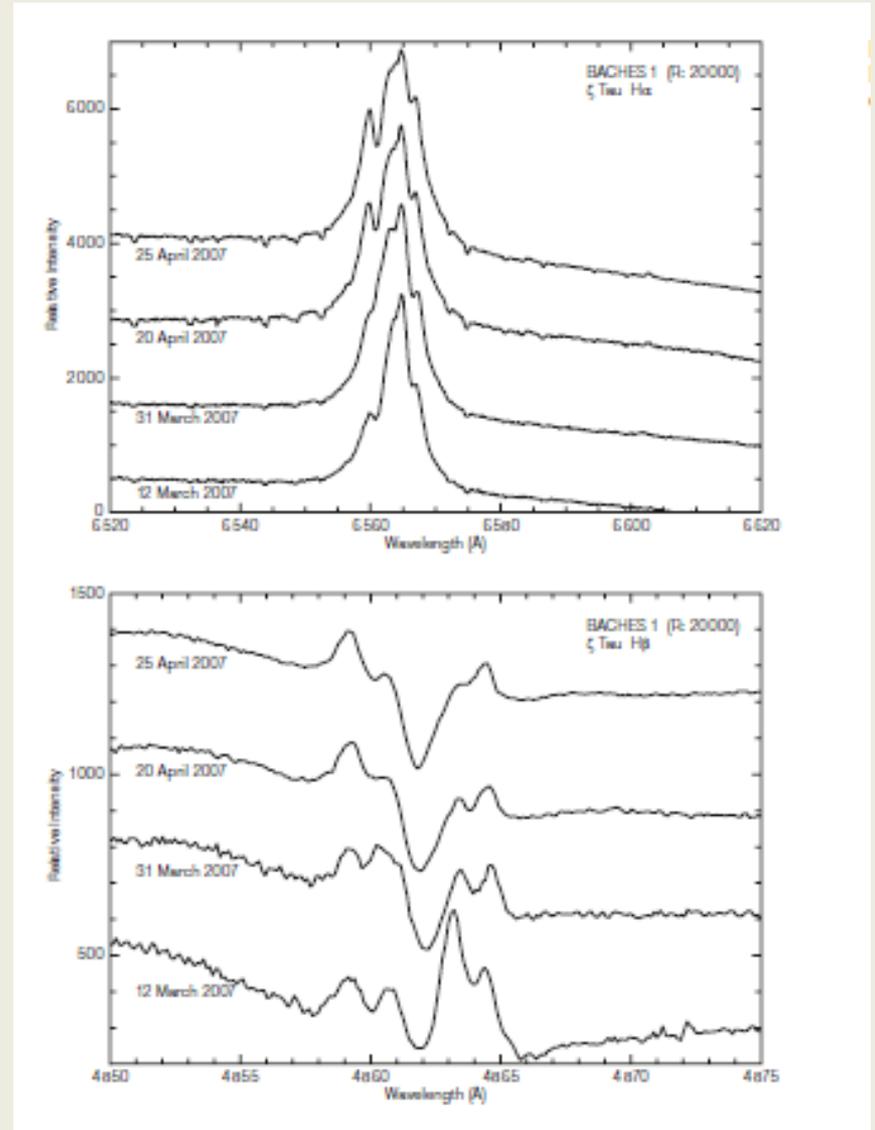
Espectrógrafos “listos para su uso”

BASCH en un Celestron de 35 cm



Zet Tau ($V=3.03$) estrella de tipo Be

<http://baader-planetarium.de>



Espectrógrafo de Resolución Alta

- **eShel** (diseñado para f/6) → tel. 1-m f/13.5 (Csák et al. 2014) y en un tel. de 60 cm (f/12.5; Pribulla et al. 2015) en ambos casos con reductor focal.
- **BACHES** (diseñado para f/10) → tel. Solaris de CASLEO (50 cm y f/15) sin reductor focal (Kozlowski et al. 2014).
- Tamaños de ranura entre 25 y 50 μm .
- Para la medición de velocidades radiales con eShel se obtiene una precisión de 0.25 Km/s y de 1.3 Km/s con BACHES. Sin embargo BACHES tiene mejor sensibilidad espectral (Eversberg 2016).
- **Costos:** eShel (~ 20,000 US\$)
BACHES (~ 15,000 US\$)

Espectrógrafo EABA

- Actualmente la EABA no ofrece facilidades espectroscópicas.
- Se haría un mejor uso de la fracción de tiempo despejado “no” fotométrico.
- Se aprovecharía mejor las noches con Luna.
- Se ampliaría el tipo de proyectos que se pueden desarrollar.
- ¿Espectrógrafos comerciales?
- Habría que considerar pros y contras de su diseño con relación al tel. de 1.54 m. Sin embargo son “tentadores” económicamente.

Proyectos Espectroscópicos en la EABA

- Espectroscopía de estrellas (individuales) de cúmulos estelares → TE, enrojecimiento, distancia, membresía, etc.
- Espectroscopía de nebulosas planetarias
- Monitoreo en VR de candidatos de TESS
- Monitoreo de binarias con enanas marrones
- Abundancias químicas estelares
- Monitoreo espectroscópico de núcleos activos de galaxias
- Observaciones de “follow-up” de supernovas, gamma-ray bursts, etc.

Costos “Estimativos”

Instrumental	Costo en US\$	Costo en Pesos
CCD	50,000—90,000	--
Espectrógrafo SHELYAK /BACHES	5,000 – 20,000	--
Filtros BVRI (nuevo set de filtros)	15,000	--
Filtros angostos	15,000	--
Accesorios (rueda de filtro, filtros neutros, etc.)	5,000	--

90,000 US\$ → 4.5×10^6 pesos

145,000 US\$ → 7.25×10^6 pesos

En síntesis ...

- En mi opinión “valdría la pena” contar con “otro telescopio” en el País.
- La infraestructura existe, los recursos humanos para la operación y mantenimiento también y el monto requerido no es sideral; aunque en pesos lo parezca.
- Mejorar la capacidad observacional del telescopio de 1.54 m.
- Adquiriendo un CCD de mejor calidad, de amplia sensibilidad espectral, aprovechando la buena calidad de imagen de Bosque Alegre.
- Incorporando alguna facilidad espectrocópica. Esto a su vez permitirá el mejor aprovechamiento del tiempo “despejado” (no fotométrico) en Bosque Alegre.
- Solicitudes de subsidios para equipamiento del tipo CONICET, Agencia-FONCyT, etc.

Muchas Gracias