

Informe al Comité Científico sobre calidad de la imagen con el telescopio “Jorge Sahade” de CASLEO

Sergio A. Cellone

Noviembre 2004

1. Introducción

El presente informe se basa en 2180 imágenes tomadas con CCD directo en el telescopio de 2.15-m “Jorge Sahade” para el programa de microvariabilidad en AGNs, llevado a cabo por G. Romero, S. Cellone y J. Combi entre 1997 y 2003. Por tratarse de observaciones que no se tomaron con el propósito de estudiar la calidad de la imagen, las condiciones para obtener conclusiones al respecto no son las óptimas; sin embargo, el volumen de datos aquí presentado es suficiente para obtener un panorama representativo, a partir del cual se podrían realizar estudios más específicos (incluyendo los correspondientes tests estadísticos, que no se hicieron para el presente informe).

Por lo tanto, en lo que sigue no se hablará de *seeing* sino del tamaño de una imagen estelar, teniendo en cuenta que el mismo involucra factores atmosféricos y del telescopio y su entorno, así como problemas de seguimiento, foco, aberraciones, etc. Es decir, por su propia naturaleza, estos datos son representativos del rendimiento del telescopio en condiciones reales de observación.

2. Metodología

Todas las observaciones se obtuvieron con la cámara CCD *Tektronix* 1024 + reductor focal + filtro *V*.

El tamaño de una imagen estelar queda cuantificado por el FWHM, definido como el ancho total a mitad del máximo del ajuste gaussiano a su distribución bidimensional de flujo.

Para estimar el FWHM se aprovechó la fotometría de abertura existente. Se puede ver que la diferencia entre las magnitudes instrumentales medidas con diafragmas de radios diferentes es un buen estimador del FWHM. Esto

se comprobó con imágenes estelares artificiales (gaussianas) de FWHM conocido, sobre las que se midieron $\Delta m_{2,4} = m_2 - m_4$, $\Delta m_{4,6} = m_4 - m_6$, y $\Delta m_{2,6} = m_2 - m_6$, donde m_2 , m_4 y m_6 son las magnitudes medidas con diafragmas de 2 pix (1''6), 4 pix (3''3) y 6 pix (4''9) de radio, respectivamente.

En la Fig. 1 se muestran $\Delta m_{2,4}$, $\Delta m_{4,6}$ y $\Delta m_{2,6}$ en función del FWHM para las imágenes artificiales. Se ve que $\Delta m_{2,6}$ (cuadrados) provee la mayor sensibilidad al FWHM. Se muestran con cruces algunas mediciones sobre imágenes reales; se nota que la estimación es razonablemente buena, y, al menos, adecuada para los fines de este informe.

Se seleccionó entonces una estrella de cada imagen, estimándose el FWHM a partir de las medidas de $\Delta m_{2,6}$ mediante un ajuste polinómico a la curva superior de la Fig. 1. Se eligieron siempre estrellas aisladas, bien expuestas pero no saturadas, y cerca del centro del campo. (De hecho, en todos los casos se trata de estrellas usadas para fotometría diferencial en el programa de monitoreo de AGNs.)

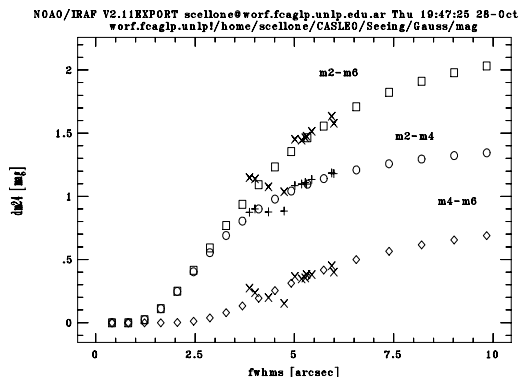


Figura 1: Diferencia entre magnitudes con distintas aberturas en función del FWHM para imágenes artificiales (símbolos abiertos) e imágenes reales (cruces).

3. Resultados

La Fig. 2 es el histograma de las 2180 mediciones, con intervalos de $0''.5$. La distribución tiene una media de $3''.7$, una moda de $3''.3$ y una desviación estándar de $0''.84$. El valor mínimo medido de FWHM es de $2''.1$. Notar que el método usado para estimación del FWHM deja de ser sensible recién para $\text{FWHM} \gtrsim 1''.5$ (ver Fig. 1).

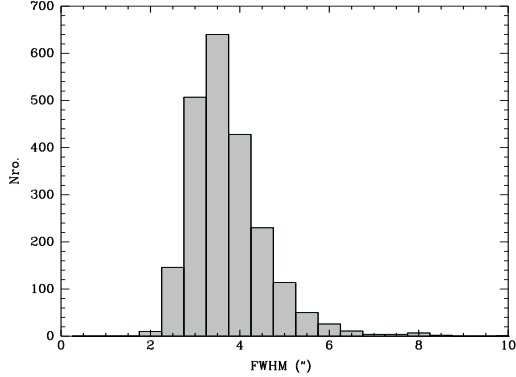


Figura 2: Histograma de las 2180 mediciones.

3.1. Dependencia con la masa de aire

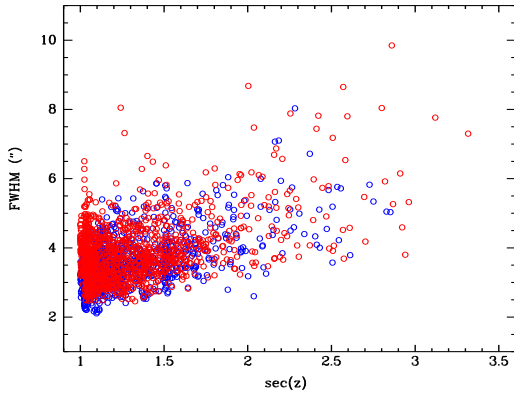


Figura 3: Variación del FWHM con la masa de aire. Círculos azules: datos para $\text{TU} < 05:00$ hs; rojos: $\text{TU} > 05:00$ hs.

La Fig. 3 muestra la variación del FWHM con la masa de aire. Si bien se nota que el FWHM tiende a crecer con la $\text{sec}(z)$, los resultados anteriores no cambian apreciablemente limitando los datos a $\text{sec}(z) < 2$ (se obtiene $\langle \text{FWHM} \rangle = 3''.6$, moda = $3''.4$).

En esta figura, como en otras posteriores, se dividieron los datos en 2 grupos: aquellos tomados en la primera mitad de la noche ($\text{TU} < 05:00$ hs), que se muestran en azul, y los de la segunda mitad de la noche ($\text{TU} > 05:00$ hs), en rojo.

3.2. Dependencia con el ángulo horario y la declinación

La Fig. 4 es un “mapa” del FWHM promedio en función del ángulo horario (h) como coordenada horizontal y la declinación (δ) como coordenada vertical. El borde izquierdo corresponde a $h = -4.5^{\text{h}}$ (E) y el derecho a $h = 4.5^{\text{h}}$ (W); el borde inferior, a $\delta = -80^\circ$ y el superior a $\delta = +20^\circ$.

Puede verse que los valores de FWHM más grandes se producen para ángulos horarios extremos y declinación norte. Se nota una asimetría este-oeste, aunque podría deberse a una dependencia con TU, que se discute a continuación.

En el panel superior de la Fig. 5 se muestra el FWHM en función de h , con símbolos azules para datos de la primera mitad de la noche ($\text{TU} < 05:00$ hs), y símbolos rojos para datos de la segunda mitad de la noche ($\text{TU} > 05:00$ hs). El FWHM, en promedio (ver panel inferior), crece para $|h| \gtrsim 2^{\text{h}}$.

Según la naturaleza del programa de observación de AGNs, los datos para $h > 0^{\text{h}}$ tienden a corresponder a la segunda mitad de la noche, y los de $h < 0^{\text{h}}$ a la primera mitad. En el panel inferior de la Fig. 5 queda claro que, a igual h , el FWHM es mayor durante la segunda mitad de la noche. Sin embargo, la tendencia con h siempre está presente, independientemente del instante de observación.

Esto último queda ilustrado con el comportamiento de las imágenes para un campo con declinación sur ($\delta \simeq -51^\circ$) observado a lo largo de unas 8 horas (Fig. 6). Este es un ejemplo típico de cómo, para una misma noche y un mismo campo, el FWHM es significativamente mayor para $|h| > 2^{\text{h}}$, tanto al este como al oeste, y aun cuando la masa de aire no es muy grande (notar que, para este campo, en la fecha de observación $h = \pm 2^{\text{h}}$ corresponde a $\text{sec}(z) \simeq 1.15$).

Los histogramas de valores del FWHM separados según ángulo horario se muestran en la Fig. 7. Los parámetros de los mismos se dan en el Cuadro 1.

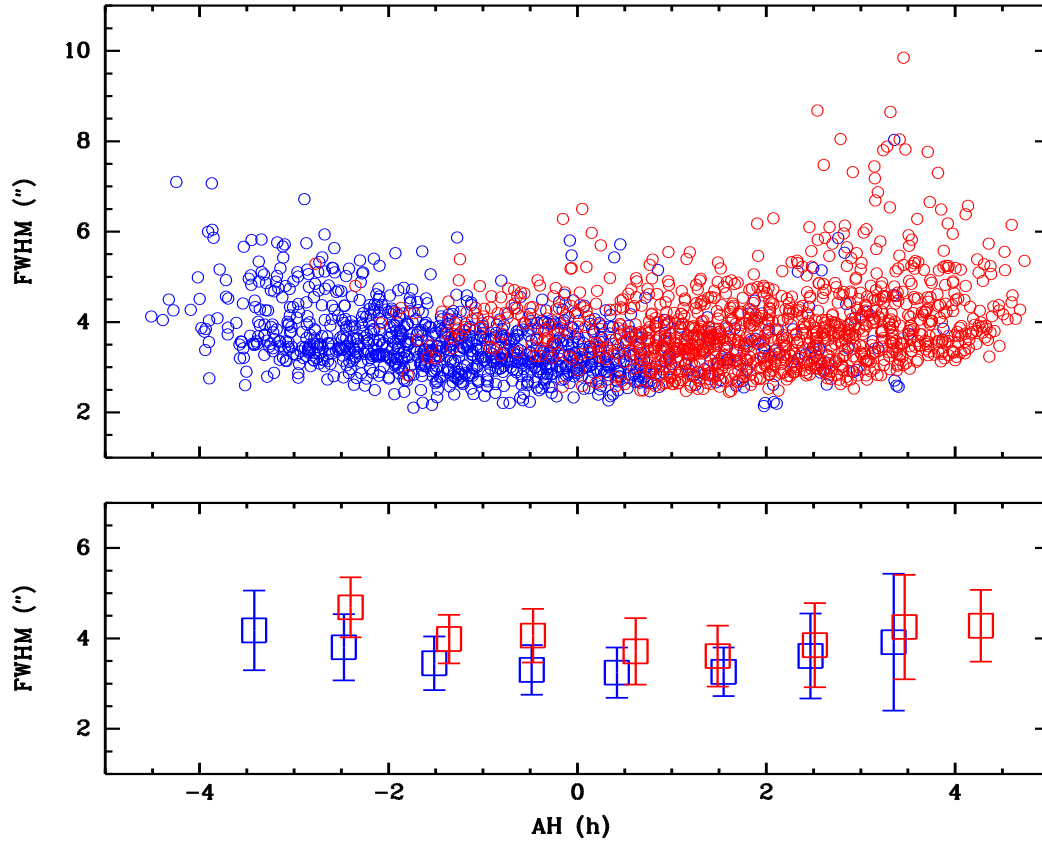


Figura 5: FWHM en función del ángulo horario h ; símbolos azules: TU < 05:00 hs, símbolos rojos: TU > 05:00 hs. Panel superior: valores individuales. Panel inferior: promedios cada 1 hora de h .

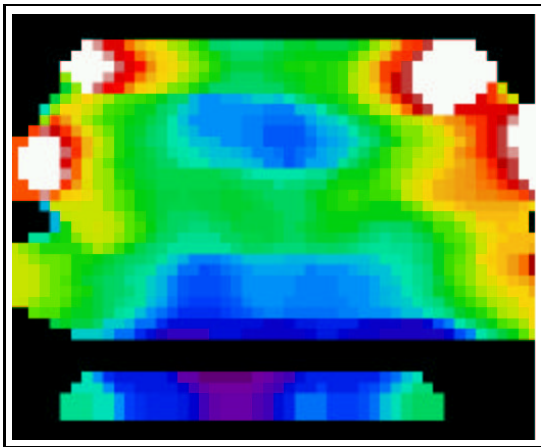


Figura 4: Mapa del FWHM promedio en función del ángulo horario (horizontal) y de la declinación (vertical). Este a la izquierda, norte arriba. Blanco: $\text{FWHM} \geq 5''$; amarillo - rojo: $5'' > \text{FWHM} \geq 4''$; verde: $4'' > \text{FWHM} \geq 3''.5$; azul: $3''.5 > \text{FWHM} \geq 3''$; violeta: $\text{FWHM} < 3''$; negro: sin datos.

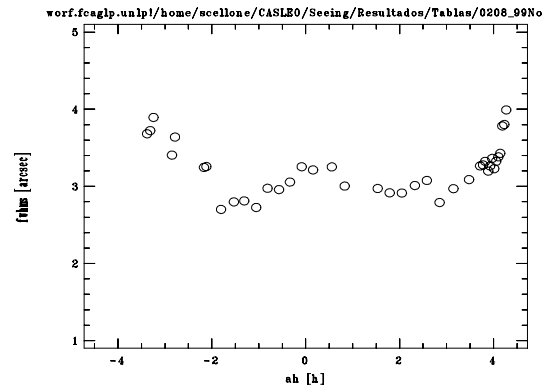


Figura 6: Evolución del FWHM con el ángulo horario, para el campo de PKS 0208–512.

3.3. Dependencia con el tiempo de integración

Las observaciones se hicieron con tiempos de integración que van desde unos pocos segundos hasta unos 800 segundos (~ 13 min). La depen-

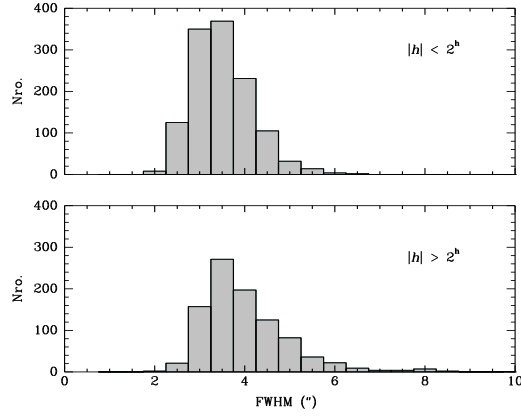


Figura 7: Histograma para observaciones con $|h| < 2^h$ (panel superior) y con $|h| > 2^h$ (panel inferior).

Cuadro 1: Parámetros de las distribuciones de FWHM, según rango de ángulo horario.

rango h	FWHM ["]		
	media	moda	rms
todos	3.7	3.3	0.87
$ h < 2^h$	3.5	3.2	0.65
$h < -2^h$ (E)	3.9	3.3	0.81
$h > 2^h$ (W)	4.0	3.4	1.04
$ h > 2^h$	4.0	3.4	0.97

dencia del FWHM con el tiempo de integración puede verse en la Fig. 8.

Si bien hay pocos datos con $t_{\text{exp}} < 60$ seg (lo que seguramente afecta la estadística), los valores de FWHM parecen menores para t_{exp} debajo del minuto. Para $t_{\text{exp}} > 60$ seg no se ve ninguna tendencia clara con el tiempo de integración.

4. Conclusiones

Como se dijo previamente, quedan por hacer los tests estadísticos que avalen las conclusiones del presente informe. No obstante, a continuación se destacan algunos puntos que pueden servir de base para motivar un estudio más profundo:

- El FWHM de las imágenes estelares toma valores con una media de $3''.7$, y una fracción significativa de valores por encima de los $4''$.
- El FWHM tiende a crecer en forma abrupta para ángulos horarios superiores a 2 horas,

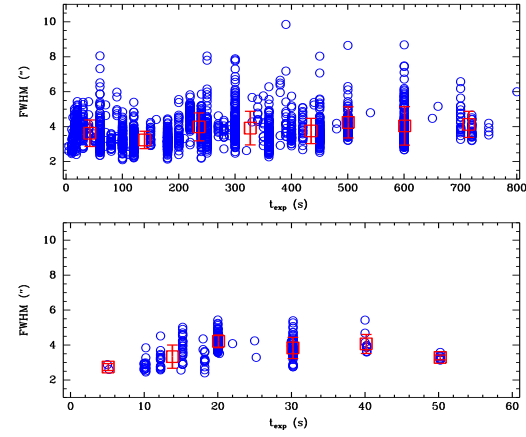


Figura 8: FWHM en función del tiempo de integración (t_{exp}); círculos azules: datos individuales, cuadrados rojos: promedios en rangos de t_{exp} . Panel superior: rango completo; panel inferior: $t_{\text{exp}} < 60$ seg.

tanto al este como al oeste. Esto vale aun cuando la masa de aire involucrada no sea grande ($\sec(z) \simeq 1.2$).

- Los valores de FWHM tienden a ser mayores durante la segunda mitad de la noche (TU > 05:00 hs), pero esto no alcanza para explicar toda la variación con h .