

**INFORME SOBRE EL
OBSERVATORIO DE SIERRA NEVADA (OSN)**

Enero 2008

Jesús Maíz, Eloy Rodríguez y Justo Sánchez

Motivación

La motivación fundamental de este informe sobre el OSN (Observatorio de Sierra Nevada) viene sustentada por el deseo real de conocer qué tipo de observatorio tenemos en la actualidad, intentar valorarlo y tratar de indicar algunas sugerencias para la mejora de su gestión y rendimiento. Para ello contemplamos la realización de este informe en dos fases: 1) recopilación de información sobre el estado actual del OSN y 2) valoración y sugerencias de mejora teniendo en cuenta los informes sobre rendimiento científico y coste económico, así como la comparación con otros observatorios similares.

En vista de lo anterior nos hemos planteado contestar las siguientes cuestiones:

- 1) ¿Cuál es el estatus técnico/instrumental actual del OSN referido a los dos telescopios T90 y T150, y a la instrumentación acoplada a ellos? ¿cuál ha sido la evolución histórica que ha llevado a dicho estatus actual?
- 2) El OSN como lugar de observación: climatología, noches útiles, noches fotométricas, seeing atmosférico, extinción atmosférica, contaminación lumínica, observación en el infrarrojo, etc.
- 3) Gestión de las observaciones: petición de tiempos de observación, CAT, diferentes modos de observación, problemas técnicos, etc.
- 4) Rendimiento científico: producción científica, calidad y comparación con observatorios similares.
- 5) Coste económico: comparación con observatorios similares.
- 6) Conclusiones y sugerencias de mejora.

Índice:

1	Introducción al OSN
1.1	Telescopios del IAA, instrumentos y dirección actuales
1.1.1	Telescopios
1.1.2	Instrumentos
1.1.3	Dirección
1.2	Evolución histórica de la instrumentación
1.2.1	Telescopio T90
1.2.2	Telescopio T150
1.2.2.1	Historia de las cámaras CCD en el telescopio 1,5 m
1.2.2.2	Historia de ALBIREO
2	El OSN como lugar de observación
2.1	Localización
2.2	Climatología: estadística sobre noches útiles y fotométricas
2.3	Seeing atmosférico
2.4	Extinción atmosférica
2.4.1	Extinción en invierno
2.4.2	Extinción en verano
2.4.3	Comparación con otros observatorios
2.4.4	Evolución temporal de la extinción en el OSN
2.4.5	Extinción este/oeste en el OSN
2.5	Contaminación lumínica
2.6	El infrarrojo cercano
2.7	El infrarrojo medio/lejano
3	Gestión de las observaciones
3.1	Petición de tiempos de observación
3.2	CAT
3.3	Modos de observación
3.4	Estadística sobre los diferentes modos de observación
3.5	Fallos técnicos
4	Rendimiento científico
4.1	Producción científica
4.2	Comparación con otros telescopios individuales
4.3	Comparación con otros observatorios similares
5	Coste económico
5.1	Coste económico del OSN
5.2	Comparación con observatorios similares
6	Conclusiones

1. Introducción al OSN

El OSN nace como una colaboración en 1977 del SERC inglés y el CSIC. Una breve historia del OSN aparece en:

<http://www.osn.iaa.es/osn/libro.html>

1.1 Telescopios del IAA, instrumentos y dirección actuales

1.1.1 Telescopios

Durante los años 1989-1991 el IAA y la Nanjing Astronomical Instrument Factory, dependiente de la “Academia Sinica” de China, tuvieron una colaboración para desarrollar en conjunto dos telescopios de 1,5 m y 0,9 m, los dos de foco Nasmyth doble, para trabajar en el OSN (proyecto NAIF). En concreto, Nanjing fabricó la mecánica, óptica, hizo el montaje en el OSN e hizo un primer ajuste óptico. El IAA se encargó de la electrónica, motorización, actuadores, cúpula y software de control, y posteriormente de la instrumentación, así como de la puesta a punto óptica y la operación de los telescopios. En 2006 se instaló un telescopio de 0,6 m infrarrojo, tipo robótico al cual se le ha adaptado en 2007 su cámara IR. Además en el OSN se han instalado un medidor de airglow o SATI y un medidor de seeing DIMM. Véase:

<http://www.osn.iaa.es/osn1t5.html>

<http://www.osn.iaa.es/osn0t9.html>

<http://www.osn.iaa.es/T60/indexT60.html>

1.1.2 Instrumentos

El foco ESTE del telescopio 0,9 m (T90) equipa el fotómetro Strömgren:

<http://www.osn.iaa.es/stromgren/fotometro.html>

El foco OESTE del T90 está actualmente vacío. Pero se prevé una cámara CCD de gran campo, compatible con el T150, aunque con otra escala.

El foco ESTE del telescopio 1,5 m (T150) equipa una CCD VERSARRAY de 2k-2k:

<http://www.osn.iaa.es/ccdroper.html>

El foco OESTE del T150 equipa el espectrógrafo ALBIREO:

<http://www.osn.iaa.es/Albireo/albireo.html>

1.1.3 Dirección

La estructura actual del OSN se basa en un director y un coordinador técnico de observatorio que entienden de las operaciones, desarrollos, CAT, etc. relacionados con el mismo.

Desde 2004, Luís Pedro Costillo (coordinador) se encarga de implementar los desarrollos para el OSN, mantenimiento de telescopios e instrumentos, etc. y redacta los boletines mensuales de actuaciones en el OSN. Contacto: luisc@iaa.es

Desde 2005, Jorge Iglesias (director) define y supervisa el OSN en temas como observaciones en los telescopios, estado de la instrumentación, manuales, instrumentos futuros, CAT, etc. Además redacta los informes anuales, que se pueden ver en:

<http://www.osn.iaa.es/memoria2006.html>

1.2 Evolución histórica de la instrumentación

1.2.1 Telescopio T90

Este telescopio ha sido mantenido y soportado por la UDIT, véanse boletines de actuación, contacto: luisc@iaa.es. Cuando estuvieron operativos los telescopios se les fue acoplando la instrumentación existente, en concreto al T90 se le adaptó casi inmediatamente el fotómetro Strömgren en el foco ESTE, que antes funcionaba en el telescopio T75 en virtud de una colaboración con el RGO, si bien se remodeló en el IAA para automatizarlo, dotándolo de varias cámaras de TV tipo CCD. Desde entonces es plenamente operativo, incluso en modo REMOTO. Su mantenimiento y mejora corre a cargo del grupo de FÍSICA ESTELAR, que desde el principio ha ido mejorando el proceso de observación automática secuencial para estrellas variables, integrando para ello: fotómetro, cámaras de TV, cúpula, telescopio y programas de prerreducción en un solo controlador.

<http://www.osn.iaa.es/stromgren/fotometro.html>

El foco OESTE del T90 ha sido utilizado por instrumentos visitantes, y por “OPTEON” que es el sensor de frente de onda del IAA, para ajustar las imágenes de los telescopios.

1.2.2 Telescopio T150

El telescopio ha sido mantenido y soportado por la UDIT, véanse boletines de actuación. Contacto: luisc@iaa.es Los instrumentos que se fueron acoplando después de estar operativo son fundamentalmente una cámara CCD en el foco Nasmyth ESTE y un espectrógrafo de fibras “Albireo” en el foco Nasmyth OESTE.

1.2.2.1 Historia de las cámaras CCD en el telescopio T150

---1990 Junio, el IAA compra un CCD a Wright Instrument para usar como detector en el espectrógrafo ALFOSC en Calar Alto, gracias al acuerdo IAA-OAN, controlada por un MicroVax, posteriormente se instalaría como cámara alternativa en el T150.

---1991 Octubre, el IAA compra dos cámara más a Wright, una para el foco ESTE del T150, equipada con rueda de filtros y otra de formato rectangular para Albireo, sin rueda de filtros. Estas cámaras tenían un interfaz nuevo para control desde PC.

La 1ª CCD Wright del foco ESTE (T150) comienza a trabajar inmediatamente después de la primera luz del telescopio y sirve durante bastante tiempo como sensor de imagen para controlar y ajustar la óptica del telescopio, por el equipo de óptica del IAA (E. Garcia Lobo y Conchi Cárdenas).

Se le equipa con una bonette (que contiene la cámara de guiado) y que se opera con un control manual a distancia.

---1999 Llega otra cámara Apogee refrigerada peltier, que equipa una rueda de filtros de difícil acceso e intercambio, se plantea entonces utilizar la rueda de filtros de la cámara Wright que tiene un fácil intercambio de filtros.

---Durante 1999 – 2003 se observa alternativamente entra la Wright y la cámara Apogee, que se usa para imágenes de poca integración en el proyecto de J. L. Ortiz.

---2000 Verano, Se coloca una nueva rueda de filtros, que es compatible con todas las cámaras. También se empieza la construcción de una bonette para el foco ESTE controlada desde PC, con un programa de control integrado en el control de las cámaras.

---2001 Se presenta la guía de observación remota del OSN para la CCD.

---2001 Febrero, se coloca y calibra la nueva bonette controlada por PC.

---2002 Enero-Marzo, se mandaron dos cámaras (una con electrónica vieja de lectura en VAX de 14 bits) a Wright Instrument para colocar el mejor chip en la nueva electrónica actualizada PC de 16 bits, ya que VAX dejaría de funcionar poco después. También se empieza a estudiar sobre una nueva CCD para el OSN, refrigerada a LN2, “back illuminated” y con bajo ruido.

---2003 Abril, se instala una nueva cámara Roper-Versarray cumpliendo requisitos antes descritos, es equipada con la rueda de filtros anterior, y drivers nuevos para manejar desde el programa Maxim.

---2004 Enero, se instituye la figura del responsable técnico del OSN, que coordina los trabajos, desde entonces existen unos boletines de actuaciones en el OSN que son muy clarificadores, referentes a las actuaciones en el OSN, incluyendo mejoras de las cámaras CCD.

---2005 Verano, se cambia de director del OSN, que se encarga de clarificar y ordenar la información que de los instrumentos se tenía, dinamiza el comité de asignación de tiempos (CAT), y propone mejoras y futuros instrumentos para el OSN.

Los enlaces con las características de la cámara y de los filtros actuales son:

<http://www.osn.iaa.es/ccdroper.html>

<http://www.osn.iaa.es/optica/filtros.html>

1.2.2.2 Historia de ALBIREO

La ejecución del instrumento desde su concepción es detallada a continuación, con algunas fechas importantes que permiten entender el timing del instrumento.

HITO: 1988 Colaboración IAA-CSIC con el OBPM-CNRS para desarrollar el espectrógrafo

---1989 Estudio y diseño en Meudon del espectrógrafo. Pedido en firme a la empresa CERCO de la óptica, y comienzo de producción. Se empiezan los planos de Albireo en Meudon.

---1990 Octubre, CERCO entrega la óptica de Albireo, que se testea en Meudon

---1991 Empieza la construcción de Albireo en Meudon, comienzo de la instalación de los telescopios chinos en OSN.

---1992 Sigue la construcción Albireo en Francia

---1993 Abril, entrega de Albireo en Granada que incluye mecánica y óptica, y el robot Charly para el agujereado de máscaras. Se realizan los primeros ajustes ópticos en el IAA

---1994 Mayo, ejecución de la electrónica de motores, actuadores y cableado interno de Albireo.

---1994 Mayo, comienzo software bajo nivel, software de alto nivel y software de lectura del chip, integrado en un paquete.

---1995 Verano, subida de Albireo al OSN que tiene como detector una CCD de Wright Instruments, chip EEV p86231 de 770*1152 píxeles “front illuminated”, 22 micras/píxel

---1995 Noviembre, fuga de vacío en la cámara EEV que obliga a rehacer la pieza de cierre al criostato. Encargo al OBSPM de un rotador motorizado para Albireo

---1996 Enero, Compra de una cámara de adquisición y guiado L'hessa. Montaje en el Albireo y calibración.

HITO: 1996 Mayo, Primera luz Albireo en un modo de control muy rudimentario y lento de uso, pero con las funciones básicas ya incorporadas.

---1996 Noviembre, montaje del rotador en el telescopio, comienzo de fabricación del segundo Argus (que es el actual) de Albireo

A. Campañas técnico-observacionales

Entendemos las campañas en el OSN que fueron necesarias fundamentalmente por los equipos IAA (A. del Olmo, A. Ruiz Falcó y Justo Sánchez) y MEUDON (Christian Vanderriest, Georges Herpe, etc), para poner a punto el instrumento. Las misiones fueron generalmente de una semana.

---1996: 4 Misiones (acción integrada Picasso) para instalar y poner a punto: anchura rendija, filtros, rotación del CCD. En ellas se describen varios problemas, unos se arreglan y otros no tanto.

---1997 Misión Enero, se instala y opera con el robot taladrador Charly para el modo MEDUSA.

---1997 Misión Abril, observación del cometa Virtanen (no se ve) y del Hale-Bopp (15 espectros), mejora software, calibración de los ángulos de las redes, ejes de la cámara TV, problemas en la torre redes, etc.

---1997 Misión Mayo, imagen directa en Albireo y ajuste de las funciones bonette de Albireo, colimador, objetivo, foco CCD etc. Mejora del movimiento de los motores.

---1997 Misión Junio, ajuste ángulos redes y cálculo flexión con las redes.

---1997 Misión Agosto y Septiembre, montaje del ARGUS y primeras pruebas, mejora software, montaje MEDUSA con micro-espejo para buscar escalas, taladrado de varias placas para MEDUSA, flexiones de Albireo,

---1997 Misión Noviembre, montaje nueva electrónica de torre de redes con doble freno, y más estudio flexiones de Albireo, rotador, etc.

HITO: 1998, 19 de Enero, carta de Christian Vanderriest (P.I. del OBSPM) a R. Rodrigo (entonces Director del IAA), donde Christian considera que Albireo está funcionando en modos ARGUS y RENDIJA para datos científicos, aunque se puede hacer mas eficiente.

A partir de aquí seguía habiendo bastante componente técnica: puesta a punto, cambio de sistemas, cambio de software, cambio de CCD, etc. Pero considerabamos que ya la prioridad era científica.

B. Campañas científico-técnicas

---1998 Misión Febrero, observaciones de Ortiz para espectros del cielo de Granada

---1998 Misión Septiembre, observaciones ARGUS, problemas de centrado, flexiones, pruebas de Medusa en un campo de estrellas, ajustes del colimador y objetivo CCD en función del modo y de la temperatura dentro de Albireo.

---1998 Misión Octubre, observaciones y alineado de las redes en la torre de redes.

---1999 Misión Febrero, observaciones y cálculo de la relación foco colimador en función de la temperatura, sacada de muchas observaciones a distintas condiciones de temperatura.

---1999 Misión Junio, nuevo software de A. Ruiz Falcó en X Windows, algunas observaciones pero sobre todo prueba del software para puesta a punto. Primer problema de los "limits switch" de Albireo. Estos problemas se deben a que la partida de detectores MICOMs comprada era defectuosa y con el tiempo, años más tarde, se decidió ir cambiando todos los switches.

---2000 12 Septiembre, Informe de Pedro Amado sobre Albireo y primer manual de uso para Albireo

---2000 Misión Noviembre, observaciones en ARGUS y MEDUSA, caracterización de las flexiones. En MEDUSA se caracterizó la escala exacta del telescopio, y el descentrado del eje de Albireo respecto del telescopio. Detalle del procedimiento para taladrado de placas, con orientación, etc. problemas del eje delta para movimientos cortos.

---2001 Misión Enero, observaciones y muy mal tiempo.

---2001 Abril nota técnica de Pedro Amado sobre la rendija respecto a la curvatura de los espectros etc.

---2001 Misión Octubre, observaciones ARGUS y Medusa con dos mascarar del objeto Abbel 376, se observa poca luz en algunas estrellas, ¿movimientos propios, error de escala, rotación?

---2001 Octubre, se plantea hacer un nuevo obturador justo enfrente del objetivo CCD que debe ser estanco a la luz y más rápido, hay que diseñarlo y hacerlo en el IAA, porque no hay nada comercial que

se adapte. Se estudia un nuevo grupo de vacío para la cámara danesa que viene al Albireo, basado en una bomba turbo-molecular.

---2001 Diciembre, se plantea un control para que la cámara TV de guiado L'hessa pueda ser controlada por el ordenador en remoto. Se dan las medidas a Dinamarca del cierre del criostato, ventana y agarres para adaptar la cámara nueva a Albireo.

---2002 Febrero se caracteriza en Dinamarca el chip que va a venir en la cámara CCD nueva (<http://www.osn.iaa.es/Albireo/l2w7-01.pdf>).

---2002 Marzo se recibe la cámara danesa y se instala en Albireo, con el obturador nuevo instalado, se enfoca y caracteriza. El 9 de abril de 2002 se hizo la primera observación remota con Albireo, durante unas horas.

---2002 Campañas de varios astrofísicos del IAA con Albireo para observar y dar impresiones. Se incorpora J. M. Ibáñez como ingeniero de software, que integra los controles del telescopio y de los instrumentaos para una mayor operatividad del usuario.

---2002 Misión Septiembre, observaciones y desmontaje en el OSN de varios sistemas para ver por separado cuál produce las flexiones, parece que el Objetivo CCD es un candidato, al ir a desarmarlo, ocurre la rotura de una lente interior que se manda fabricar a Francia

---2003 Febrero, se quita la rendija de Albireo y en el laboratorio de óptica se mejora con dos resortes para apertura y cierre de las mandíbulas de forma paralela y sin holguras. Se calculan e instalan los polinomios de ajuste del ángulo de cada red en función del paso de su motor, con el fin de ajustar cada red por la LOC (longitud de onda central) del espectro requerido en la observación.

---2003 Marzo se recibe la lente, que se monta en una mesa articulada, y mediante un láser y una cámara CCD se detecta que hay una excesiva holgura en las lentes interiores, por lo que se procede a estudiar y ajustar la holgura con otros muelles, el juego anterior casi desaparece. Se monta la rendija, y el objetivo en Albireo y se comprueba que en la cámara de guiado L'hessa, el juego es 10 píxeles en la dirección espectral y 8 en la dirección espacial. Se fija el espejo de "retorno de la rendija", y el juego baja a 2 espectrales y 8 espaciales. Los datos se obtuvieron para AR y DEC fijos, girando el rotador en 180°. La holgura final de la imagen del cielo en la L'hessa es +-4" para cualquier posición.

Modelo de flexiones

Se hace un modelo teórico que reproduce las flexiones resultantes bastante bien, y que, aplicado a la CCD danesa reproduce el error residual que se observa que es $< 1,75$ píxeles en espacial y $< 3,50$ píxeles en espectral, para ± 6 horas meridiano, DEC=39°, y variando el rotador de 0 a 180°.

HITO: Consideramos el sistema Telescopio-Albireo estable

---2003 Misión Mayo, observaciones en ARGUS, caracterización del movimiento AR y DEC del telescopio en función del descentrado de la imagen sobre ARGUS. Calibración de la correspondencia ARGUS-RENDIJA, para implementarla en el software. Prueba de flexiones, que resultan ser bastante residuales, pero impredecibles, por lo que se necesita arcos de referencia espectral para mantener controlados los espectros.

---2004 Abril, se hacen pruebas de autoguiado con Albireo y con la CCD directa del foco ESTE y se obtiene un error sistemático en ambos, se calibra y se documenta por A. del Olmo y J. Miguel Ibáñez en un informe sobre el espectrógrafo Albireo. Este informe apunta un error en el seguimiento de periodo muy largo, y un salto en el movimiento fino de Delta.

---2004 Misión Abril, observaciones muy pocas en una de las mas malas semanas de observación.

---2004 Junio se quita Albireo para poner la cámara IR Magic durante el verano y hacer observaciones IR, aprovechando se limpia Albireo por dentro y se ajusta la mecánica.

---2004 Misión Octubre, se quita Magic y poner Albireo en el telescopio, observaciones con ARGUS, estudio e implementación del llamado "barco" de Albireo, que no es más que un sistema para poder

reajustar cada cierto tiempo el objeto a la entrada del ARGUS, debido a las flexiones grandes de la cámara de guiado L'hessa.

---2005 Marzo, calibramos con la rendija la curva luminosidad-anchura. Calibramos con el obturador la curva luminosidad-tiempo. Se reajusta la curva de foco en función del modo y temperatura, ya que ahora hay un termómetro en el interior de Albireo mas preciso. Se publica el Manual (ver. 1.0) de Albireo en la web <http://www.osn.iaa.es/Albireo/ManualAlbireo.pdf>.

---2005 Julio, Se detecta una mancha en el chip que aparece a veces, se concluye que es algo suelto dentro del criostato, se abre y se repara (era un tornillo).

---2005 Misión Octubre, observaciones y algoritmo para un mejor centrado del barco de ARGUS.

---2005 El proyecto Alhambra comienza a trabajar con Albireo y encuentran poco eficiente el tener que hacer arcos de calibración en cada zona del telescopio para corregir las flexiones. Se estudia un sistema de espectros de referencia lateral, algo similar a lo que hace PMAS en Calar Alto, y que nos permite iluminar en los laterales del espectro del objeto con dos fibras alimentadas con luz proveniente de lámparas de referencia espectrales (ERL). Esto permite tener el calibrado en lambda, y el espectro del objeto al mismo tiempo ya que su luz pasa por el mismo sistema óptico.

---2006 Misión Mayo, observaciones ARGUS

---2006 Misión Noviembre, observaciones ARGUS

---2007 Misión Marzo, observaciones ARGUS

---2007 Misión Octubre, observaciones Albireo, montaje del sistema de referencia lateral.

---2007 Octubre se baja la CCD y su electrónica, y la de ERL. Para reparar lo que parece una inhomogeneidad de la corriente de oscuridad. Se plantea un protocolo para descartar o confirmar algunas flexiones de Albireo y calibrar de paso el sistema ERL.

---2008 Enero el ERL empieza a funcionar.

2. El OSN como lugar de observación

2.1 Localización

El OSN está situado en el paraje de la Loma de Dílar, dentro de la estación de esquí de Sierra Nevada (Granada) y del Parque Nacional del mismo nombre. Sus coordenadas geográficas son:

Latitud	N 37°03'50"
Longitud	W 13 ^m 23,6 ^s
Altitud	2896 m

2.2 Climatología: estadística sobre noches útiles y fotométricas

Las estadísticas que presentamos en esta sección para el telescopio T150 están basadas en los informes de “fin de noche” elaborados por los operadores, los cuáles comenzaron a realizarse hacia mediados de 2004. Entendemos por noches útiles, aquellas que lo han sido para el T150 con sus instrumentos acoplados cámara CCD ó espectrógrafo Albireo, mientras que entendemos como noches fotométricas aquellas que han sido útiles para el T90 donde únicamente existe acoplado el fotómetro multicanal Strömgren. En el caso del T90, las estadísticas que presentamos están basadas en la relación de ficheros de cada noche conservados en el computador Mc controlador de este telescopio. Por ello sólo hemos considerado fiables, como relaciones completas de ficheros, las existentes para el último trienio 2005-2007. Las relaciones correspondientes a años anteriores parecen no estar completas y ha dependido en cada caso del observador correspondiente. Sería conveniente tener en cuenta este punto, para que en el futuro se mantenga de forma controlada la relación completa de los ficheros de cada noche de observación con este telescopio. Por ejemplo, el Operador, al mismo tiempo que realiza el informe “fin de noche” para el T150, podría hacer otro similar para el T90, independientemente de que haya observadores “In situ” en este telescopio o no.

En las tablas y figuras siguientes se presentan los resultados de nuestro estudio para el periodo 2004-2007 del T150 y periodo 2005-2007 del T90. Nótese que las estadísticas para el año 2007 no están completas (T150 hasta el 14/Octubre, mientras que T90 hasta el 11/Noviembre). Las figuras 2.2.5 y 2.2.6 muestran como el número de noches útiles es cada año del orden de un 8% mejor que el número de noches fotométricas. También muestran que el año 2006 fue significativamente peor, desde el punto de vista observacional, que 2005 y 2007. En cambio, el año 2004 parece que fue bastante bueno por la información de que disponemos, con un 79,7% de noches útiles con el T150. En resumen, para el periodo 2004-2007 hemos tenido una media del 68,5% de noches útiles con el T150, mientras que para el periodo 2005-2007 hemos tenido una media del 56,4% de noches fotométricas.

En la Tabla 2.2.3 comparamos, para los últimos años, las distribuciones anuales de noches útiles y noches fotométricas (aprovechables en al menos un 75% de cada noche) entre los observatorios de Calar Alto y OSN. Como se observa, el número de noches útiles por año es muy similar entre los dos observatorios, pero el número de noches fotométricas es apreciablemente mejor en el OSN. Respecto al número de noches útiles, los resultados obtenidos en la Tabla 2.2.3 están en perfecto acuerdo con los resultados obtenidos para los dos observatorios respecto al número de noches útiles (“aprovechables en algo”). Según la Figura 2.2.3, el porcentaje de noches útiles obtenido para el OSN durante el periodo 2004-2007 es de un 68,5%, que compara muy bien con ~70% obtenido para Calar Alto por el monitor CAVEX para el periodo (2003-2007) (Sánchez et al. 2007, PASP 189, 1186).

Año	Nº noch. muestra	Nº noch. no útiles	P(0-25%)	P(25-50%)	P(0-50%)	P(50-75%)	P(75-100%)	P(50-100%)	Completas
2004	127	27	12	14	26	13	15	28	46
2005	203	65	14	18	32	11	11	22	84
2006	289	120	13	25	38	23	22	45	86
2007(*)	265	83	11	12	23	35	24	59	100

Tabla 2.2.1. T150, Noches útiles. Distribución de noches útiles con el T150 durante el periodo 2004-2007. Noche “no útil” = no se observó nada; P = parcial, Completa = se aprovechó el 100%. (*): la distribución correspondiente al año 2007 comprende sólo hasta la noche del 14/Octubre.

Año	Nº noch. muestra	Nº noch. no útiles	P(0-25%)	P(25-50%)	P(0-50%)	P(50-75%)	P(75-100%)	P(50-100%)	Completas
2005	282	115	17	25	42	26	34	60	65
2006	268	128	13	14	27	22	26	48	65
2007(*)	250	104	8	14	22	26	35	61	63

Tabla 2.2.2. T90, Noches fotométricas. Distribución de noches fotométricas con el T90 durante el periodo 2005-2007. Noche “no útil” = no se observó nada; P = parcial, Completa = se aprovechó el 100%. (*): la distribución correspondiente al año 2007 comprende sólo hasta la noche del 11/Noviembre.

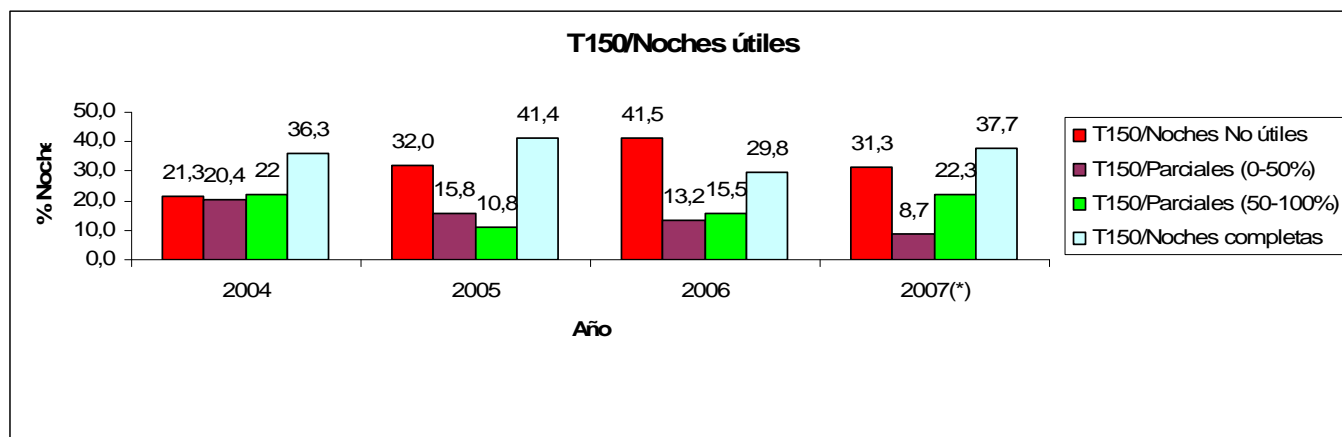


Figura 2.2.1. T150, Noches útiles. Distribución porcentual anual de noches útiles con el T150 durante el periodo 2004-2007.

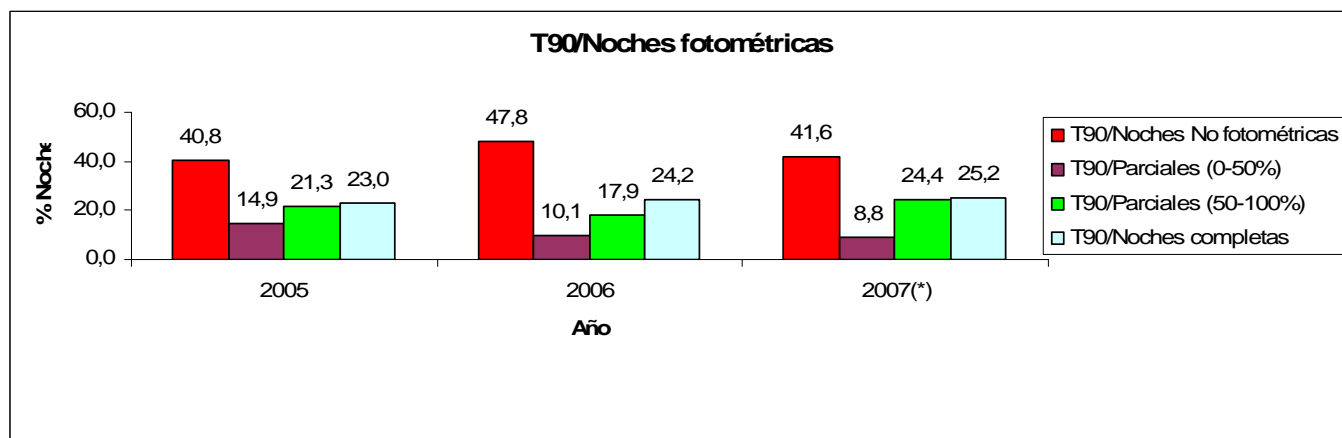


Figura 2.2.2. T90, Noches fotométricas. Distribución porcentual anual de noches fotométricas con el T90 durante el periodo 2005-2007.

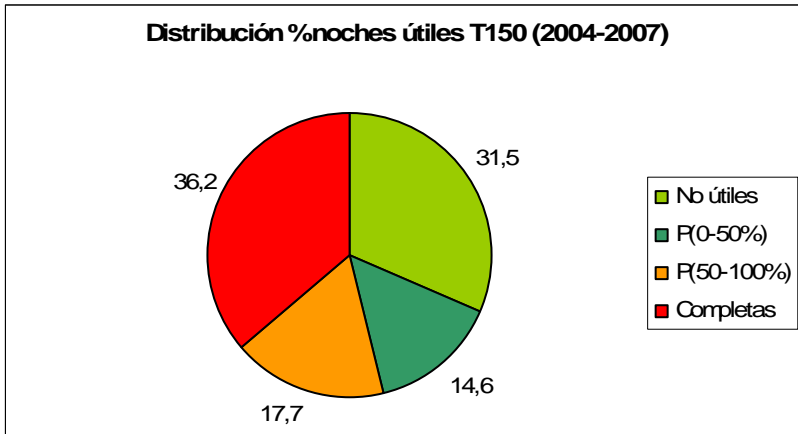


Figura 2.2.3. T150, Noches útiles. Distribución porcentual promedio de noches útiles con el T150 durante el periodo 2004-2007.

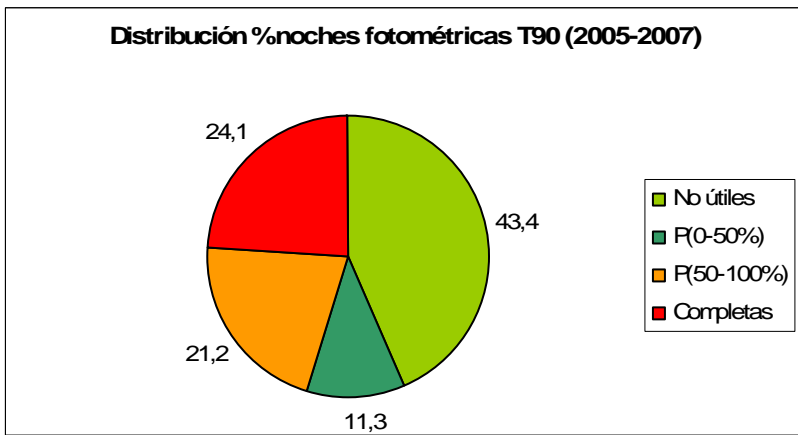


Figura 2.2.4. T90, Noches fotométricas. Distribución porcentual promedio de noches fotométricas con el T90 durante el periodo 2005-2007.

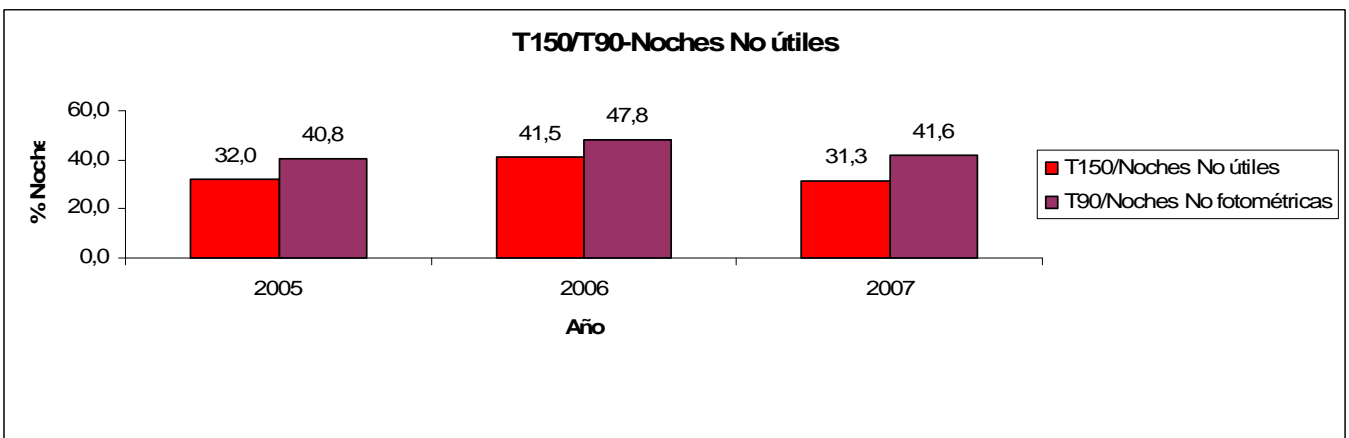


Figura 2.2.5. T150/T90, Noches no útiles/no fotométricas. Comparativa entre las distribuciones porcentuales anuales de noches no útiles con el T150 y no fotométricas con el T90 durante el periodo 2005-2007.

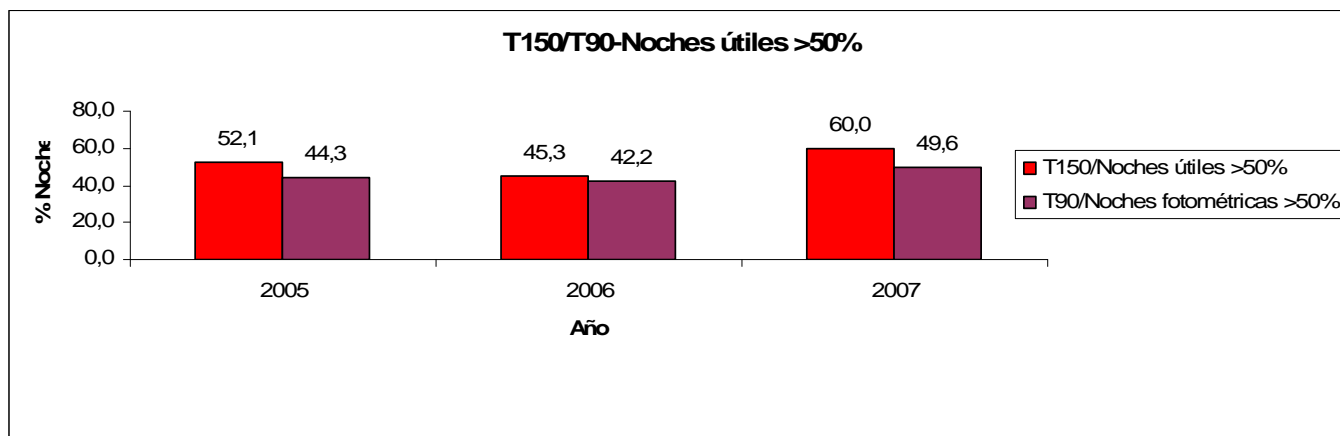


Figura 2.2.6. T150/T90, noches útiles/fotométricas. Comparativa entre las distribuciones porcentuales anuales de noches útiles con el T150 y fotométricas con el T90 durante el periodo 2005-2007.

Año	Calar Alto	OSN	Calar Alto	OSN
	noches útiles(>75%) (%)	noches útiles (>75%) (%)	noches fotométricas (>75%) (%)	noches fotométricas (>75%) (%)
2001	48,8	-	22,2	-
2002	51,0	-	24,9	-
2003	46,3	-	25,2	-
2004	45,5	48,1	20,5	-
2005	47,4	46,8	26,8	35,1
2006	-	37,3	-	33,9
2007	-	46,8	-	39,2

Tabla 2.2.3. Comparativa entre las distribuciones porcentuales anuales de noches útiles y noches fotométricas (aprovechables en al menos un 75% de cada noche) entre los observatorios de Calar Alto y OSN. Fuente para Calar Alto: sitio web del observatorio.

2.3 Seeing atmosférico

Desde 2003 viene operando en el Observatorio de Sierra Nevada un monitor de seeing del tipo DIMM (Differential Image Motion Monitor) ([Ortiz y Aceituno, 2003](#); [Anexo Seeing](#)) en base a un proyecto financiado por la Junta de Andalucía para el estudio del seeing atmosférico en Sierra Nevada. Se eligió este tipo de monitor para que los resultados fueran comparables con los obtenidos en otros observatorios como Calar Alto, el Roque de los Muchachos y los de ESO en Chile. Este monitor ha estado ubicado durante el periodo 2003-2006 en la cúpula del OSN denominada SLOT, que inicialmente había estado ocupada por el instrumento SLOT y posteriormente por el instrumento SATI. Actualmente, el monitor se encuentra ubicado en una de las casetas que ocupaban el tetrascopio del OSN.

Desde su emplazamiento en el OSN, el mantenimiento, control y toma de datos del monitor de seeing ha sido llevada a cabo exclusivamente por F.J.A. Aceituno, quién nos ha proporcionado las estadísticas que se exponen en esta sección para el periodo 2003-2006. Este estudio está basado en más de 500 000

medidas de seeing, cada una de las cuáles está basada a su vez en el promedio de 200 imágenes tomadas con tiempos de integración de 0,1 segundos.

Como se observa, la media de las medianas del seeing de los 4 años de muestra es de 0,86" y la media de las medias es de 0,96", mientras que el número de noches anuales con seeing mejor que 1,0" es el 75,1% (73,7%, 73,8%, 79,5% y 73,5%, respectivamente), que es un poco mejor que el valor de ~70% obtenido en Calar Alto durante el periodo Enero/05-Diciembre/06 (Sánchez et al. 2007, PASP 119, 1186) con un monitor DIMM similar.

En la Figura 2.3.9 se muestra la distribución mensual del seeing durante el periodo Junio/03 a Diciembre/05, en la que destaca, a grandes rasgos, la significativa disminución de los valores del seeing hacia los meses de verano (con centro en Agosto) y aumento hacia el invierno, como se debe esperar. La mediana del seeing durante los meses de verano (Junio-Septiembre) disminuye hasta un 0,75" y, en particular, durante los meses de Agosto hasta un 0,65". En la Tabla 2.3.2 comparamos los resultados de seeing obtenidos para el OSN con los obtenidos con otros observatorios. En particular, vemos que los resultados obtenidos en el OSN son, en todos los casos (verano, invierno, año completo), apreciablemente mejores que los de Calar Alto y comparables al resto de grandes observatorios.

Año	Noches posibles	Noches observadas	No. medidas	Máx.	Mín.	Mediana seeing L	Mediana seeing T	<Mediana>	Media seeing L	Media seeing T	<Media>
				(")	(")	(")	(")	(")	(")	(")	(")
2003	98	57	80081	4,52	0,23	0,83	0,78	0,80	0,95	0,90	0,92
2004	157	107	176200	4,77	0,25	0,89	0,87	0,88	0,98	0,97	0,97
2005	133	88	158388	6,69	0,21	0,84	0,84	0,84	0,95	0,95	0,95
2006	106	68	122863	7,06	0,26	0,91	0,92	0,91	1,01	1,02	1,01
Resumen	494	320	537532	7,06	0,21	0,87	0,85	0,86	0,97	0,96	0,96

Tabla 2.3.1. Seeing, OSN. Estadística del seeing en el OSN durante el periodo 2003-2006 (F.J.A. Aceituno, 2007, comunicación privada)

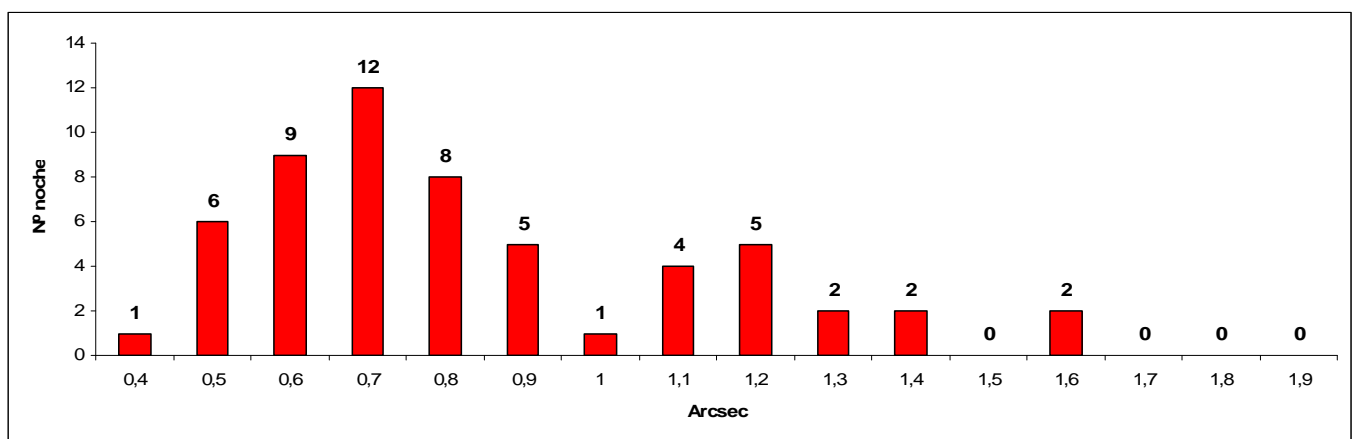


Figura 2.3.1. Distribución del seeing en el OSN durante el año 2003.

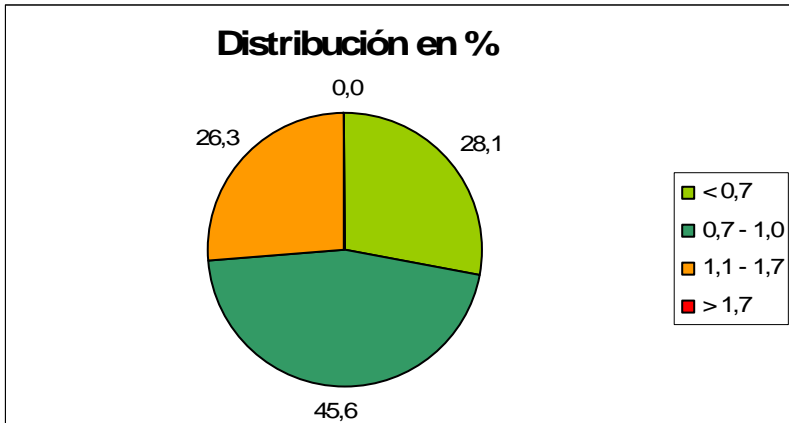


Figura 2.3.2. Distribución porcentual del seeing en el OSN durante el año 2003. Seeing < 1,0" = 73,7%

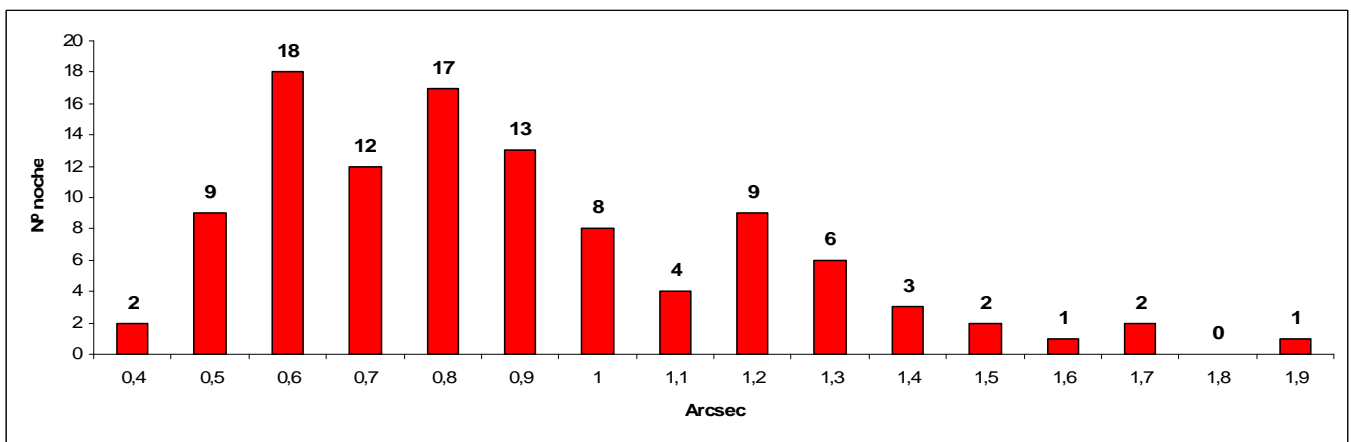


Figura 2.3.3. Distribución del seeing en el OSN durante el año 2004.

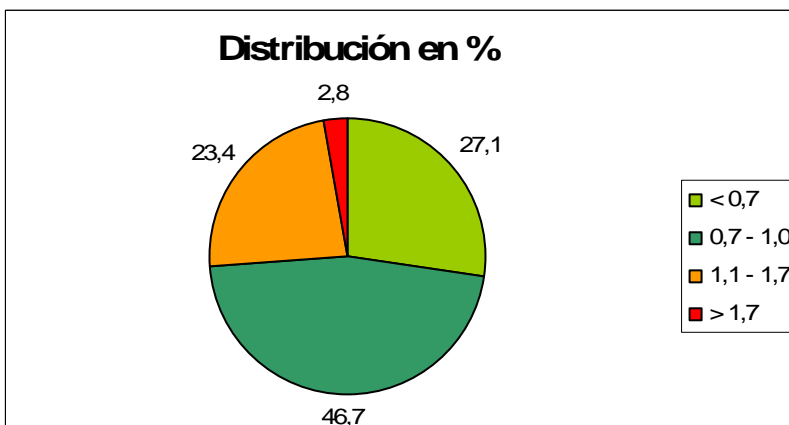


Figura 2.3.4. Distribución porcentual del seeing en el OSN durante el año 2004. Seeing < 1,0" = 73,8%

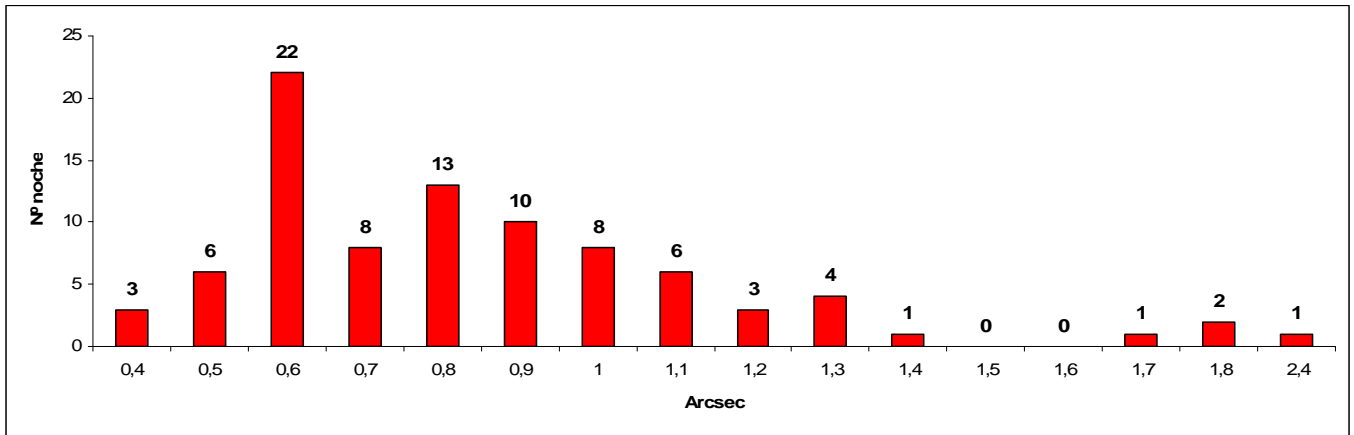


Figura 2.3.5. Distribución del seeing en el OSN durante el año 2005.

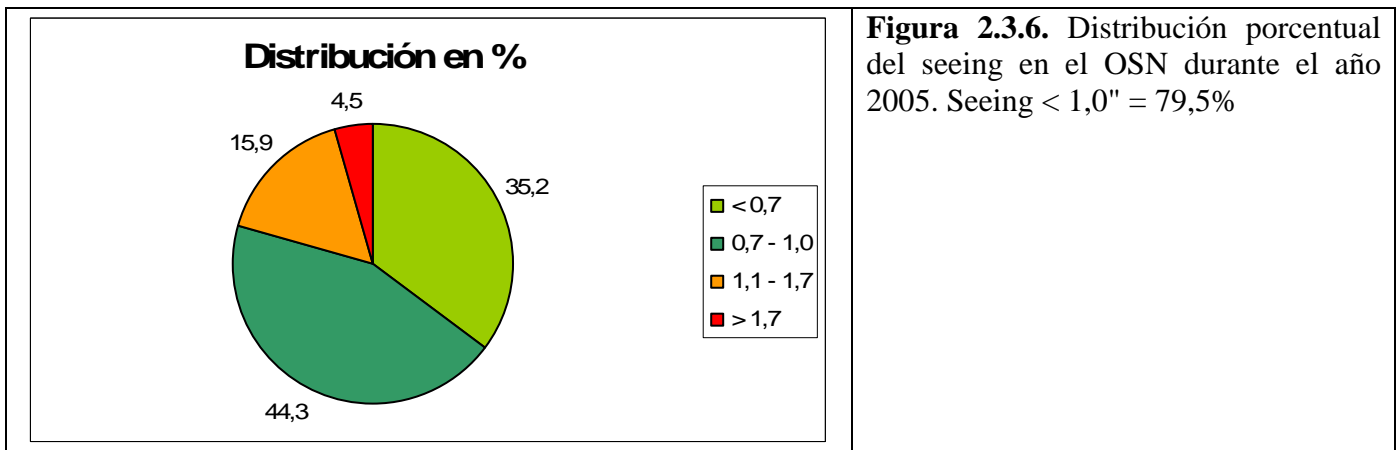


Figura 2.3.6. Distribución porcentual del seeing en el OSN durante el año 2005. Seeing < 1,0" = 79,5%

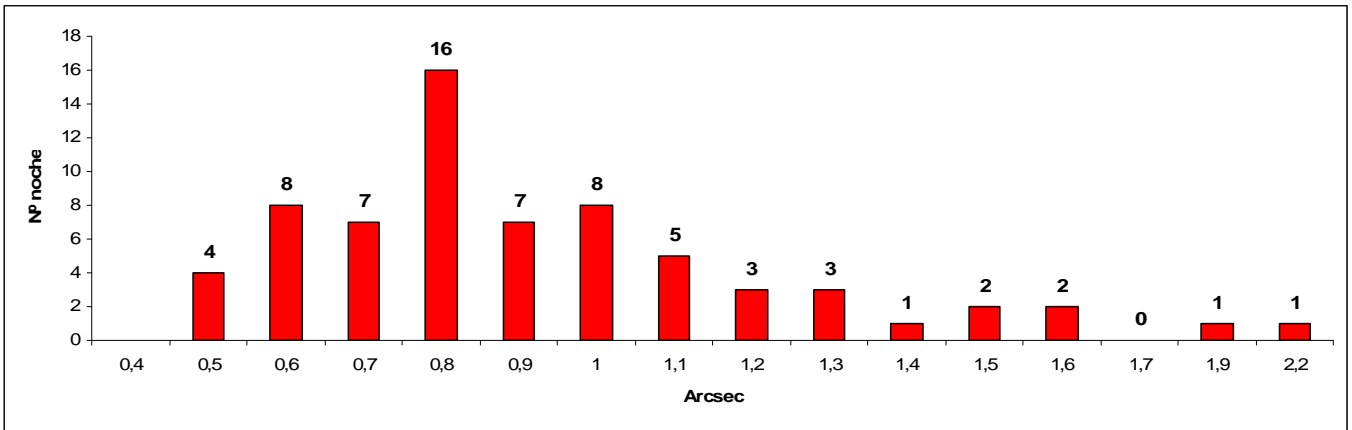


Figura 2.3.7. Distribución del seeing en el OSN durante el año 2006.

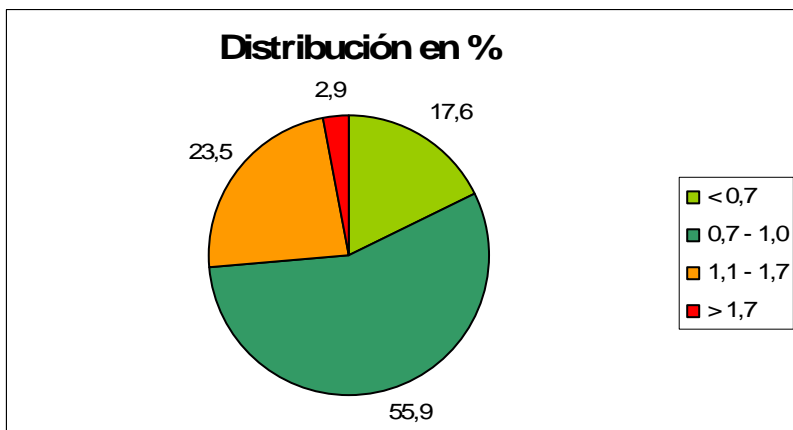


Figura 2.3.8. Distribución porcentual del seeing en el OSN durante el año 2006. Seeing < 1,0" = 73,5%

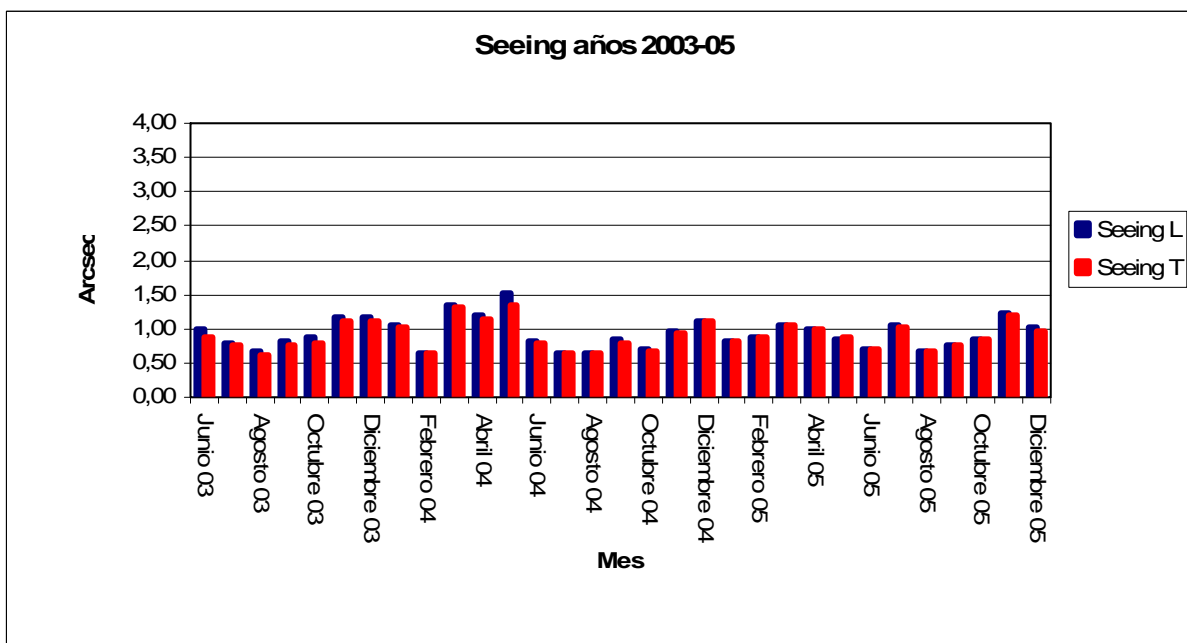


Figura 2.3.9. Distribución mensual del seeing en el OSN durante el periodo Jun/03-Dic/05.

Observatorio	Mediana seeing (")	Fuente
OSN (Jun 03 – Dic 06)	0,86	Este trabajo
OSN (agosto)	0,65	Este trabajo
OSN (verano)	0,75	Este trabajo
Calar Alto (Ene 05 – Dic 06)	0,90	1
Calar Alto (verano)	0,87	1
Calar Alto (invierno)	0,96	1
Mauna Kea (1987)	0,50	2
La Palma (1997)	0,76	3
La Silla (1999)	0,79	4
La Silla (2005)	~0,90	5
La Silla (2006)	~0,85	5
Paranal (2005)	~0,85	5
Paranal (2006)	~0,95	5
KPNO (1999)	~1,00	6
Lick (1990-1998)	~1,90	7

Tabla 2.3.2. Comparación del Seeing en el OSN con otros observatorios. Fuentes: 1) Sánchez et al. 2007 (PASP 119, 1186); 2) Hacine 1989 (PASP 101, 436); 3) Muñoz Tuñón et al. 1997 (A&AS 125, 183); 4) Sitio web de ESO (<http://www.lis.eso.org/lasilla/seeing>), 5) Sitio web de ESO (<http://www.lis.eso.org/gen-fac/pubs/astclim/paranal/seeing/singstory.html>), 6) Massey et al. 2000 (NOAO Newsl. 61); 7) Sitio web de Mt. Hamilton (http://mthamilton.ucolick.org/techdocs/MH_weather/obstats/seeing.html)

2.4 Extinción atmosférica

El estudio realizado aquí sobre la extinción atmosférica en el OSN está basado en curvas de extinción obtenidas durante más de 100 noches de observación durante los últimos años con el telescopio T90 y el fotómetro multicanal Strömgren acoplado a él. Por tanto, en todos los casos, nuestras curvas de extinción son válidas para las 4 bandas *uvby* del sistema fotométrico de Strömgren centradas en 3500, 4110, 4670 y 5470 Å, respectivamente. Los coeficientes de extinción obtenidos para estas 4 bandas han sido el objeto de nuestro estudio desde diferentes puntos de vista y, además, han sido comparados con los obtenidos en otros observatorios.

Para ello, hemos buscado en nuestros archivos curvas de extinción obtenidas en el OSN en diferentes épocas del año y para diferentes estrellas, dependiendo del tipo de estudio que pretendíamos realizar. En principio, las noches han sido elegidas aleatoriamente puesto que nuestros archivos son bastante incompletos y sólo podíamos elegir de entre la muestra de noches disponibles. Sólo nos ha preocupado que en las noches elegidas tuviéramos curvas de extinción significativas, es decir, que la noche fuera fotométrica (sin nubes) y que la estrella medida hubiera sido seguida suficientemente durante la noche (varias horas) para poder obtener curvas de extinción robustamente significativas.

En base a ello hemos pretendido, en primer lugar, realizar un estudio de la extinción del OSN en invierno y en verano. Para ello hemos considerado una muestra significativa de curvas de extinción de estas dos épocas durante los últimos años que nos ha permitido: a) obtener valores representativos de los coeficientes de extinción en el OSN para estas dos épocas del año, b) poder compararlos entre sí, c) comparar con los valores obtenidos en otros observatorios, y d) estudiar la evolución de la extinción en el OSN en el tiempo para estas dos épocas y cada uno de los cuatro canales *uvby*.

Además, aprovechando el hecho de tener medidas fotométricas de una misma estrella durante varios años (la variable 28 And y sus correspondientes estrellas de chequeo), hemos realizado un estudio de la posible evolución temporal de los coeficientes de extinción obtenidos para una misma estrella. Esta estrella, además, ha sido medida siempre en la misma época intermedia del año (otoño: entre finales de Septiembre y Noviembre).

Nota: cuando nos referimos al hecho de haber medido una determinada estrella (por ejemplo, la variable 28 And), en realidad lo que medimos es dicha variable junto con varias estrellas de chequeo supuestamente constantes y siguiendo un ciclo de medidas secuencial durante la noche. Y la extinción siempre es calculada con la estrella de chequeo principal.

Por último, aprovechando también el hecho de que la estrella 28 And es cuasicenital ($\Delta = +29^\circ$) y que a veces ha sido medida durante varias horas tanto al Este (Pico Veleta) como al Oeste (Granada) del cénit durante la misma noche, podemos hacer un estudio sobre las posibles diferencias entre la extinción al Este y al Oeste del OSN. Y de su posible evolución temporal con el paso de los años.

Nota: cuando hablamos de extinción en general y/o del coeficiente de extinción K_0 , nos estamos refiriendo a extinción lineal y magnitudes solo dependientes de la masa de aire (X) según la expresión: $m = m_0 + K_0 X$, con m y m_0 siendo las magnitudes dentro y fuera de la atmósfera, respectivamente. Pero en nuestro paquete de programas de reducción de datos fotométricos del T90 tenemos también incorporada la posibilidad de dependencia de la extinción del ángulo horario AH (en horas) que nos dé cuenta de las posibles diferencias entre las extinciones al Este y Oeste del OSN. Para ello, la expresión anterior toma la forma $m = m_0 + (K_0 + K_1 AH)X$, donde el coeficiente K_1 nos da cuenta de las diferencias entre las extinciones al Este y Oeste del OSN. Evidentemente, si para una noche $K_1 > 0$, significará que la extinción ha sido mayor hacia el Oeste (Granada) que hacia el Este (Pico Veleta).

2.4.1 Extinción en invierno

El estudio de la extinción en invierno en el OSN está basado en el análisis de las curvas de extinción sobre una muestra de 43 noches entre los años 2002 y 2007. En la Tabla 2.4.1.1 y Figura 2.4.1.1 se muestran los resultados, no encontrándose diferencias significativas de un año a otro para ninguno de los filtros.

Año	Noches	$K_0(u)$ (mag./masa de aire)	$K_0(v)$ (mag./masa de aire)	$K_0(b)$ (mag./masa de aire)	$K_0(y)$ (mag./masa de aire)
2002	9	0,478 18	0,262 22	0,168 15	0,139 20
2003	5	0,482 26	0,273 13	0,166 17	0,141 10
2004	5	0,491 21	0,243 21	0,159 8	0,126 15
2005	8	0,488 21	0,271 6	0,165 5	0,108 10
2006	8	0,488 30	0,278 14	0,167 4	0,115 14
2007	8	0,472 31	0,254 12	0,161 11	0,123 22
Media/$\sigma(n-1)$	43	0,483 7	0,263 13	0,164 4	0,125 13

Tabla 2.4.1.1 Extinción en invierno en el OSN. Coeficientes de extinción K_0 obtenidos para los filtros *uvby* de Strömgren sobre una muestra de 43 noches de invierno durante el periodo 2002-2007. Para cada año, el invierno es el correspondiente al final de año.

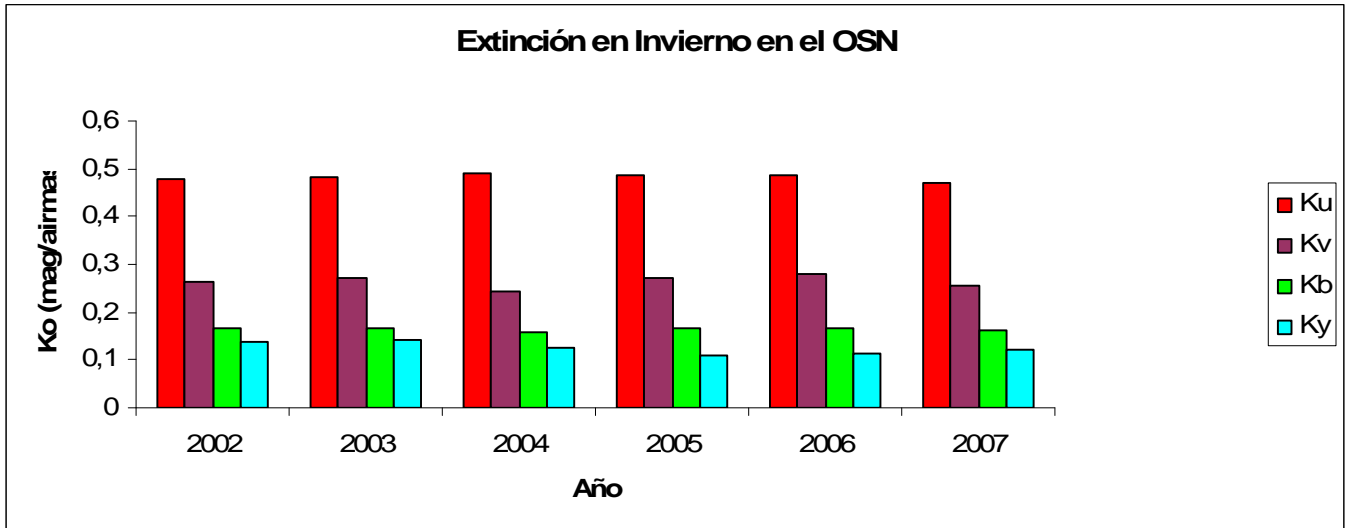


Figura 2.4.1.1 Evolución temporal de la extinción en invierno en el OSN durante el periodo 2002-2007.

2.4.2 Extinción en verano

En la Tabla 2.5.1.1 y Figura 2.5.1.1 se muestran los resultados obtenidos en nuestro análisis de la extinción de verano (meses de Junio a Septiembre) basado en las curvas de extinción de 27 noches entre los años 2003 y 2007. Los resultados muestran que los coeficientes medios de extinción son mayores en verano que en invierno para cada uno de los 4 filtros *uvby*, como era de esperar debido al aumento del polvo (aerosoles), en una cantidad que aumenta progresivamente desde el visible al ultravioleta ($0,020^m$, $0,031^m$, $0,042^m$ y $0,046^m$ en los filtros *u*, *v*, *b* e *y*, respectivamente (Figura 2.4.2.2)). Además parece que los coeficientes de extinción de verano son, en los tres últimos años, significativamente más altos que durante los dos veranos anteriores, para cualquiera de los filtros. También observamos que las extinciones en verano, además de ser mayores que en invierno, son bastante más inestables, lo que observamos en el hecho de que las dispersiones de los valores de los coeficientes medios (tanto en la medias del quinquenio, como en las medias anuales) son bastante mayores que los correspondientes al invierno.

Año	Noches	$K_0(u)$ (mag./masa de aire)	$K_0(v)$ (mag./masa de aire)	$K_0(b)$ (mag./masa de aire)	$K_0(y)$ (mag./masa de aire)
2003	9	0,496 10	0,276 12	0,173 9	0,130 12
2004	2	0,459 1	0,241 1	0,152 4	0,138 3
2005	6	0,568 56	0,340 54	0,204 40	0,155 41
2006	3	0,576 38	0,343 33	0,236 21	0,150 28
2007	7	0,546 59	0,325 41	0,208 40	0,151 31
Media/$\sigma(n-1)$	27	0,529 50	0,305 45	0,195 33	0,145 10

Tabla 2.4.2.1 Extinción en verano en el OSN. Coeficientes de extinción K_0 obtenidos para los filtros *uvby* de Strömgen sobre una muestra de 27 noches de verano durante el periodo 2003-2007.

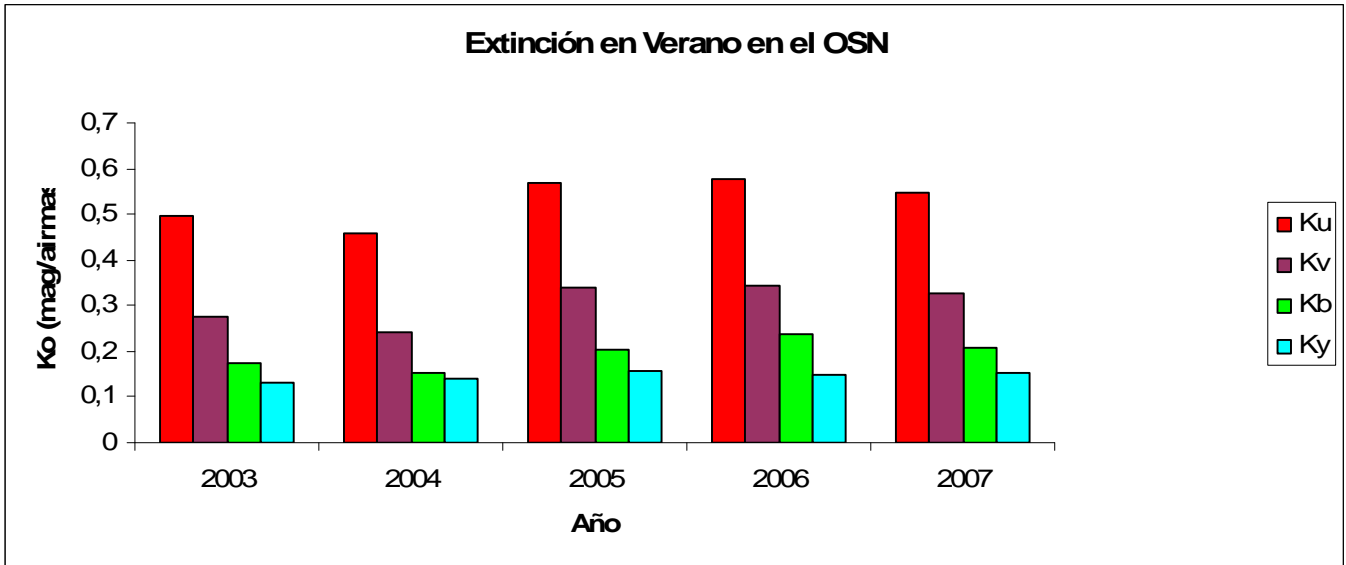


Figura 2.4.121 Evolución temporal de la extinción en verano en el OSN durante el periodo 2003-2007.

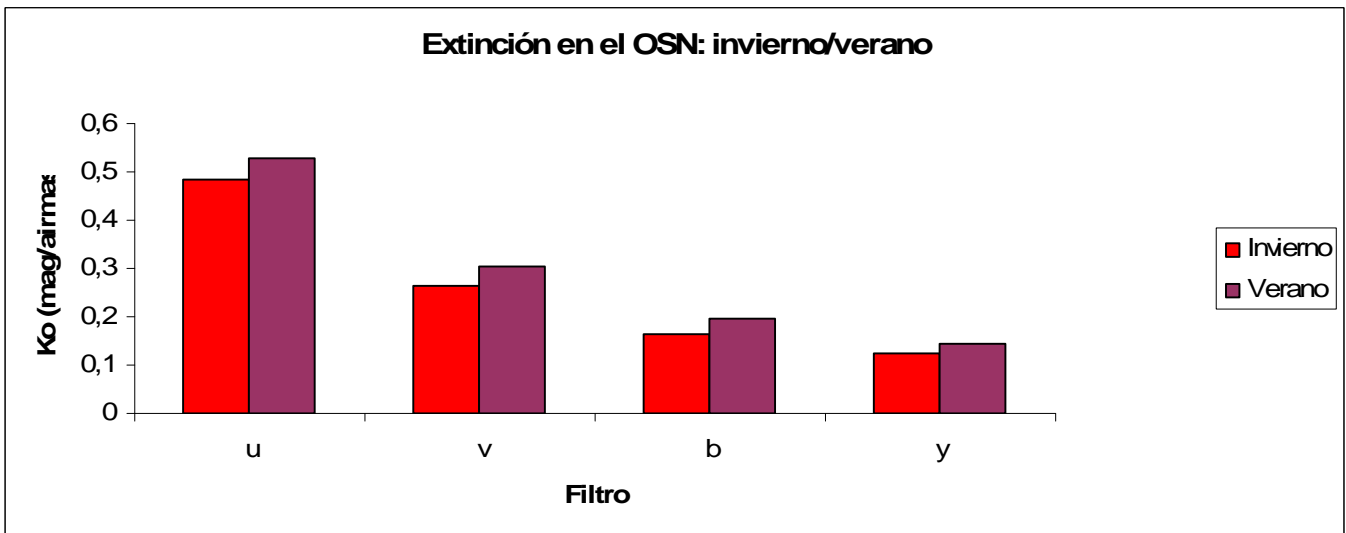


Figura 2.4.2.2 Comparación entre los coeficientes de extinción medios de invierno y verano en el OSN para los filtros *uvby* de Strömgen durante el periodo 2002-2007.

2.4.3 Comparación con otros observatorios

En la Tabla 2.4.3.1 y Figura 2.4.3.1 comparamos los coeficientes de extinción en las bandas *uvby* obtenidos en el OSN (invierno/verano) con los obtenidos en otros observatorios. En el caso del observatorio de Calar Alto también disponemos de ambos tipos de coeficientes. En el caso del observatorio de La Silla, son coeficientes en filtros *UBV* de Ginebra, con *U* y *V* muy cercanos al *u* e *y* de Strömgen. Vemos que los coeficientes de extinción del OSN en el visible son comparables a los mejores de los otros observatorios, y a medida que nos desplazamos al ultravioleta, la extinción en el OSN es progresivamente mejor que las restantes (solo es comparable la de La Palma). En particular, en el filtro *u*, la extinción en el OSN es considerablemente mejor que las restantes, incluido SPM cuya altitud es similar al OSN. En la Figura 2.4.3.2 comparamos las curvas de extinción obtenidos para diferentes observatorios y los coeficientes medios *uvby* invierno/verano obtenidos para el OSN.

Observatorio	Altitud	$K_U(3464)$	$K_U(3500)$	$K_V(4110)$	$K_B(4227)$	$K_B(4670)$	$K_V(5470)$	$K_V(5488)$	Fuente	Nota
OSN (inv.)	2896	-	0,483	0,263	-	0,164	0,125	-	1	a
OSN (ver)	2896	-	0,529	0,305	-	0,195	0,145	-	1	b
Calar Alto (inv.)	2168	-	0,587	0,322	-	0,203	0,119	-	2	c
Calar Alto (ver.)	2168	-	0,656	0,382	-	0,258	0,166	-	2	c
La Palma	2400	-	0,533	0,280	-	0,175	0,120	-	3	d
KPNO	2120	-	0,600	0,330	-	0,216	0,151	-	4	
CTIO	2215	-	0,620	0,357	-	0,235	0,149	-	4	
SPM	2830	-	0,526	0,300	-	0,197	0,140	-	5	e
La Silla	2347	0,600	-	-	0,250	-	-	0,124	6	f

Tabla 2.4.3.1 Coeficientes de extinción, para las bandas *uvby* de Strömgren, obtenidos en diferentes observatorios. En el caso de La Silla se trata de coeficientes en los filtros *UBV* del sistema de Ginebra (ver fuente). La altitud es en metros y la longitud de onda en Angstroms. Fuentes: 1) este trabajo; 2) Sánchez et al. 2007 (PASP 119, 1186); 3) sitio web de La Palma; 4) informe de P.J. Amado de Septiembre/2000 sobre el espectrógrafo Albireo o sitio web de KPNO/CTIO; 5) Schuster & Parrao 2001 (Rev. Méx. AA 37, 187); 6) sitio web de La Silla. Notas: a) medias del periodo 2002-2007; b) medias del periodo 2003-2007; c) periodo 2003-2007, el cero para el ajuste de las curvas teóricas de extinción es obtenido por la cámara CAVEX ($K_V = 0,15^m$ y $0,21^m$ para invierno y verano, respectivamente); d) la forma de la curva teórica de extinción está dada en La Palma Technical Note No. 31, mientras que el cero para el ajuste en V es obtenido por el Carlsberg Meridian Telescope de La Palma, cuyo valor medio para el periodo 2000-2007 es de $K_V = 0,12^m$; e) valores medios de coeficientes medidos durante 272 noches en el periodo 1984-1999; f) coeficientes en filtros *UBV* del sistema de Ginebra medidos durante 10 noches de Julio/1997 y 18 noches de Diciembre/1997 (último año para el que dan estas mediciones en el sitio web de La Silla).

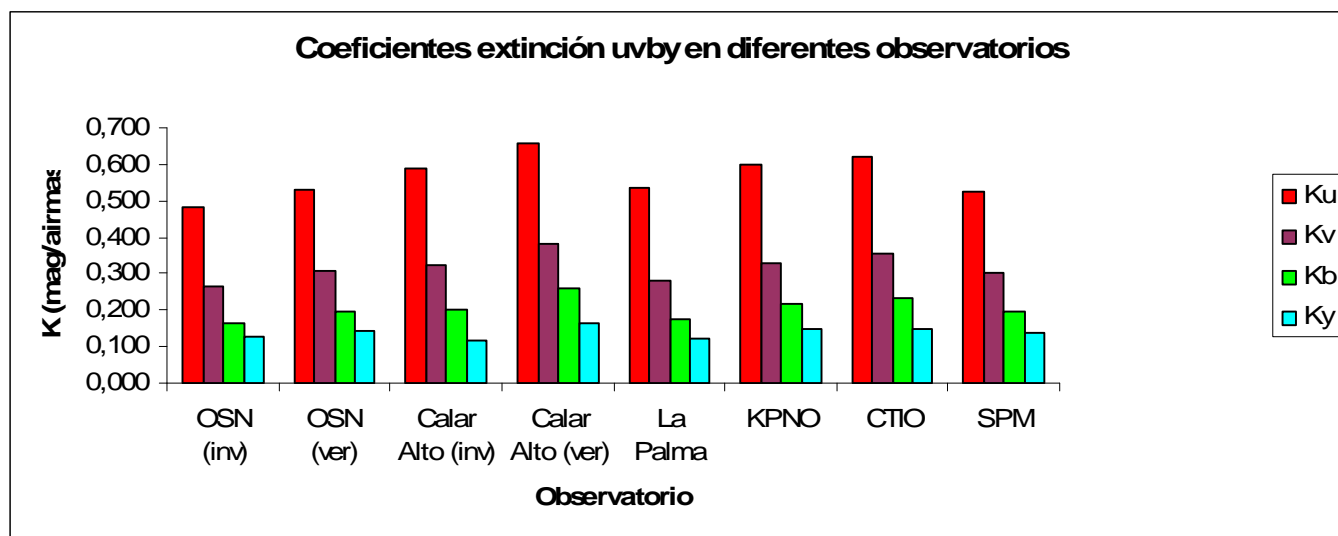


Figura 2.4.3.1 Coeficientes de extinción *uvby* en diferentes observatorios.

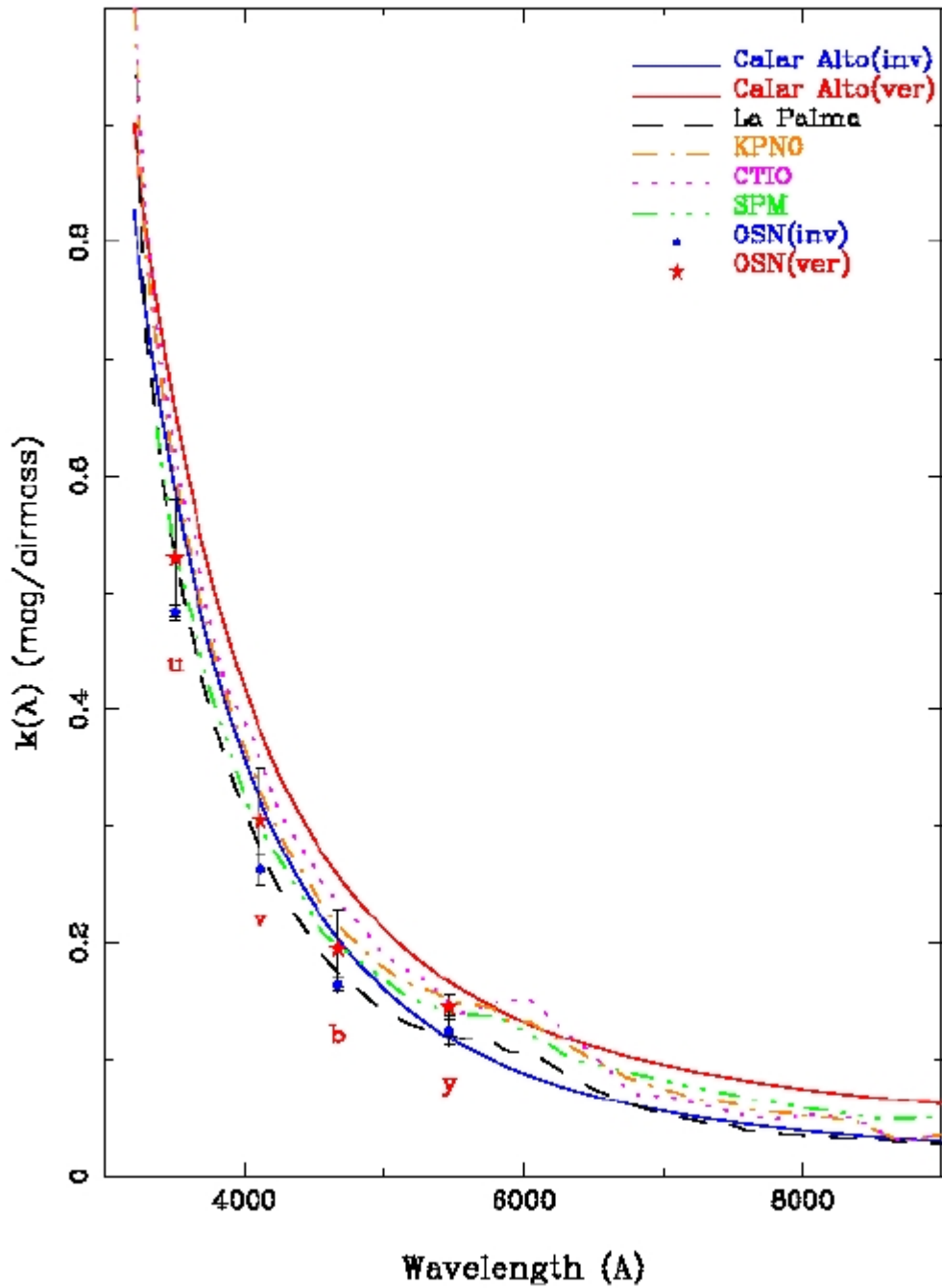


Figura 2.4.3.2 Curvas de extinción para diferentes observatorios y coeficientes de extinción $uvby$ invierno/verano obtenidos para el OSN.

2.4.4 Evolución temporal de la extinción en el OSN

En la Tabla 2.4.4.1 y Figura 2.4.4.1 presentamos los resultados obtenidos para los coeficientes de extinción resultantes del análisis de curvas de luz de una misma estrella medida durante diferentes años en el OSN. Se trata de la estrella cuasiceñital 28 And (Delta=+29°). En este análisis no encontramos diferencias significativas entre los valores de extinción actuales y los de los años 90.

Época	Noches	$K_0(u)$ (mag./masa de aire)	$K_0(v)$ (mag./masa de aire)	$K_0(b)$ (mag./masa de aire)	$K_0(y)$ (mag./masa de aire)
24/sep-3/oct 96	4	0,488 12	0,272 6	0,169 6	0,129 12
8-9/oct 97	2	0,484 1	0,252 11	0,155 1	0,096 24
10/sep-1/oct 03	2	0,499 1	0,275 8	0,176 9	0,139 17
21-30/sep 04	2	0,506 23	0,285 13	0,177 1	0,110 25
24-25/oct 05	2	0,483 1	0,264 1	0,169 5	0,120 25
9/oct-15/nov 07	2	0,478 49	0,288 25	0,169 10	0,112 8

Tabla 2.4.4.1 Evolución temporal de la extinción en el OSN.

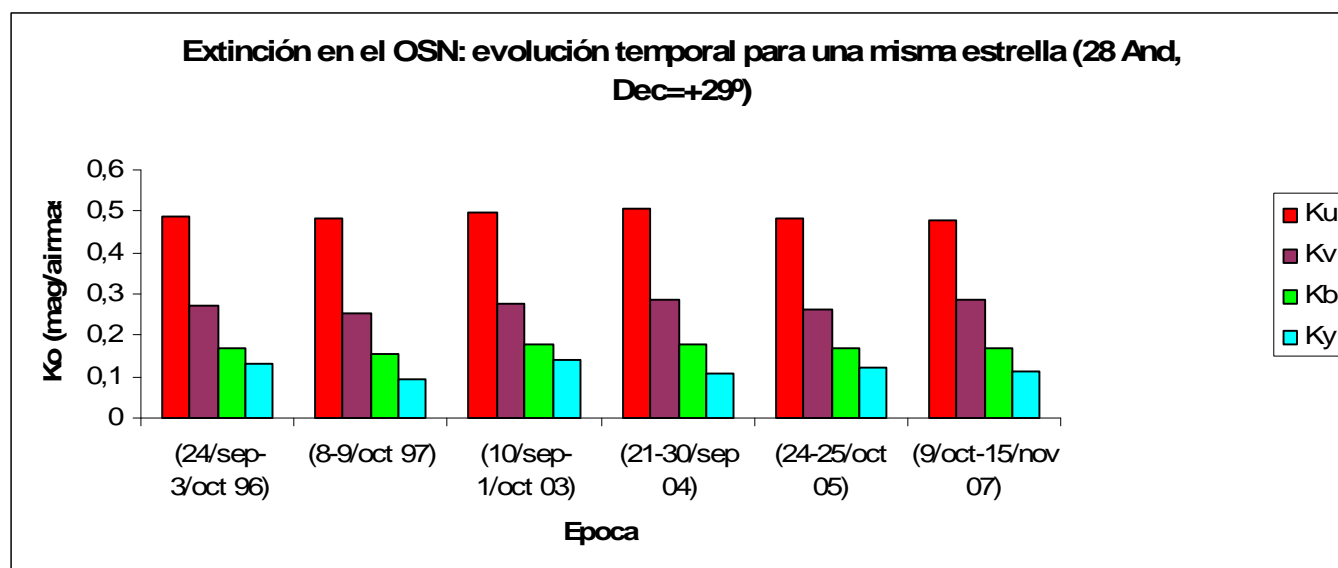


Figura 2.4.4.1 Evolución temporal de la extinción en el OSN, considerando la estrella cuasiceñital 28 And.

2.4.5 Extinción este/oeste en el OSN

El estudio de las posibles diferencias entre la extinción hacia el Este (Pico Veleta) y Oeste (Granada) del OSN ha sido realizado aprovechando las observaciones realizadas durante varios años sobre la estrella cuasicentral 28 And. Para los años 2006 y 2007, donde no teníamos observaciones de 28 And, hemos utilizado las observaciones existentes de 12 Lac (cenital, $\Delta=+39^\circ$) y de blancos para el satélite Corot (Sur, $\Delta=+4$) (para 2006) y 12 Lac y AS Eri (Sur, $\Delta=-3^\circ$) (para 2007). Los resultados obtenidos tanto para los objetos de 2007, como 2006, como los años anteriores son similares y se resumen en la Tabla 2.4.5.1 y Figura 2.4.5.1. Según éstos, no existen diferencias significativas entre las extinciones hacia el Este u Oeste del OSN. Sólo en el filtro y parece que hay un poco más de extinción hacia el Oeste (Granada) (6 años de 7) que hacia el Este. En cualquier caso, los valores de K_1 son insignificantes: si $K_1 \sim 0.001$, para una estrella cenital y $X=2.0$ (es decir, $AH \sim 5$ horas), esto supone una diferencia de magnitud $m_{\text{Oeste}} - m_{\text{Este}}$ de sólo ~ 0.02 mag. Y si $K_1 \sim 0.005$, la diferencia de magnitud $m_{\text{Oeste}} - m_{\text{Este}}$ es de sólo ~ 0.01 mag, para la misma estrella y $X=2.0$. Luego nuestros resultados muestran que las diferencias Este/Oeste son muy pequeñas.

Estrella/Año	Delta	Noches	$K_1(u)$ (mag./masa de aire)	$K_1(v)$ (mag./masa de aire)	$K_1(b)$ (mag./masa de aire)	$K_1(y)$ (mag./masa de aire)
28 And (1996)	+29	4	-0,0002 20	-0,0011 17	0,0003 10	0,0006 13
28 And (1997)	+29	2	-0,0002 6	-0,0006 20	0,0008 4	0,0013 14
28 And (2003)	+29	2	0,0010 29	0,0013 13	0,0024 2	-0,0017 3
28 And (2004)	+29	1	0,0006	0,0010	0,0020	0,0036
28 And (2005)	+29	1	-0,0004	-0,0039	-0,0010	0,0002
12 Lac/Corot (2006)	+39,+4	8	0,0002 38	-0,0022 16	-0,0010 14	0,0012 17
12 Lac/AS Eri (2007)	+39,-3	6	-0,0005 23	0,0011 35	0,0001 8	0,0018 19
Media/σ(n-1)		24	0,0001 6	-0,0006 19	0,0005 13	0,0010 16

Tabla 2.4.5.1 Evolución temporal de la extinción Este/Oeste en el OSN, según el coeficiente K_1 .

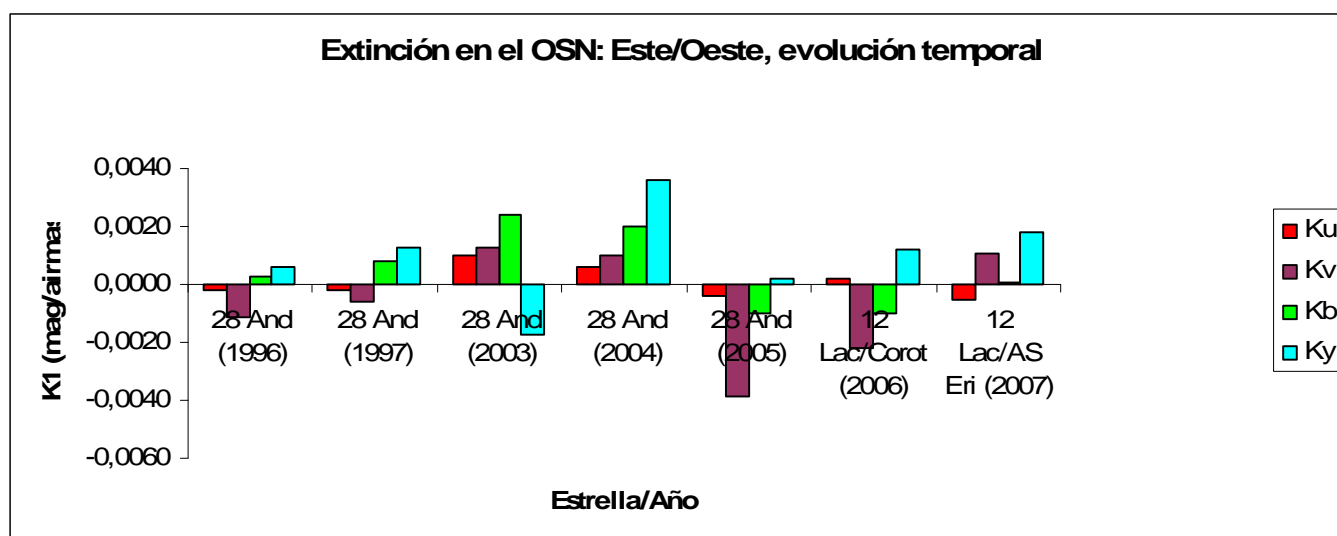


Figura 2.4.5.1 Extinción Este/Oeste en el OSN.

2.5 La contaminación lumínica

La situación del OSN, cercana a la estación de esquí y a la ciudad de Granada, hace que las condiciones de contaminación lumínica no sean las óptimas. José Luís Ortiz y Antonio Espín (2004, ver fichero adjunto) realizaron medidas espectrofotométricas del brillo del cielo desde el OSN en la dirección de Granada para analizar esta cuestión. El estudio utilizó cuatro espectros obtenidos a distintos acimutes y elevaciones en 1998. El efecto de la contaminación lumínica se ve claramente al comparar los dos paneles de la Figura 1. El panel de la izquierda muestra una elevación relativamente grande y un acimut alejado de Granada mientras que el de la derecha está obtenido más cerca del horizonte y en la dirección de la ciudad. El segundo panel muestra un aumento del continuo (debido a lámparas incandescentes) y de las líneas, tanto de las de mercurio (luces fluorescentes) como de las de sodio (de baja y de alta presión pero sobre todo del segundo tipo). El estudio concluye que, dados los tres tipos de fuentes, el 50-57% de la contaminación lumínica procede de lámparas de sodio, el 38-45% de luces fluorescentes y el 5-10% de luminarias incandescentes.

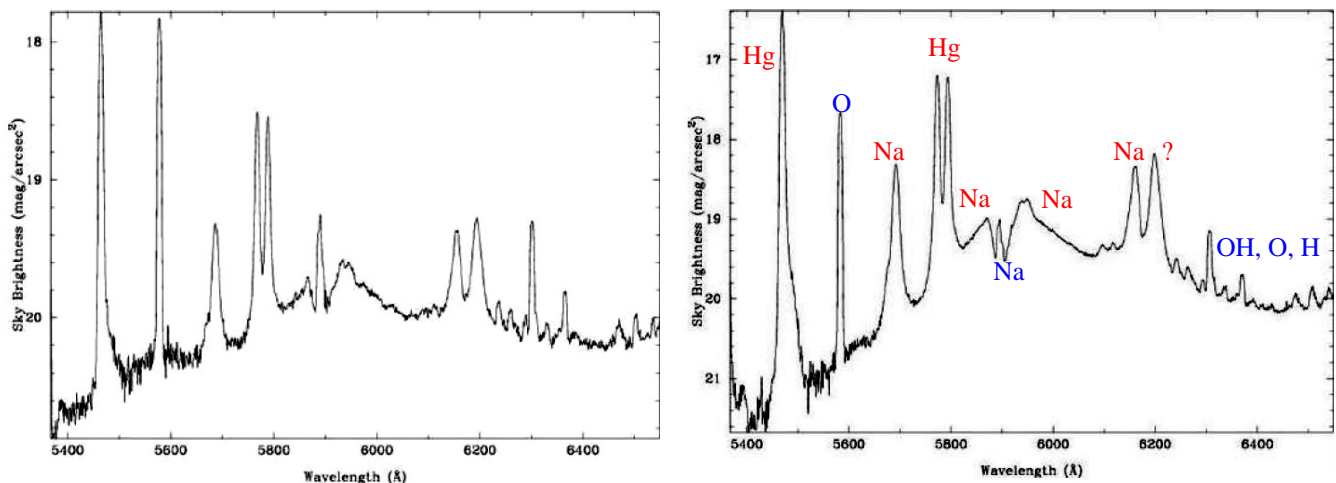


Figura 2.5.1. Espectros del cielo nocturno calibrados en flujo obtenidos desde el OSN. El primer espectro fue obtenido a un acimut de 206° y una elevación de 62° mientras que el segundo fue obtenido a un acimut de 290° y una elevación de 40° . Los símbolos rojos indican las líneas debidas a contaminación lumínica y los azules las debidas a emisión natural. Nótese que la zona del doblete del sodio (no resuelto) tiene un componente estrecho natural y una estructura ancha y compleja debida a las lámparas de alta presión. Gráficas adaptadas de Ortiz y Espín (2004).

Hay que indicar que el 13 de junio de 2007 el Parlamento de Andalucía aprobó la Ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, la cual incluye la primera regulación autonómica en dicha región sobre contaminación lumínica. Se prevé que la implantación de dicha ley tenga consecuencias sobre las condiciones de observación del OSN. Para más información, ver el documento pdf en el sitio web del IAA: <http://www.iaa.es/prensa/pdf/070726141933.pdf>.

2.6 El infrarrojo cercano

Los telescopios de 150 cm. y 90 cm. del OSN disponen en la actualidad únicamente de instrumentación para el rango visible del espectro. Por el contrario, el tercer telescopio (BOOTES-IR), de 60 cm., estará dedicado principalmente al IR cercano a partir del verano de 2008. BOOTES-IR proporcionará un campo de visión de 12.7'x12.7' en las bandas *Y*, *J*, *H* y *K*. Dado que su objetivo primordial es el estudio de fuentes transitorias, es un telescopio de movilidad excepcional que puede apuntar a cualquier lugar del cielo en menos de 20 segundos y moverse un ángulo de 60° en menos de 5 segundos. El funcionamiento estará completamente robotizado. Para más información sobre BOOTES-IR, se puede consultar la página güeb disponible en: <http://www.iaa.es/bootes/index.php?bootes-ir>.

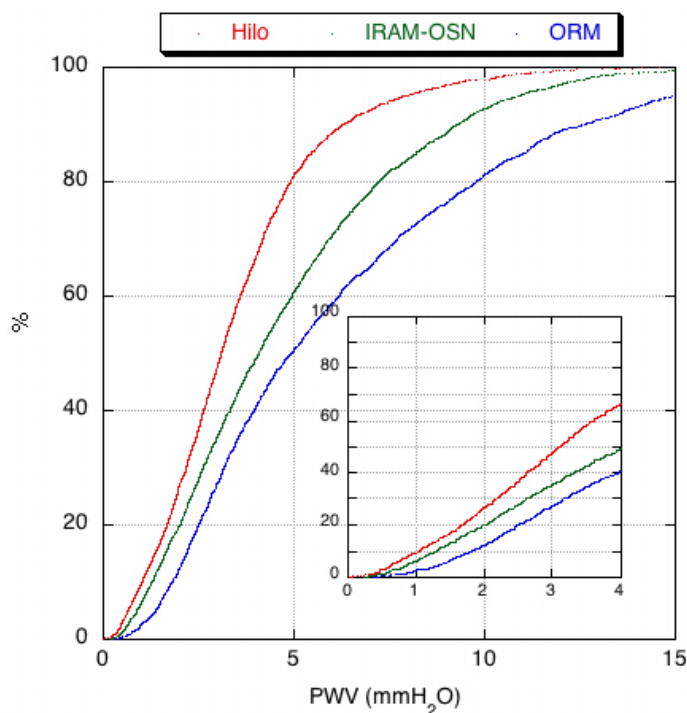


Figura 2.6.1. Porcentaje del tiempo por debajo de una presión de vapor de agua precipitable (PVW) dada para Mauna Kea (rojo, 4160 m), el OSN (verde, 2900 m) y La Palma (azul, 2350 m). Figura de Pérez, Quesada y colaboradores (2007).

2.7 El infrarrojo medio/lejano

En la actualidad no existe ningún telescopio en el OSN con capacidad de observación el infrarrojo medio/lejano. Sin embargo, Sierra Nevada es un lugar privilegiado para observar en ese rango de longitud de onda gracias al bajo contenido en vapor de agua de su atmósfera, lo que representa la mayor limitación para la observación en el IR. Enrique Pérez, José Antonio Quesada y colaboradores (2007) han hecho un análisis comparativo de las condiciones atmosféricas en Sierra Nevada, el Roque de los Muchachos y Mauna Kea utilizando una combinación de radiosondeos (medidas directas con globos), medidas de la anchura equivalente de la banda de 940 nm. con un radiómetro in situ, y datos de opacidad obtenidos con el tau-meter del IRAM. Sus resultados demuestran que Sierra Nevada es significativamente superior como emplazamiento IR al observatorio de La Palma y comparable con el de Mauna Kea, a pesar de la mayor altitud de éste.

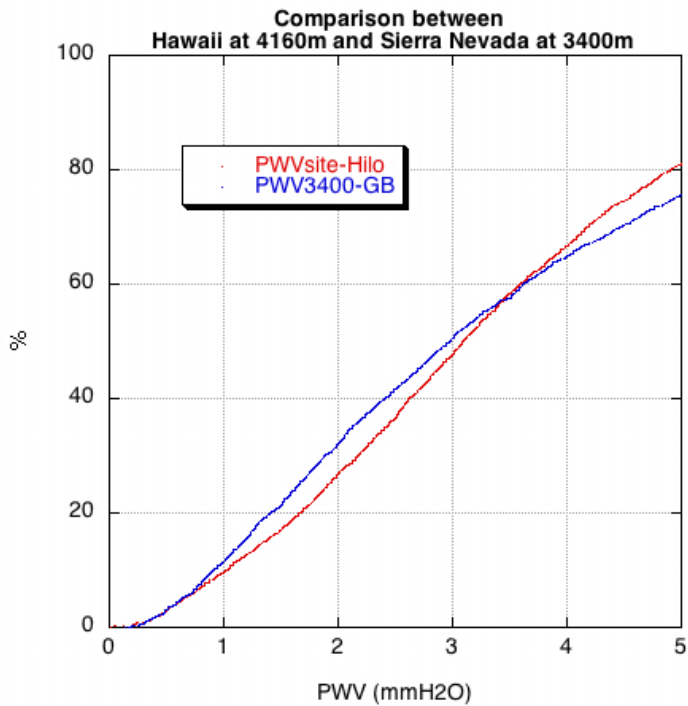


Figura 2.7.1. Porcentaje del tiempo por debajo de una presión de vapor de agua precipitable (PVW) dada para Mauna Kea (rojo, 4160 m) y Pico Veleta, (azul, 3400 m). Figura de Pérez, Quesada y colaboradores (2007).

Calibrado en mm(H₂O) con la calibración del radiosondeo:
Median=2.7 Mean=3.1 Stdev=1.8

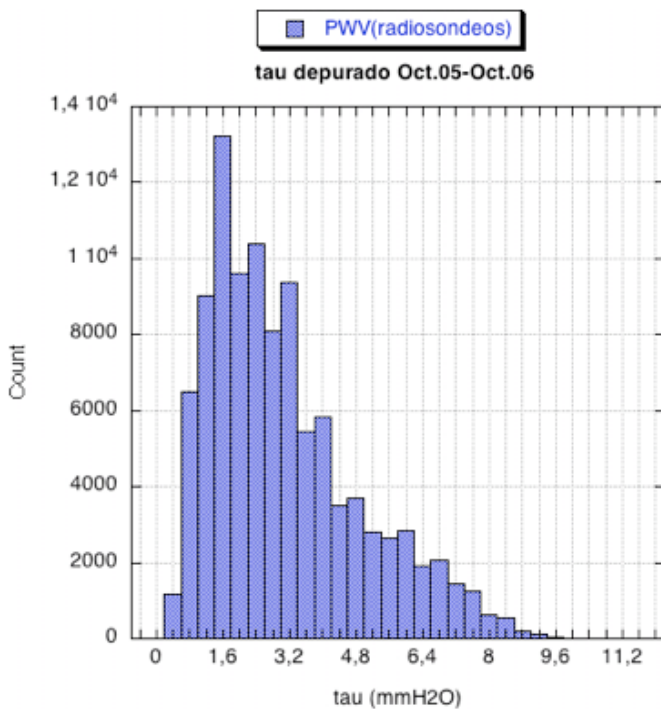


Figura 2.7.2. Histograma de presión de vapor de agua precipitable (PVW) en el OSN según la calibración del tau-meter). Figura de Pérez, Quesada y colaboradores (2007).

3. Gestión de las observaciones

3.1 Petición de tiempos de observación

Las peticiones de tiempos de observación para el OSN se pueden realizar a través de los formularios disponibles en la página web del IAA. Estas peticiones se deben realizar semestralmente, normalmente a finales de Noviembre y Mayo de cada año, teniendo en cuenta que las programaciones de observación se hacen semestralmente, haciéndolas coincidir con el primer y segundo semestre de cada año.

3.2 CAT

El Comité de Asignación de Tiempos (CAT) del OSN es el órgano encargado del reparto del tiempo de observación de los telescopios T90 y T150. El telescopio T60 no es atendido directamente por el CAT ya que este telescopio aún se encuentra en periodo de pruebas.

Los miembros del CAT son nombrados por el director del IAA, a sugerencia del Responsable del OSN. Está compuesto por 5 miembros: uno por cada departamento científico del IAA y presididos por el Responsable del OSN.

Este comité se reúne 2 veces al año con el objetivo de realizar la programación del semestre siguiente, en función del interés y viabilidad de las propuestas de observación recibidas.

3.3 Modos de observación

En la actualidad se ofrecen 3 modos de observación para el telescopio T90 (in situ, remoto y servicio) y dos (in situ, servicio) para el T150. El modo in situ consiste en que el observador acude al OSN a realizar sus propias observaciones. En el modo remoto el observador puede realizar las observaciones desde el IAA, controlando todo el equipo del T90 desde un ordenador ubicado en el IAA a tal efecto. En el modo servicio el observador puede enviar el plan de observación a un operador de telescopios del OSN, quien se encargará llevar a cabo las observaciones.

3.4 Estadísticas sobre los diferentes modos de observación

En esta sección mostramos las estadísticas obtenidas sobre las observaciones llevadas a cabo con los telescopios T90 y T150 del OSN durante el último sexenio 2002-2007. Nótese que la estadística del año 2007 no está completa, sino que cubre sólo hasta el 14/Octubre. Este estudio ha sido realizado teniendo en cuenta tanto las programaciones asignadas por el CAT (lo que denominamos programación previa) como los diarios existentes en el OSN sobre subidas y bajadas de personal, con los que hemos hecho las correcciones oportunas sobre las programaciones previas para obtener las reales, es decir, las que verdaderamente han ocurrido. No obstante, como se observa en las figuras 3.4.1 y 3.4.2, las correcciones han sido pequeñas y no hay tendencias significativas en uno u otro sentido. Todas las distribuciones posteriores (figuras 3.4.3 a 3.4.8) han sido realizadas en base a las programaciones reales. A grandes rasgos se observa que en el T90, del orden del 50% de las observaciones se realizan in situ y el otro 50% entre remoto y servicio, con mayor preferencia por las observaciones en remoto. Por el contrario, en el T150 se tienden a realizar alrededor de un 90% de las observaciones en servicio y sólo del 10% in situ. También vemos que, respecto al T150, hasta el año 2005 no se comenzaron a realizar observaciones “en serio” con el espectrógrafo Albireo, lo que explica el bajo rendimiento científico que hasta la fecha ha

producido dicho instrumento (Sección 4.1). Durante el último trienio (2005-2007) la relación de uso con el T150 ha sido del orden de 60%-40% para CCD y Albireo, respectivamente.

Por último, en la Figura 3.4.9 se muestran las distribuciones de los tiempos de observación en los modos de “servicio” y “visitante” con los telescopios de 2,2 m y 3,5 m de Calar Alto durante el último trienio. Se observa que el porcentaje ofrecido en modo de “servicio” va aumentando progresivamente, siendo superior al 50% la previsión para el primer semestre de 2008. En particular, en los dos últimos semestres (2007B y 2008A), el porcentaje en modo “servicio” ofrecido para el T3,5 m es de un 69%. En la Figura 3.4.10 se muestran los grados de completitud de los programas de observación durante el año 2007 con ambos telescopios. Se observa como la mayoría de los programas que han sido completados durante dicha anualidad, lo ha sido en modo de “servicio”.

Año	In situ	Remoto	Servicio	Total	Técnicas
2002	142	138	22	302	55
2003	163	97	42	302	55
2004	153	115	61	329	29
2005	180	98	32	310	47
2006	155	120	0	275	82
2007(*)	77	145	14	236	46

Tabla 3.4.1. T90, programación previa. Distribución de observaciones en los modos de “in situ”, “remoto” y “servicio” para el telescopio T90 durante el periodo 2002-2007 según la programación previa asignada por el CAT. (*): La distribución correspondiente al año 2007 comprende sólo hasta la noche del 14/Octubre.

Año	In situ	Remoto	Servicio	Total	Técnicas
2002	170	110	22	302	55
2003	167	93	42	302	55
2004	139	129	61	329	29
2005	162	99	49	310	47
2006	161	61	53	275	82
2007(*)	94	83	59	236	46

Tabla 3.4.2. T90, programación real. Distribución real de observaciones en los modos de “in situ”, “remoto” y “servicio” para el telescopio T90 durante el periodo 2002-2007. (*): La distribución correspondiente al año 2007 comprende sólo hasta la noche del 14/Octubre.

Año	CCD			Albireo			Total			Técnica
	In situ	Servicio	Total	In situ	Servicio	Total	In situ	Servicio	Total	Total
2002	86	111	197	24	0	24	110	111	221	69
2003	52	171	223	20	14	34	72	185	257	100
2004	39	190	229	13	33	46	52	223	275	83
2005	17	127	144	10	122	132	27	249	276	81
2006	24	161	185	19	94	113	43	255	298	59
2007(*)	0	156	156	16	82	98	16	238	254	28

Tabla 3.4.3. T150, programación previa. Distribución de observaciones en los modos de “in situ”, y “servicio” para el telescopio T150 durante el periodo 2002-2007 según la programación previa asignada por el CAT. (*): La distribución correspondiente al año 2007 comprende sólo hasta la noche del 14/Octubre.

Año	CCD			Albireo			Total			Técnica
	In situ	Servicio	Total	In situ	Servicio	Total	In situ	Servicio	Total	Total
2002	93	111	204	24	0	24	117	111	228	69
2003	66	157	223	20	14	34	86	171	257	100
2004	29	200	229	13	33	46	42	233	275	83
2005	10	134	144	10	122	132	20	256	276	81
2006	14	171	185	19	94	113	33	265	298	59
2007(*)	12	144	156	16	82	98	28	226	254	28

Tabla 3.4.4. T150, programación real. Distribución real de observaciones en los modos de “in situ”, y “servicio” para el telescopio T150 durante el periodo 2002-2007. (*): La distribución correspondiente al año 2007 comprende sólo hasta la noche del 14/Octubre.

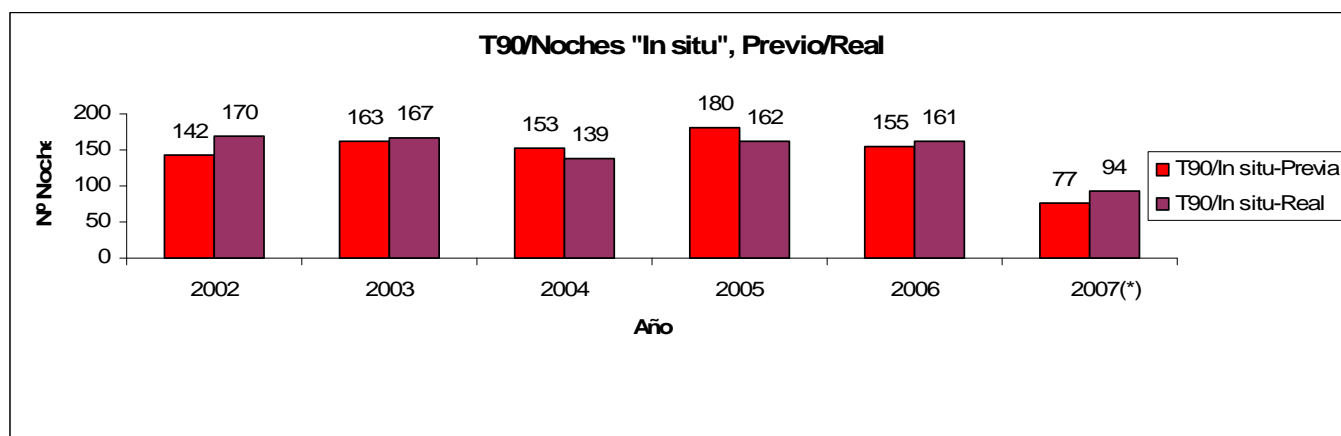


Figura 3.4.1. T90, in situ, previa/real. Comparativa entre las distribuciones previa y real del CAT para las observaciones “in situ” con el T90 durante el periodo 2002-2007.

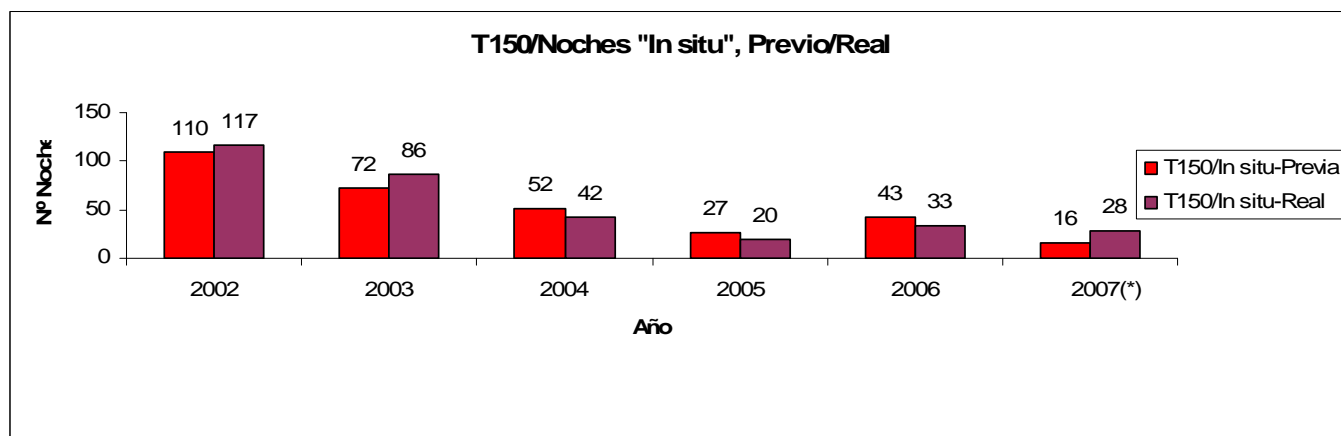


Figura 3.4.2. T150, in situ, previa/real. Comparativa entre las distribuciones previa y real del CAT para las observaciones “in situ” con el T150 durante el periodo 2002-2007.

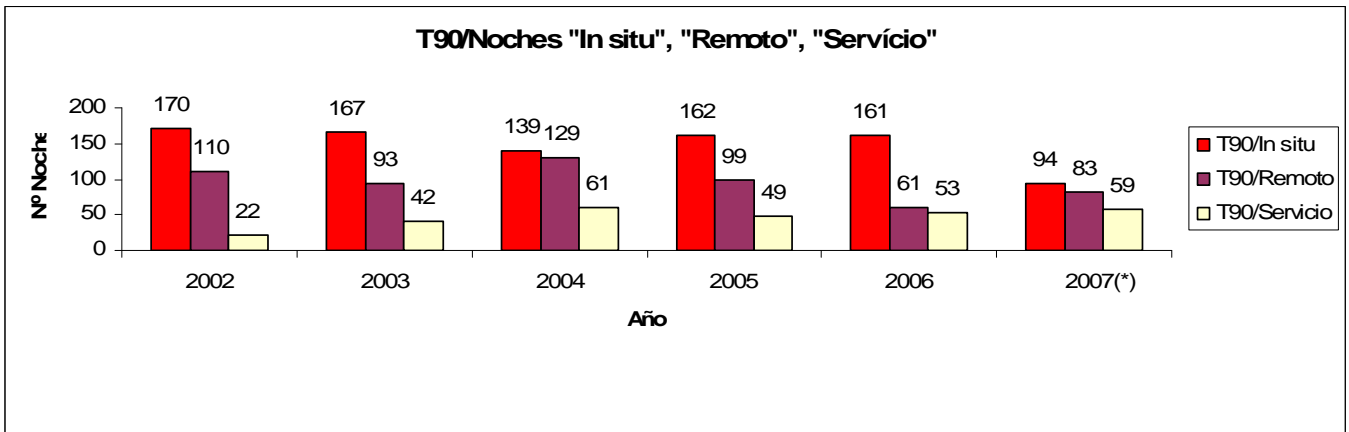


Figura 3.4.3. T90, in situ/remoto/servicio. Comparativa entre las distribuciones en los modos “in situ”, “remoto” y “servicio” para observaciones con el T90 durante el periodo 2002-2007.

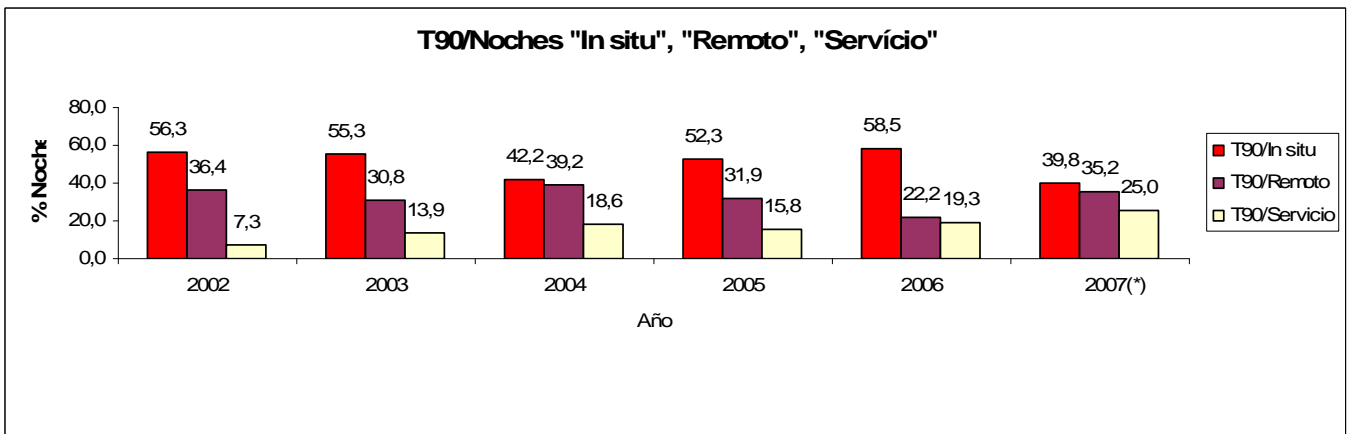


Figura 3.4.4. T90, in situ/remoto/servicio. Comparativa porcentual entre las distribuciones en los modos “in situ”, “remoto” y “servicio” para observaciones con el T90 durante el periodo 2002-2007.

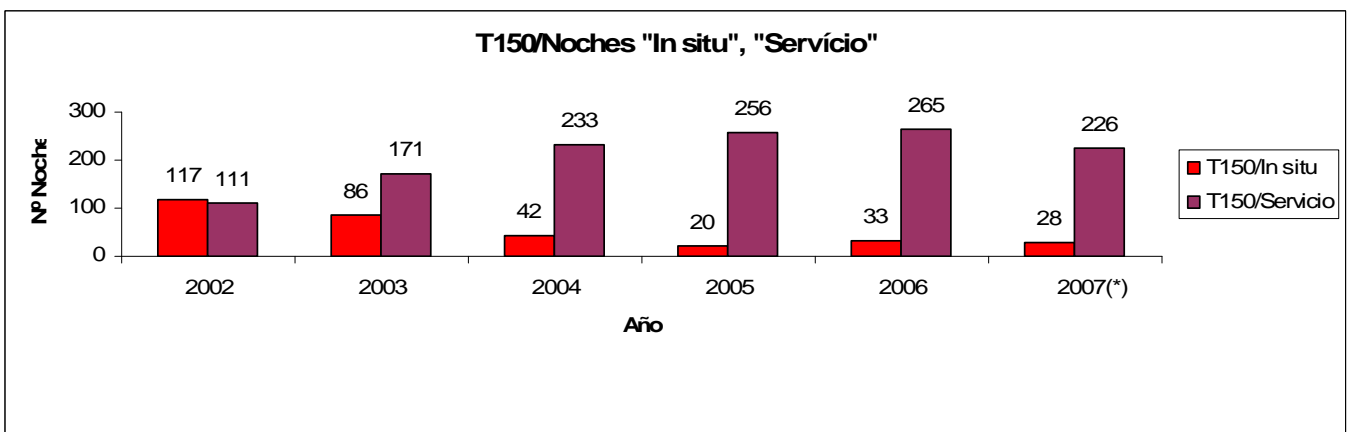


Figura 3.4.5. T150, in situ/servicio. Comparativa entre las distribuciones en los modos “in situ” y “servicio” para observaciones con el T150 durante el periodo 2002-2007.

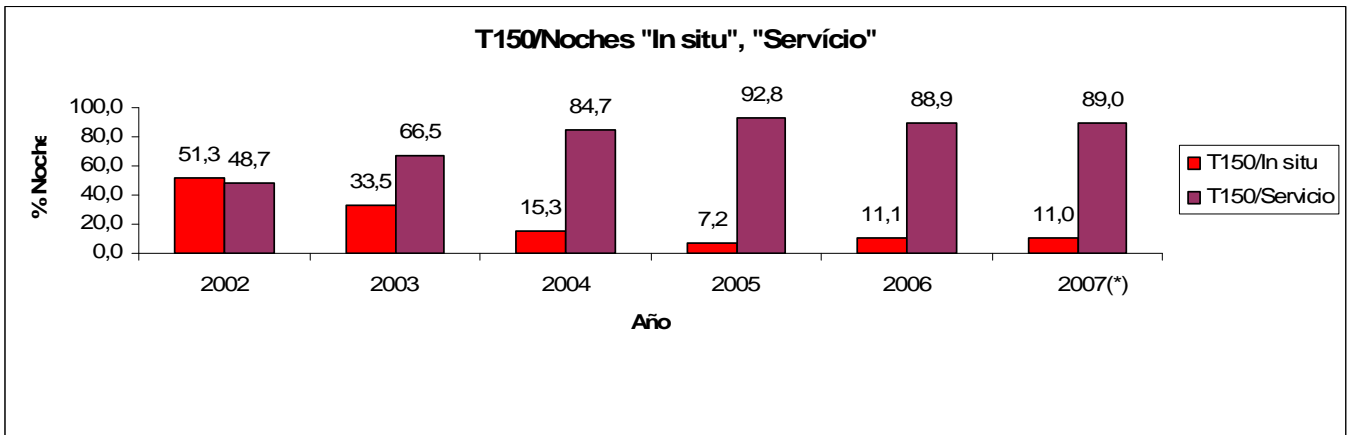


Figura 3.4.6. T150, in situ/servicio. Comparativa porcentual entre las distribuciones en los modos “in situ” y “servicio” para observaciones con el T150 durante el periodo 2002-2007.

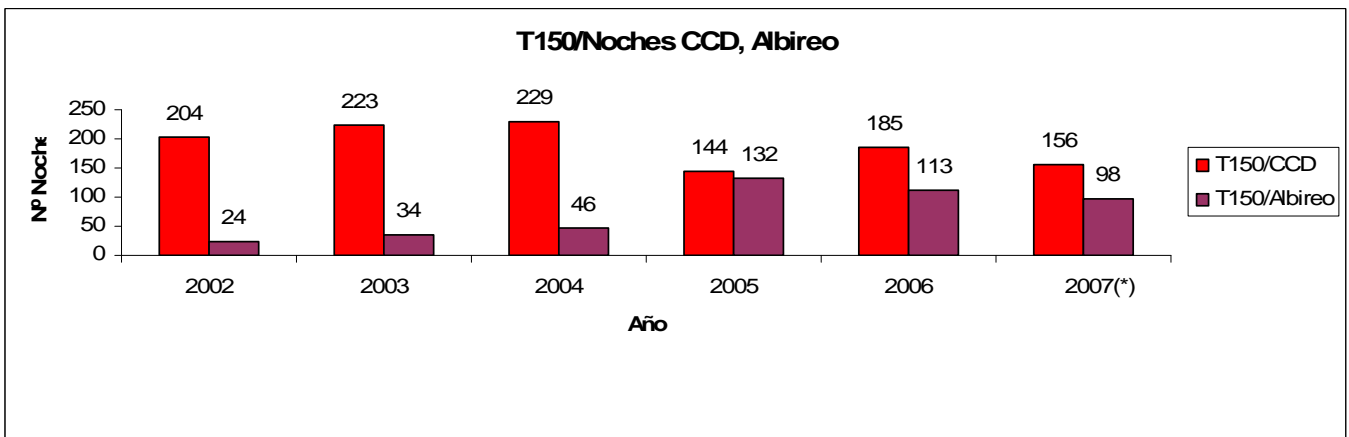


Figura 3.4.7. T150, CCD/Albireo. Comparativa entre las distribuciones concernientes a la utilización del T150 con la cámara CCD o el espectrógrafo Albireo durante el periodo 2002-2007.

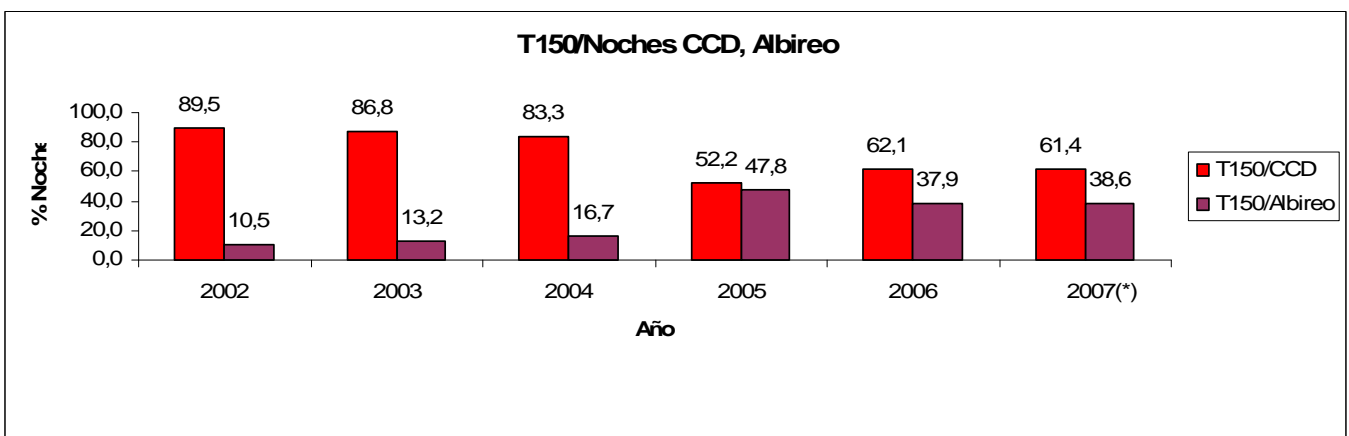


Figura 3.4.8. T150, CCD/Albireo. Comparativa porcentual entre las distribuciones concernientes a la utilización del T150 con la cámara CCD o el espectrógrafo Albireo durante el periodo 2002-2007.

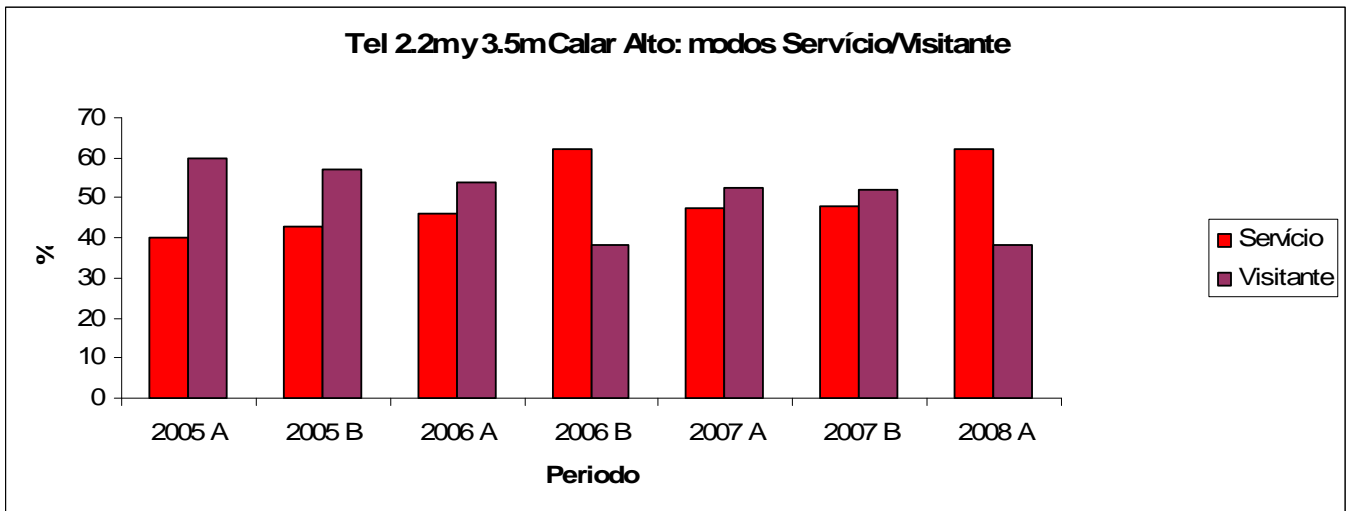


Figura 3.4.9. Distribución de los tiempos de observación en los modos de “servicio” y “visitante” con los telescopios de 2,2 m y 3,5 m de Calar Alto durante el último trienio. Fuente: sitio web de Calar Alto.

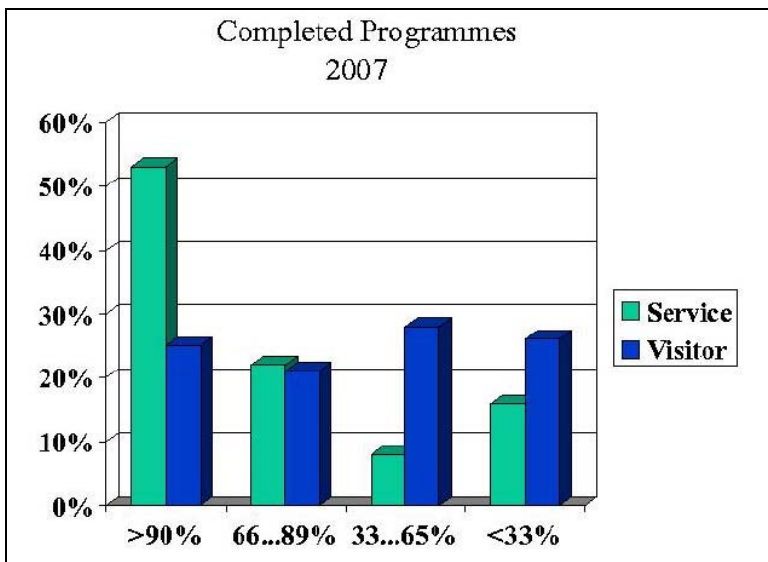


Figura 3.4.10. Distribución de la completitud de los programas de observación durante 2007 con los telescopios de 2,2 m y 3,5 m de Calar Alto según los modos de “servicio” y “visitante” . Fuente: Santos Pedraz 2007.

3.5 Fallos técnicos

En esta sección se intentará clarificar la evolución técnica de los telescopios T150 y T90 en cuanto a problemas técnicos que han tenido lugar durante los últimos años y que han provocado pérdidas en horas de observación programadas de antemano. Este informe está basado en el estudio realizado por Víctor Casanova con datos recogidos hasta finales de Septiembre de 2007, y tratamos de dar cuenta: a) el número de incidencias técnicas que han tenido lugar durante las observaciones, b) el tiempo perdido en las observaciones debido a dichas incidencias técnicas y c) el número de horas reales (físicas) empleadas por el personal de la UDIT en repararlas.

El estudio está basado en datos recogidos de las siguientes fuentes: a) Boletines Informativos de las Campañas Técnicas (referencia: Luis Costillo), b) Boletines Informativos Técnicos del OSN, Nos. 1 al 15 (referencia Luis Costillo) y c) consulta a la base de datos S.A.D.A. de todos los “informes fin de noche” (referencia: <http://www.osn.iaa.es/restringido/sada/index.html>).

Se han tenido en cuenta las siguientes restricciones: a) como horas de ingeniería no se han tenido en cuenta los periodos de aluminizado, sino que sólo se han contabilizado las horas reales de trabajo empleadas por el personal de la UDIT en reparar fallos del sistema, b) en el T90 no se han considerado las incidencias sobre fallos del fotómetro Strömngren, ya que han sido solucionados siempre por personal del departamento de Física Estelar, c) entendemos por fallos en Infraestructura a aquellos fallos del sistema que no son achacables a Telescopio, Cúpula o Instrumentos (ejemplo: fallos en las bombas de aceite, hielo en cúpula que impiden su apertura, fallos en el suministro eléctrico, etc), d) la información sobre fallos técnicos e incidencias del T90 no es precisa, ya que no existen informes fin de noche regulares sobre este telescopio (sólo para el T150; sería conveniente subsanar esta deficiencia).

Sugerencia: se podría subsanar esta deficiencia para el T90 simplemente con añadir dos columnas más al informe fin de noche actual, y dedicadas al T90, indicando para cada noche: 1) el número de horas de observación perdidas por mal tiempo y 2) el número de horas perdido por fallos del sistema. Esto se puede hacer independientemente de que las observaciones programadas en el T90 sean en modo “in situ”, “remoto” o “servicio”.

En las figuras siguientes se muestra la evolución temporal de varios parámetros desde el primer semestre de 2004, es decir, desde que existen de forma regular los informes fin de noche proporcionados por los Operadores de telescopios. Los parámetros son: a) número de horas de observación perdidas por fallos del sistema, b) número de noches con incidencias técnicas y c) el número de horas empleadas por el personal de la UDIT en reparar dichas incidencias. A grandes rasgos, estas figuras muestran claramente cómo los fallos del sistema se van reduciendo progresivamente en el T150 y se mantienen de forma reducida y estable en el T90.

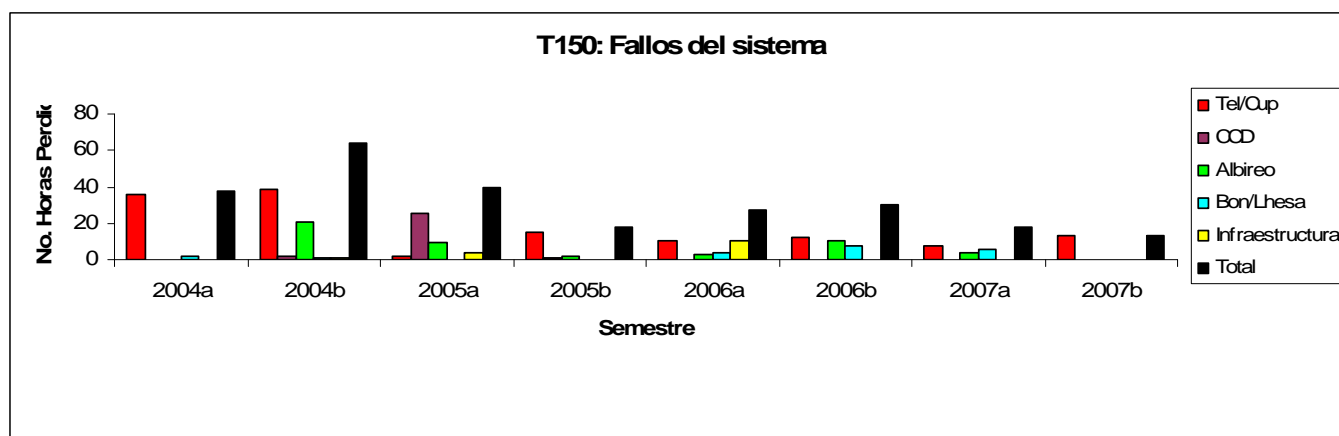


Figura 3.5.1. T150: fallos del sistema. Evolución temporal del número de horas de observación perdidas con el T150 por fallos del sistema.

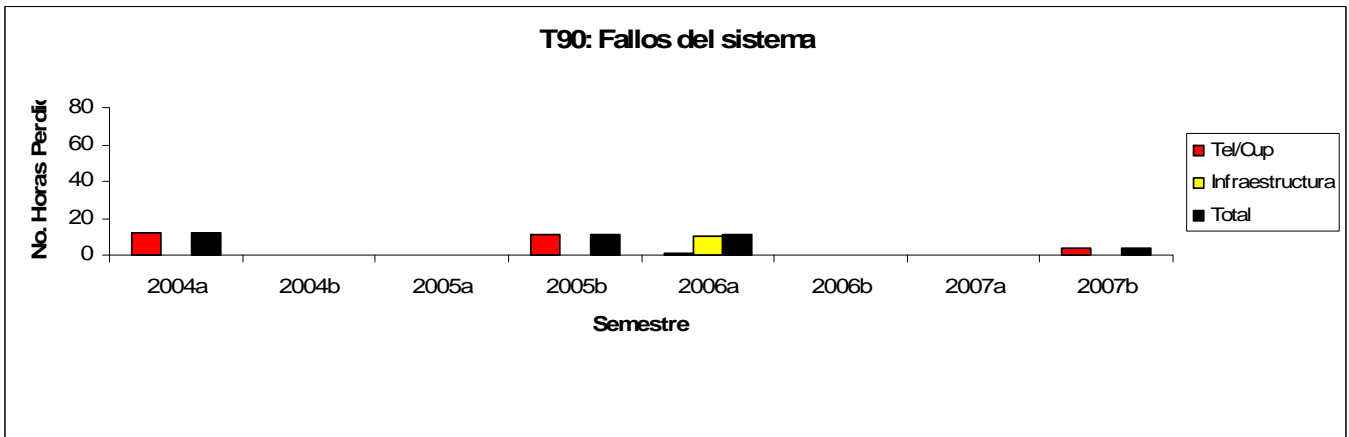


Figura 3.5.2. T90: fallos del sistema. Evolución temporal del número de horas de observación perdidas con el T90 por fallos del sistema. No se tienen en cuenta los fallos del fotómetro Strömgren.

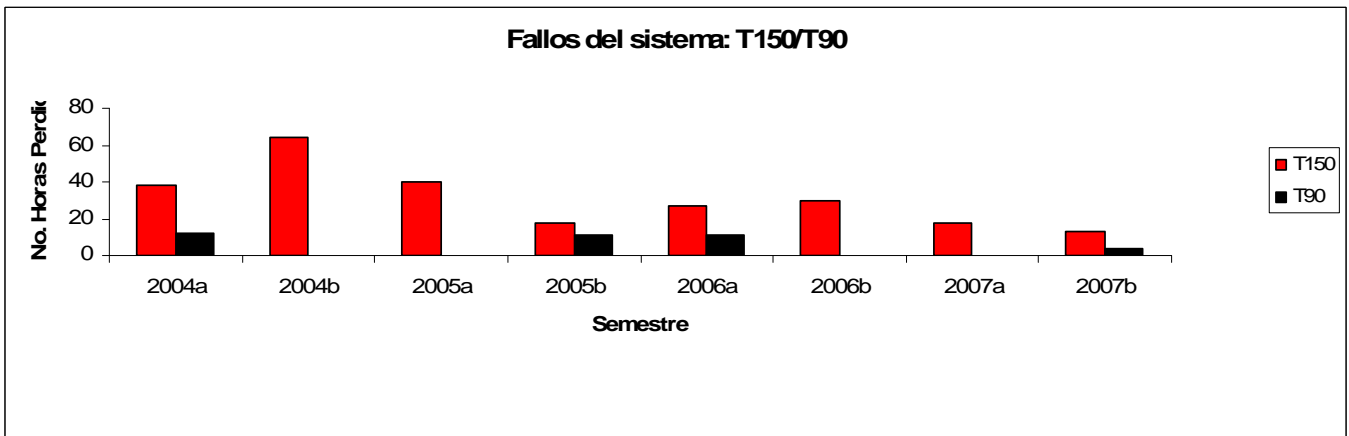


Figura 3.5.3. Fallos del sistema: T150/T90. Comparativa entre el T150 y T90 de la evolución temporal del número de horas de observación perdidas por fallos del sistema.

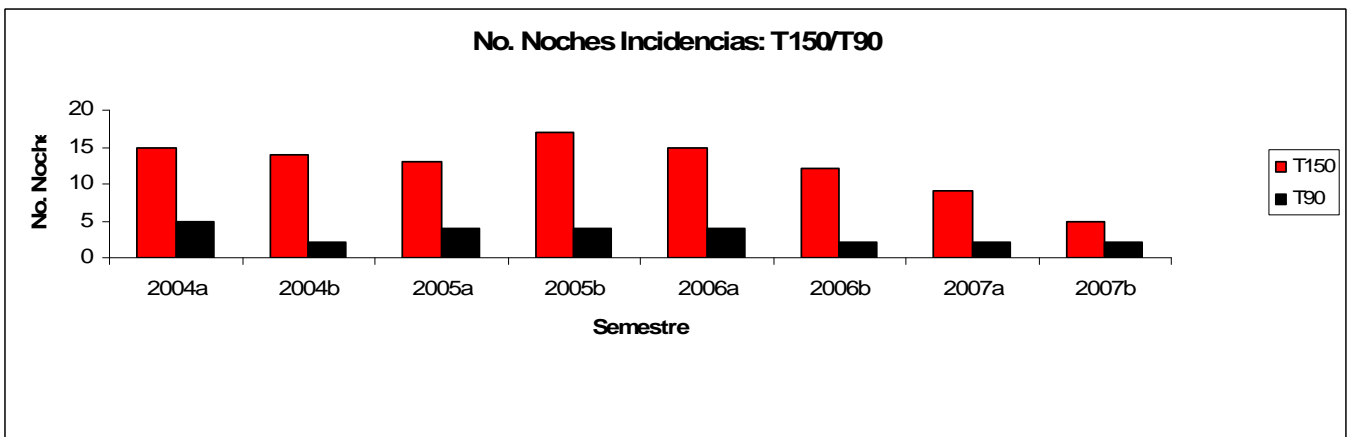


Figura 3.5.4. Comparativa entre el T150 y T90 de la evolución temporal del número de noches con fallos del sistema.

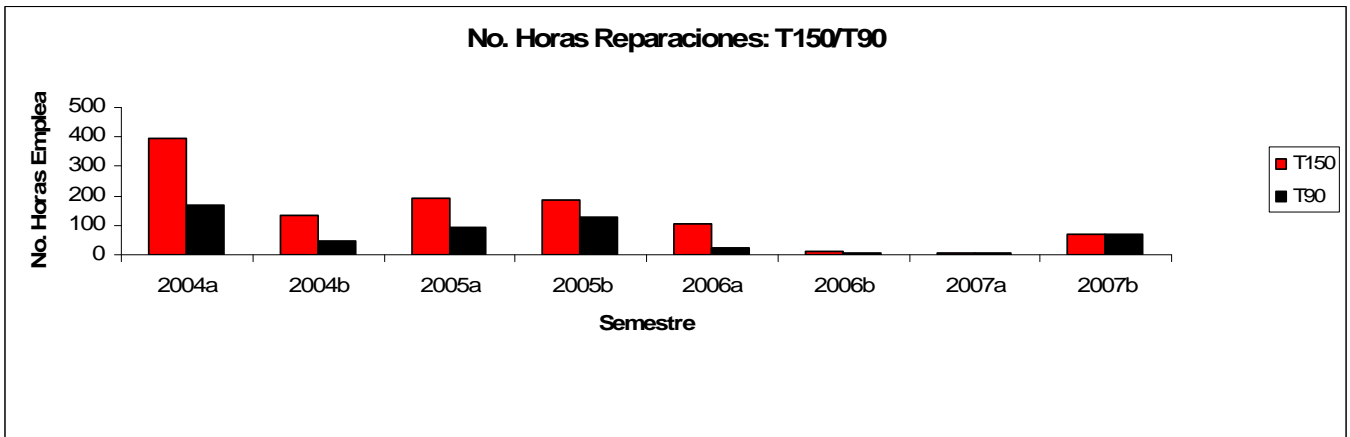


Figura 3.5.5. Comparativa entre el T150 y T90 de la evolución temporal del número de horas necesarias para reparar los fallos del sistema.

4. Rendimiento científico

4.1 Producción científica

En esta sección exponemos la producción científica del OSN en términos de artículos publicados en revistas científicas internacionales (**Anexo Publicaciones**) conteniendo observaciones realizadas con los telescopios T90 y T150. Este estudio lo hemos realizado a partir del año 2000 clasificando la producción en función del telescopio e instrumento utilizados y, también, en función del tipo de publicación, según que se trate de artículos publicados en revistas incluidas en el Science Citation Index (SCI) o no o que correspondan a Circulares sobre GRB's. La producción detallada se muestra en la Tabla 4.1.1 y figuras 4.1.1 a 4.1.8. Además de las publicaciones listadas en la Tabla 4.1.1: a) el Tetrascopio ha producido 1 publicación SCI (año 2006) y 1 publicación No SCI (2005), b) SATI ha producido 7 publicaciones SCI (1 en 2003, 2 en 2004, 1 en 2005, 1 en 2006 y 2 en 2007) y 4 publicaciones No SCI (1 en 2003, 1 en 2004 y 2 en 2006).

De este estudio se desprende que la producción del T90 parece más o menos regular. En particular, el número medio de publicaciones SCI anual del T90 durante el periodo 2000-2007 es de $7,5 \pm 1,4$. Esto contrasta fuertemente con la tendencia del T150, en la que se nota un aumento significativo y progresivo del número de publicaciones a partir del año 2004.

Año	T90			T150						Total SCI	Total Total
	SCI	No SCI	Total	SCI	No SCI	GRB Circ.	Total	CCD SCI	Alb. SCI		
2000	7	7	14	0	0	0	0	0	0	7	14
2001	7	3	10	0	0	0	0	0	0	7	10
2002	8	15	23	1	1	1	3	1	0	9	26
2003	5	7	12	1	2	3	6	0	1	6	18
2004	9	9	18	2	5	3	10	1	1	11	28
2005	9	1	10	4	5	12	21	4	0	13	31
2006	7	9	16	8	4	3	15	8	0	15	31
2007	8	6	14	11	2	3	16	11	0	19	30

Tabla 4.1.1. Artículos producidos con observaciones realizadas con los telescopios T90 o T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.

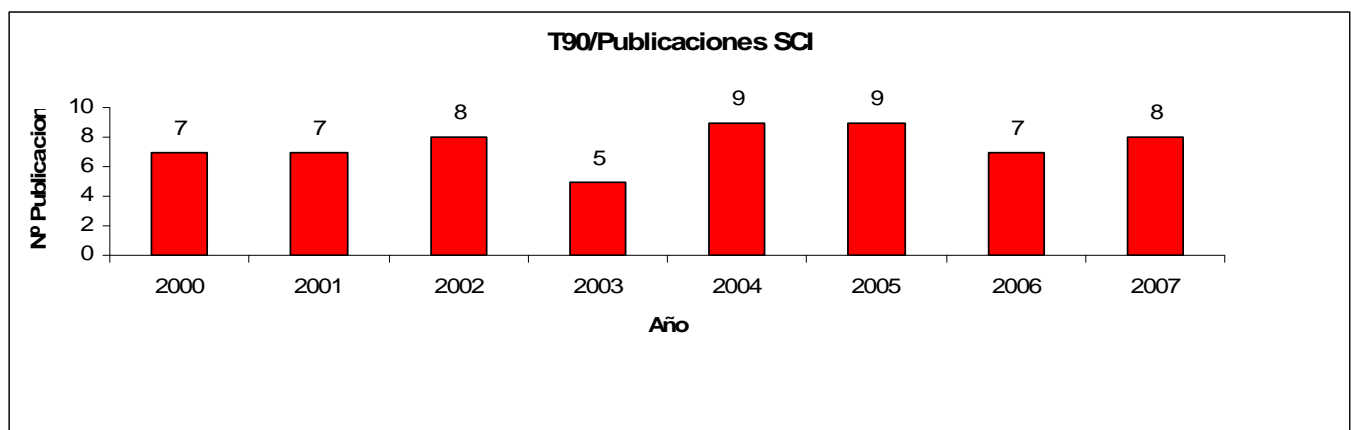


Figura 4.1.1. Artículos SCI producidos con observaciones realizadas con el telescopio T90 del OSN durante el periodo 2000-2007.

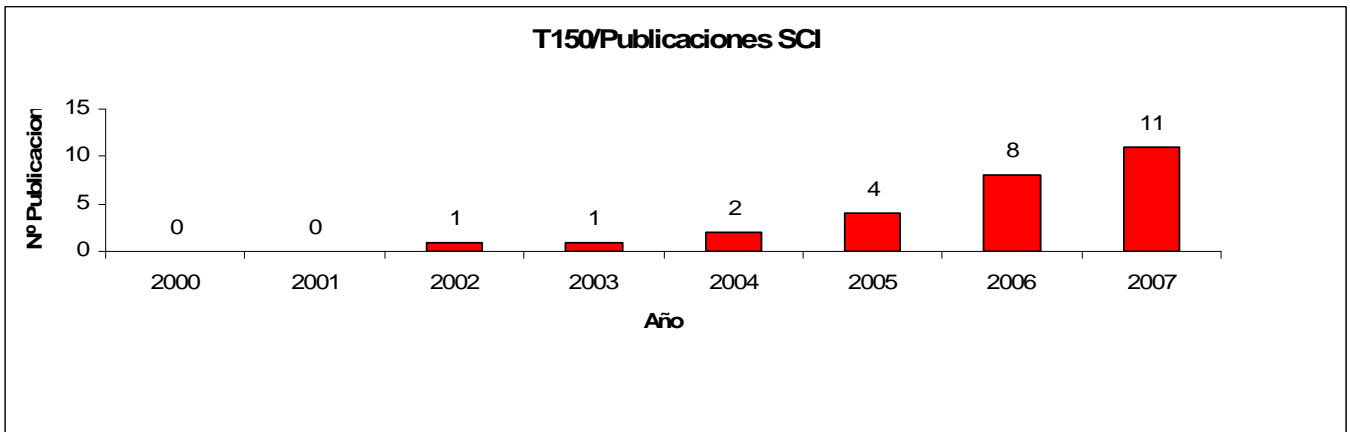


Figura 4.1.2. Artículos SCI producidos con observaciones realizadas con el telescopio T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.



Figura 4.1.3. Artículos producidos con observaciones realizadas con el telescopio T90 del OSN durante el periodo 2000-2007.

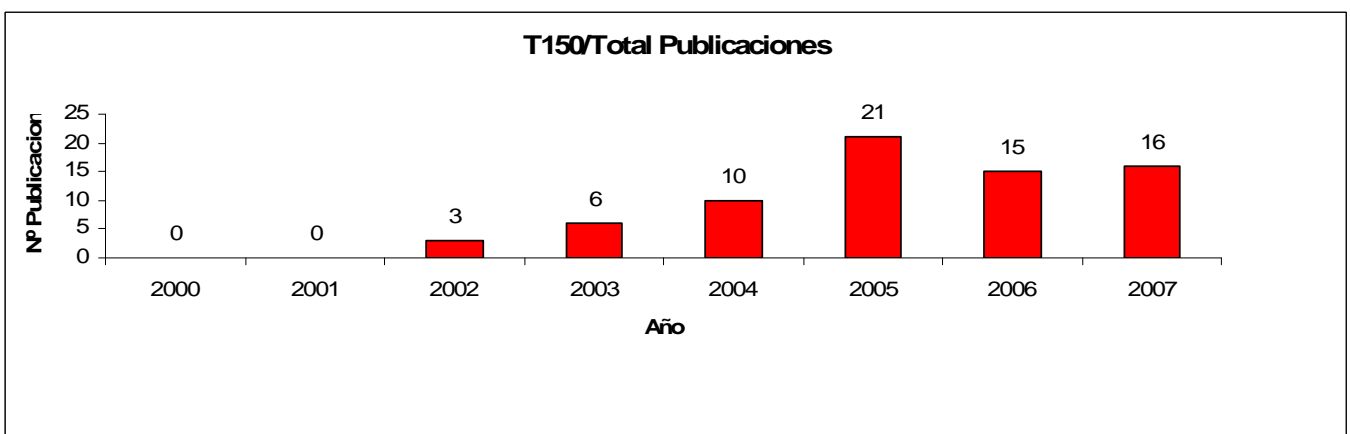


Figura 4.1.4. Artículos producidos con observaciones realizadas con el telescopio T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.

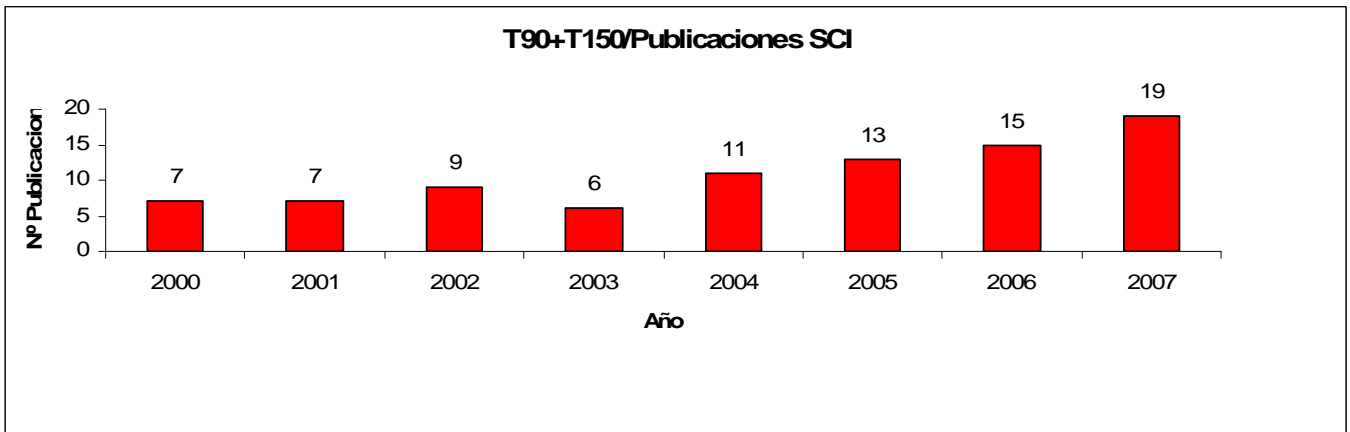


Figura 4.1.5. Artículos SCI producidos con observaciones realizadas con los telescopios T90 o T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.

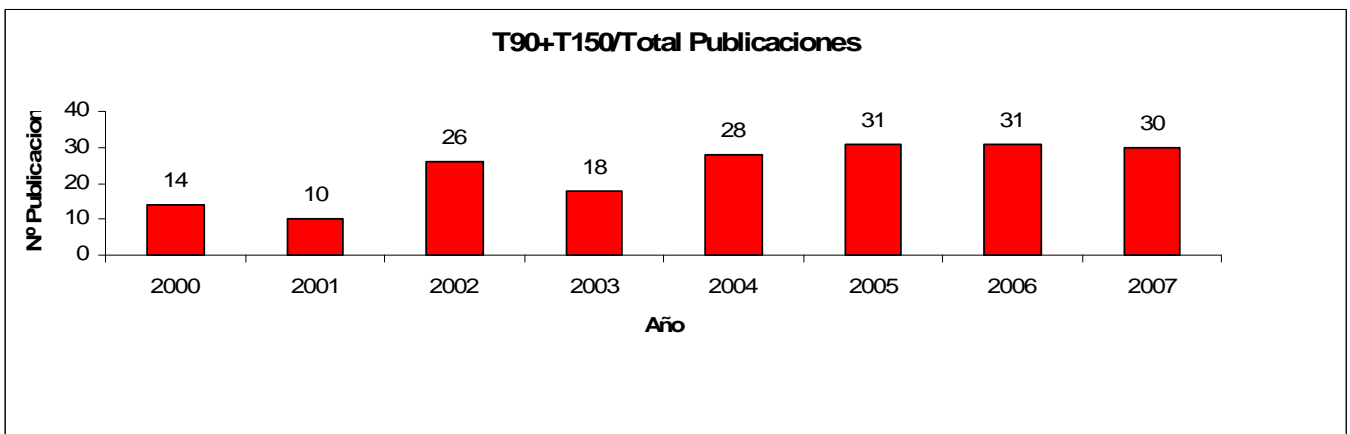


Figura 4.1.6. Artículos producidos con observaciones realizadas con los telescopios T90 o T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.

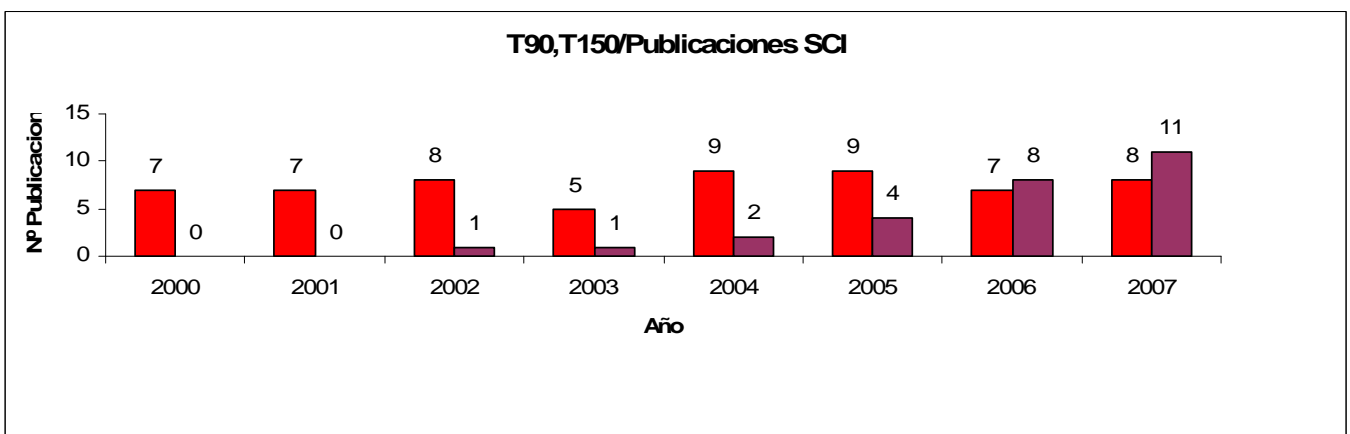


Figura 4.1.7. Comparativa de artículos SCI producidos con observaciones realizadas con los telescopios T90 y T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.

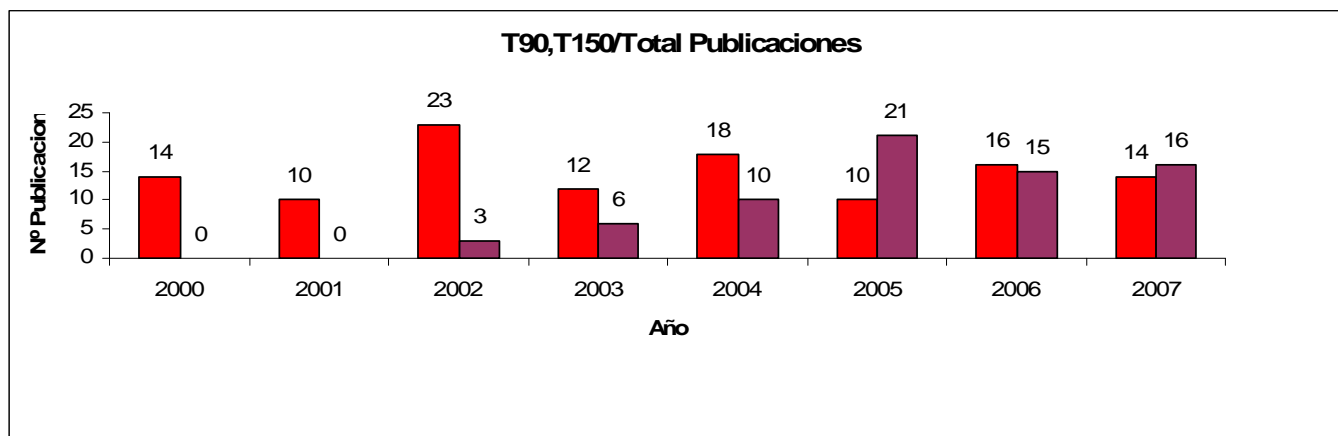


Figura 4.1.8. Comparativa de artículos producidos con observaciones realizadas con los telescopios T90 y T150 del OSN durante el periodo 2000-2007.

4.2 Comparación con otros telescopios individuales

Existen diversos estudios sobre cuál es el coste de telescopios de diferentes tamaños como función del diámetro de abertura A , enfocados especialmente a telescopios de pequeño y mediano tamaño. Estos estudios demuestran que el coste de un telescopio es $\propto A^x$ donde x es un factor mayor que 2,0. Robinson (1980, *Sky & Telescope* 59, 469) encontró que el coste de únicamente el telescopio (sin contar edificio, cúpula etc.) es proporcional a $A^{2,6}$, mientras que Melsheimer (2001, ver Weaver 2003, *Ap&SS Library* 287, 21) encontró un exponente un poco menor ($x = 2,1$) para telescopios entre 0,4 m y 8,0 m de diámetro. Un estudio similar, pero teniendo en cuenta también los costos de edificio, cúpula y montaje fue realizado por Abt (1980, *PASP* 92, 249), para telescopios entre 0,4 m y 4,0 m. En este caso encontró un factor $x = 2.37$. Luego, el coste de un telescopio aumenta de manera aproximadamente proporcional, como límite inferior, al área de la superficie colectora de su espejo primario. Por ello, a la hora de comparar productividades entre telescopios de diferentes tamaños, una buena aproximación consiste en normalizar las productividades a la unidad de área (metro cuadrado) de superficie colectora de sus espejos primarios.

Estudios de este tipo han sido realizados anteriormente, como el mostrado en la Tabla 4.2.1 (Ringwald et al. 2001, *BAAS* 32, 1428; 2003, *BAAS* 35, 1063; Weaver 2003, *Ap&SS Library* 287, 21) donde se lista el top-22 norteamericano del año 1995 en productividad por unidad de área, para telescopios ópticos terrestres. Por otra parte, la mejor forma de valorar la calidad de la productividad de un telescopio consiste en cuantificar el número de citas que reciben las publicaciones correspondientes. Por ello, en el estudio de la Tabla 4.2.1 tuvieron en cuenta también las citas recibidas. En concreto, el estudio está realizado sobre las publicaciones realizadas durante el año 1995 y las correspondientes citas recogidas durante el año 1998.

Con el objetivo de poder comparar con la productividad del T90 del OSN, cuya área de superficie colectora de espejo primario es de $0,636 \text{ m}^2$, y hacerlo de la forma más robusta posible, hemos tenido en cuenta el promedio de publicaciones SCI de este telescopio durante el periodo 2000-2007. Este promedio es de 7,5 artículos por año o, lo que es equivalente, 11,8 artículos por año y unidad de área. En cuanto a las citas, hemos tenido en cuenta los artículos SCI publicados en el periodo 2000-2004 y las citas recogidas durante el tercer año de la anualidad correspondiente. Esto nos da un total de 105 citas, equivalente a una media de 21,0 citas/año, es decir, una media de 33,0 (citas/año) y por unidad de área. Como se vé en la Tabla 4.2.1 y figuras 4.2.1 y 4.2.2, tanto la productividad como la calidad de dicha productividad del T90 compara muy bien con la de los otros telescopios.

Telescopio	Abreviado	Artículos/Área	Citas/Área
0,25 m Mt. Hopkins APT	0,25 Hop	51	41
0,9 m CTIO	0,9 CTIO	18	37
0,6/0.9 m Burrell Schmidt	Burrell	18	28
0,9 m KPNO	0,9 KPNO	15	50
0,9 m KAO	0,9 KAO	14	39
0,36 m CBA West	0,36 CBA	13	13
0,6 m CTIO Lowell	0,6 CTIO	13	26
0,32 m CBA	0,32 CBA	12	50
0,4 m Goethe-Link	0,4 Goethe	12	20
0,9 m KPNO Coudé	0,9 KPNO	12	27
0,9 m OSN	OSN/T90	11,8	33,0
0,35 m U. Missouri	0,35 Miss	10	21
1,0 m Las Campanas Swope	1,0 Camp	10	32
1,0 m CTIO Yale	1,0 CTIO	10	14
1,0 m Mt. Laguna	1,0 Laguna	9,4	12
0,6/0.9 m CTIO Curtis Schmidt	Curtis	9,2	10
0,6 m U. Hawaii	0,6 Hawaii	9,2	11
1,5 m Palomar	1,5 Palomar	8,9	24
1,3 m KPNO	1,3 KPNO	7,7	20
2,1 m KPNO	2,1 KPNO	7,1	18
0,2 m Landis	0,2 Landis	7,0	10
1,5 m CTIO	1,5 CTIO	6,9	18
0,45 m Palomar Schmidt	0,45 Palomar	6,3	13

Tabla 4.2.1. Productividad de artículos SCI por unidad de área de superficie colectora de espejo primario (en m²). Comparación del T90 del OSN con el top-22 norteamericano en productividad del año 1995 para telescopios ópticos terrestres (Weaver 2003, Ringwald et al. 2001). Artículos/Área=(Artículos/Año)/Área, Citas/Área=(Citas/Año)/Área.

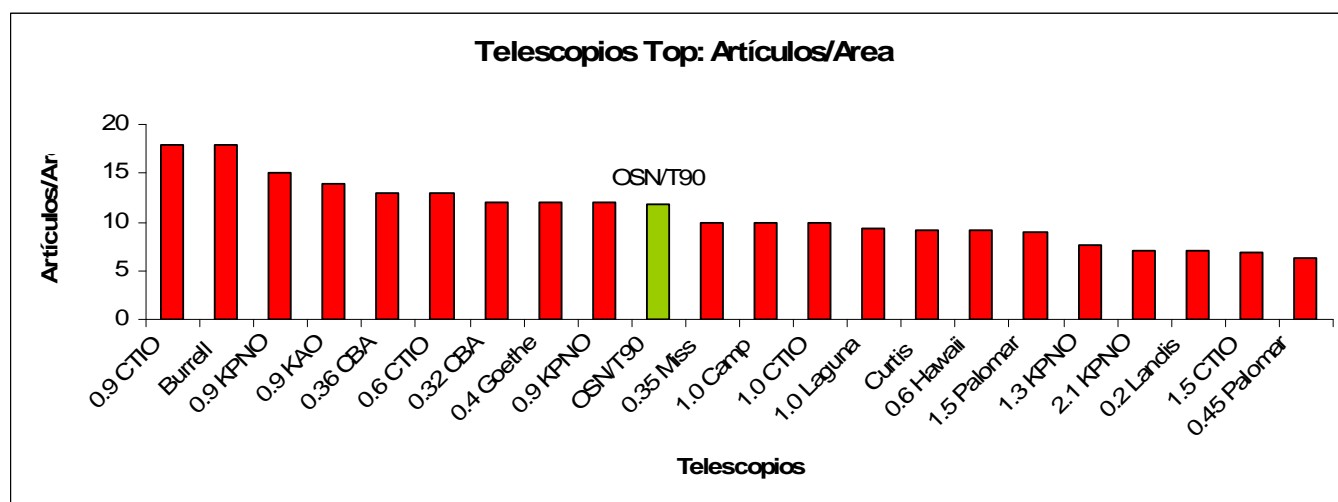


Figura 4.2.1. Comparación de la productividad en artículos SCI del T90 del OSN con el top-22 norteamericano en telescopios ópticos terrestres del año 1995. Nota: en la figura no aparece la productividad del T25 Mt. Hopkins APT, que figuraría en primer lugar con 51 Artículos/Área (ver texto).

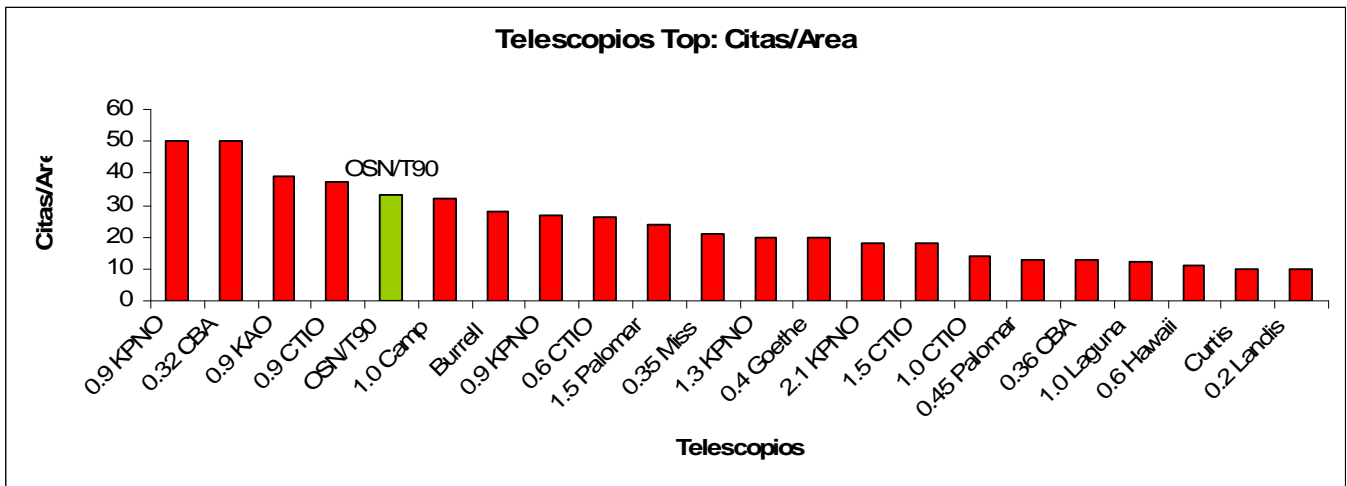


Figura 4.2.2. Comparación de la productividad en citas del T90 del OSN con el top-22 norteamericano en telescopios ópticos terrestres del año 1995. Nota: en la figura no aparece la contribución del T25 Mt. Hopkins APT, que figuraría en tercer lugar con 41 Citas/Área (ver texto).

Otro tipo de estudio, respecto a la calidad de los artículos SCI publicados a partir del T90, consiste en calcular el número promedio de citas recibidas por artículo durante el quinquenio posterior a la publicación. Esto lo podemos comparar con el estudio realizado por Abt (2003, Ap&SS Library 287, 55) sobre los números promedios de citas recogidas, durante el quinquenio posterior a la publicación, para artículos procedentes de observaciones de telescopios de diferentes tamaños. En concreto, el trabajo de Abt consistió en recoger todos los artículos observacionales publicados durante el primer trimestre de 1996 en las 5 revistas más prestigiosas del campo (A&A, AJ, ApJ, MNRAS e Icarus); después clasificó los artículos según la abertura del telescopio del que procedían (< 1,0 m, entre 1,0 y 2,0 m, entre 2,0 y 3,0 m, etc.); después calculó el número total de citas recibidas durante el periodo 1996-2001; y por último calculó el número medio de citas recibidas por artículo, según tamaño, lo que mostramos en la Figura 4.2.3. En particular, para telescopios < 1,0 m, el número promedio de citas por artículo, es de 10,1. En el caso del T90 hemos realizado este estudio para las publicaciones de los años 2000, 2001 y 2002, resultando que el número promedio de citas por artículo durante el quinquenio posterior, es de 14,2, que compara muy bien con el promedio de telescopios, como se observa en la Figura 4.2.3.

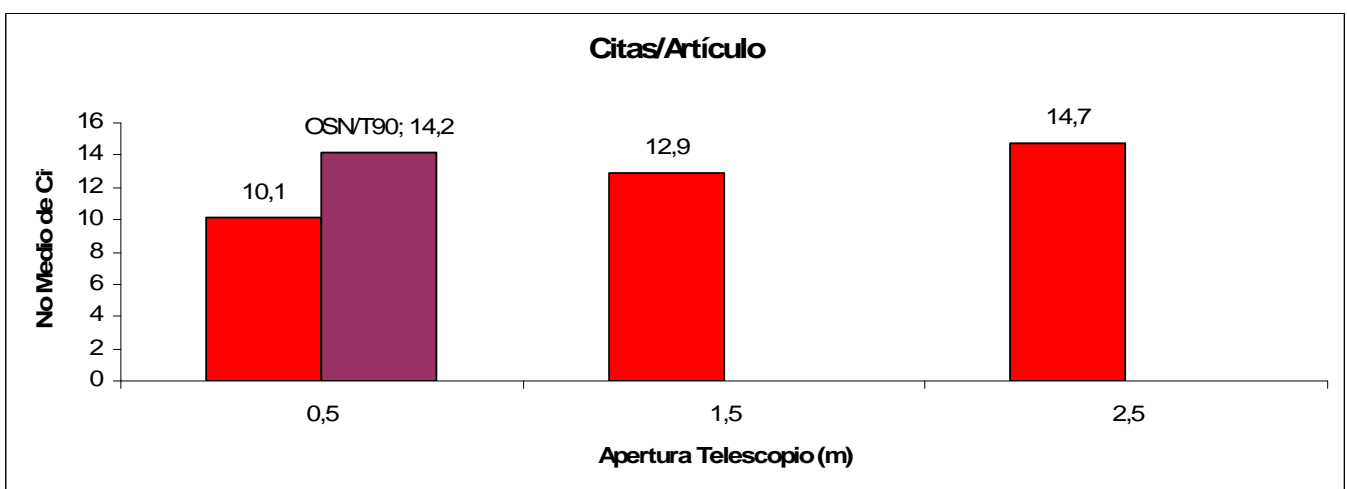


Figura 4.2.3. Comparación de la producción media de citas/artículo del T90 del OSN con el promedio citas para artículos de telescopios de diferentes tamaños (ver texto).

4.3 Comparación con otros observatorios similares

Con el fin de comparar el OSN con observatorios similares a él realizamos un estudio en tres fases. En la primera de ellas, buscamos por internet información sobre observatorios que reunieran cuatro condiciones:

1. Ser de propiedad única y estar localizado en la cima de una montaña.
2. Poseer por lo menos dos telescopios nocturnos de un mínimo de 0,5 m de abertura dedicados a la investigación.
3. Poseer por lo menos un telescopio nocturno de un mínimo de 1,0 m de abertura dedicado a la investigación.
4. No poseer ningún telescopio nocturno de más de 2,4 m de abertura.

En esta primera fase se encontraron los 20 observatorios listados en la Tabla 4.3.1. Unos cuantos candidatos adicionales no están incluidos por no haber apenas información disponible en internet.

Núm.	Nombre	País	Telescopios nocturnos	Fecha	Altura
1	Anderson Mesa	EE.UU.	1,8m+1m+0,8m+0,6m+otros	1959	2163 m
2	Asiago	Italia	1,8m+0,7m	1973	1365 m
3	CASLEO	Argentina	2,2m+0,6m+0,4m	1986	2552 m
4	Dominion	Canadá	1,9m+1,2m+0,4m	1918	229 m
5	Fan Mountain	EE.UU.	1,0m+0,8m+0,6m+otros	1966	566 m
6	Haute Provence	Francia	1,9m+1,5m+1,2m+0,8m	1943	650 m
7	Loiano	Italia	1,5m+0,6m	1900	800 m
8	Lu-Lin	Taiwán	1,0m+0,8m+0,5m+0,5m+0,5m	1999	2862 m
9	Mount John	Nueva Zelanda	1,8m+1,0m+0,6m+0,6m	1965	1029 m
10	Mount Laguna	EE.UU.	1,0m+1,0m+0,6m+0,5m	1968	1859 m
11	Mount Lemmon	EE.UU.	1,5m+1,0m	1970	2800 m
12	Pic du Midi	Francia	2,0m+1,0m+0,6m	1878	2877 m
13	Pico dos Dias	Brasil	1,6m+0,6m+0,6m	1981	1864 m
14	Piszkéstető	Hungría	1,0m+0,6m+0,5m	1965	958 m
15	Rozhen	Bulgaria	2,0m+0,6m+0,5m	1981	1800 m
16	OAN-San Pedro Mártir	México	2,1m+1,5m+0,8m	1979	2830 m
17	Teide	España	1,5m+1,0m+0,8m+0,5m	1964	2400 m
18	USNO-Flagstaff	EE.UU.	1,6m+1,3m+1,0m+otros	1955	2262 m
19	Vainu Bappu	India	2,3m+1,0m+0,8m+otros	1986	700 m
20	Xinglong	China	2,2m+1,3m+0,9m+0,8m+0,7m+0,6m	1989	950 m

Tabla 4.3.1. Información básica sobre los observatorios recopilados en la primera fase. Nótese la presencia de hipervínculos en esta y otras tablas. Los hipervínculos apuntan a la fuente de la información por si se quisiera ampliar ésta.

En la segunda fase se realizó una búsqueda más a fondo en internet de datos de una submuestra de 9 observatorios elegida entre aquellos que tenían una mayor cantidad de información disponible en la red y que poseían unas características similares a las del OSN. Los observatorios de la submuestra aparecen sombreados en la Tabla 4.3.1. Finalmente, en la tercera fase se contactó con los responsables de los observatorios para solicitar información adicional. En las Tablas 4.3.2 a 4.3.5 se incluye la información recopilada en la segunda y tercera fases.

Nombre	Institución respons.	Telescopios nocturnos e instrumentación			
Asiago	Oss. Astr. di Padova	1,8m: Cima Ekar	AFOSC (imag.+esp.)	ECHELLE (ech.)	Foco visitante
		0,7m: Schmidt	Imagen		
CASLEO	CONICET	2,2m: Jorge Sahade	Imagen	3 espectrógrafos	2 fotopolarím.
		0,6m: H. Sawyer Hogg	Imagen	Espectrógrafo	
		0,4m: MEADE	Imagen		
Dominion	Herzberg Institute-NRC	1,9m: Plaskett	Espect. Cassegrain	Imagen Newton	
		1,2m: 1m20cm	Espectrógrafo		
		0,4m: 40cm	Divulgación		
Haute Provence	CNRS	1,9m: 1m93cm	SOPHIE (echelle)	CARELEC (esp.)	
		1,5m: 1m52cm	AURELIE (esp.)		
		1,2m: 1m20cm	Imagen		
		0,8m: 80cm	Imagen		
Mount John	Univ. of Canterbury	1,8m: MOA	Imagen		
		1,0m: McLellan	Echelle	Espectrógrafo	Imagen
		0,6m: Craftsmen	Imagen	3 fotómetros	
		0,6m: Boller & Chivens	Espectrógrafo	Imagen	3 fotómetros
Pic du Midi	OMP	2,0m: Bernard Lyot	NARVAL (esp.+pol.)		
		1,0m: 1m	Imagen		
		0,6m: 60cm	Espect. aficionados		
Pico dos Dias	Laboratório Nacional de Astrofísica	1,6m: Perkin-Elmer	3 espectrógrafos	3 imagen (vis./IR)	1 fotómetro
		0,6m: Boller & Chivens	Espectrógrafo	3 imagen (vis./IR)	1 fotómetro
		0,6m: Zeiss Jena	3 imagen (vis./IR)		
OAN-San Pedro Mártir	IA-UNAM	2,1m: 2m12cm	4 espectrógrafos	2 IR (imag.+esp.)	Imagen
		1,5m: 1m50cm	Imagen	2 fotómetros	Bolitas (espect.)
		0,8m: 84cm	Imagen	2 fotómetros	Bolitas (espect.)
Teide	IAC	1,5m: Carlos Sánchez	FIN (fotómetro IR)	CAIN-II (im. IR)	
		1,0m: OGS	Imagen		
		0,8m: IAC80	Imagen	TCP (fotómetro)	
		0,5m: MONS	Imagen		

Tabla 4.3.2. Institución responsable e información sobre telescopios e instrumentación recopiladas en la segunda y tercera fases.

Nombre	Periodic.	Convoc.	Envío	Dirección
Asiago	Semestral	Abierta	Correo	proposal@oapd.inaf.it
CASLEO	Semestral	Abierta	Correo	mgrosso@casleo.gov.ar
Dominion	Trimestral	Abierta	Web	http://cadc.hia.nrc.gc.ca/poopsy/obsprop.html
Haute Provence	Semestral	Mixta	Web	http://voparis-northstar.obspm.fr
Mount John	Trimestral	Semicerrada	Correo	john.hearnshaw@canterbury.ac.nz
Pic du Midi	Semestral	Mixta	Web	http://voparis-northstar.obspm.fr
Pico dos Dias	Semestral	Abierta	Correo	cp@lna.br
OAN-SPM	Semestral	Nacional	Web	http://www.astroscu.unam.mx/catt/formato/index.html
Teide	Semestral	Mixta	Web	http://cat.iac.es/cat

Tabla 4.3.3 Información sobre el sistema de propuestas recopilada en la segunda y tercera fases.

Nombre	Frac. útil espectr.	Seeing típico	Coefficientes de extinción	Contaminación lumínica
Asiago	40%	2.5"	B=0,29 V=0,16	Pequeños problemas con Asiago (10 km.)
CASLEO	80%	1,4	B=0,27 V=0,17	---
Dominion	55%	---	V=0,20	Significativa (área metropolit. Victoria)
Haute Provence	65%	---	---	---
Mount John	65%	2"	---	---
Pic du Midi	---	---	---	---
Pico dos Dias	40%	---	B=0,28-0,53 V=0,16-0,37	Aumento significativo en 25 años
OAN-SPM	80%	0,6"	B=0,21-0,27 V=0,11-0,17	Muy oscuro
Teide	78%	0,7"-1,3"	---	Muy oscuro salvo hacia Santa Cruz

Tabla 4.3.4. Información sobre la calidad del sitio recopilada en la segunda y tercera fases.

Nombre	Número de public. con censor					Más información
	2002	2003	2004	2005	2006	
Asiago	18	22	16	14	13	http://www.oapd.inaf.it/asiago/5000/5400/5400.html
CASLEO	21	34	20	23	23*	http://www.casleo.gov.ar/publicaciones/conarbitro.htm
Dominion	10	13	8	12	13	Datos suministrados por el responsable del observatorio
Haute Provence	43	54	44	34	21 [#]	http://www.obs-hp.fr/www/pubs-visit/pubs-tel.html
Mount John	12	13	20	8	6	http://www.phys.canterbury.ac.nz/research/astronomy/publications.shtml
Pic du Midi	---	---	---	---	---	
Pico dos Dias	26	19	17	19	26	http://www.lna.br/lna/public/opd/public_e.html
OAN-SPM	25	36	21	107 ^{&}	85 ^{&}	Datos suministrados por el responsable del observatorio
Teide	28	24	38	24	30	http://www.iac.es/telescopes/public/publicaciones_tcs.html http://www.iac.es/telescopes/public/publicaciones_ogs.html http://www.iac.es/telescopes/public/publicaciones_iac80.html http://www.iac.es/telescopes/public/publicaciones_mons.html

* Hasta julio.

Hasta abril.

& Parece incluir artículos sin datos de San Pedro Mártir (p.ej. teoría) y/o artículos No SCI.

Tabla 4.3.5. Información sobre publicaciones recopilada en la segunda y tercera fases.

Con el objetivo de comparar la producción de artículos SCI del OSN con la de los otros observatorios de la muestra, hemos normalizado esta producción a la unidad de área de superficie colectora (columna 6, Tabla 4.3.6). En el caso del OSN hemos tenido en cuenta esta producción en tres supuestos diferentes: a) telescopio T90, periodo 2002-2006, b) conjunto T90+T150 para el periodo 2000-2004 y c) conjunto T90+T150 para el último trienio 2005-2007. Como se observa en la Tabla 4.3.6 y Figura 4.3.1, la producción del T90 del OSN ocupa un lugar preferente en la lista. También observamos como la producción del conjunto T90+T150 del OSN ha mejorado de forma considerable en el último trienio, y también compara muy bien con el resto de observatorios.

Por último, en las tres últimas columnas de la Tabla 4.3.6 hemos calculado las previsiones de producción de artículos SCI en los otros observatorios tomando como referencia las producciones a), b) y c) mencionadas anteriormente. En las figuras 4.3.2 a 4.3.4, se comparan dichas previsiones con las producciones reales que actualmente están teniendo lugar en dichos observatorios.

Observatorio	Abreviado	Área Total (m ²)	Área/OSN (1)	Art./año (x) (2)	x/A (3)	x _{eq} T90 (4)	x _{eq} T90+T150 (2000-2004) (5)	x _{eq} T90+T150 (2005-2007) (6)
OSN/T90	OSN/90	0,636	-	7,6	11,9	-	-	-
Teide	Teide	3,251	1,35	28,8	8,9	38,7	10,7	21,1
Pico dos Dias	Pico Dias	2,577	1,07	21,4	8,3	30,7	8,5	16,8
Haute Provence	H Prov	6,236	2,60	43,8(d)	7,0	74,2	20,6	40,5
OSN/05-07	OSN/05-07	2,403	-	15,7(b)	6,5	-	-	-
CASLEO	CASLEO	4,210	1,75	24,5(d)	5,8	50,1	13,9	27,4
Asiago	Aciago	2,930	1,22	16,6	5,7	34,9	9,7	19,0
OAN/SPM	SPM	5,734	2,39	27,3(c)	4,8	68,2	18,9	37,3
OSN/00-04	OSN/00-04	2,403	-	8,0(a)	3,3	-	-	-
Mount John	Mt. John	3,896	1,62	11,8	3,0	46,4	12,9	25,3
Dominion	Dominion	4,092	1,70	11,2	2,7	48,7	13,5	26,6
Pic du Midi	Pic Midi	4,210	1,75	¿?	¿?	50,1	13,9	27,4

Tabla 4.3.6. Comparación de la productividad en artículos SCI del OSN con observatorios similares para el periodo 2002-2006. Notas: 1) factor de área respecto al OSN considerando conjuntamente el T90 y T150; 2) x = art./año = promedio de artículos SCI por año para el periodo 2002-2006 con las siguientes excepciones: a) OSN, periodo 2000-2004, b) OSN, periodo 2005-2007, c) SPM, periodo 2002-2004, d) Haute Provence y CASLEO, periodo 2002-2005; 3) x/A = "x" normalizado a la unidad de área, 4) x_{eq}T90 = previsión del número de artículos SCI anuales que debe producir cada observatorio tomando como referencia la producción del T90 durante el periodo 2002-2006; 5) x_{eq}T90+T150 (2000-2004) = igual a lo anterior, pero tomando como referencia la producción del conjunto T90+T150 durante el periodo 2000-2004, 6) x_{eq}T90+T150 (2005-2007) = igual a lo anterior, pero tomando como base el periodo 2005-2007.

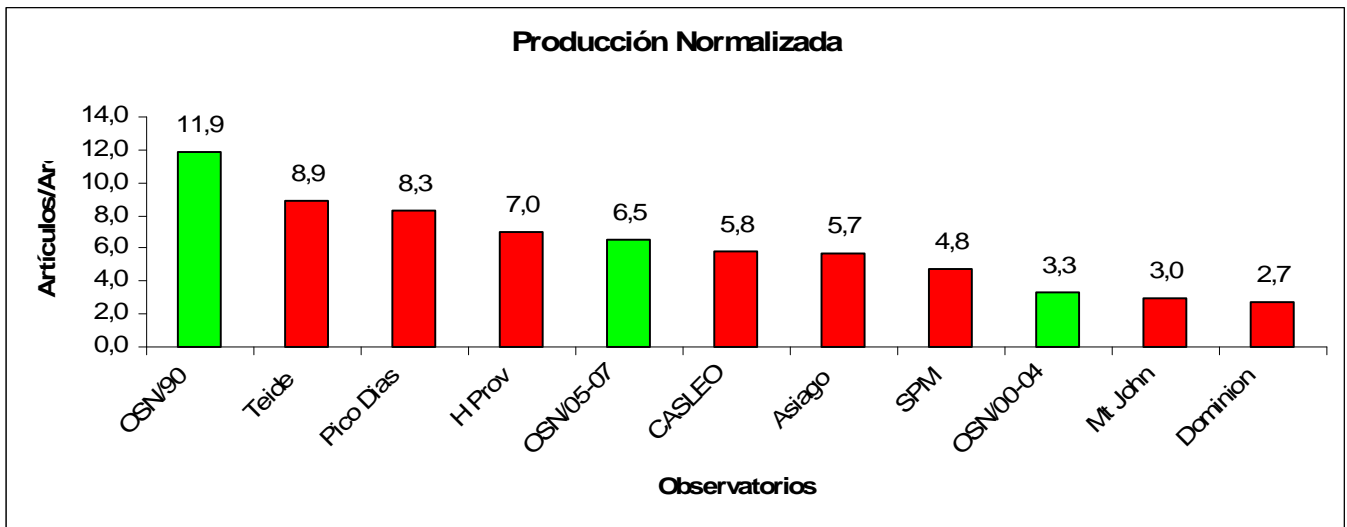


Figura 4.3.1. Comparación de la productividad en artículos SCI del OSN con observatorios similares para el periodo 2002-2006.

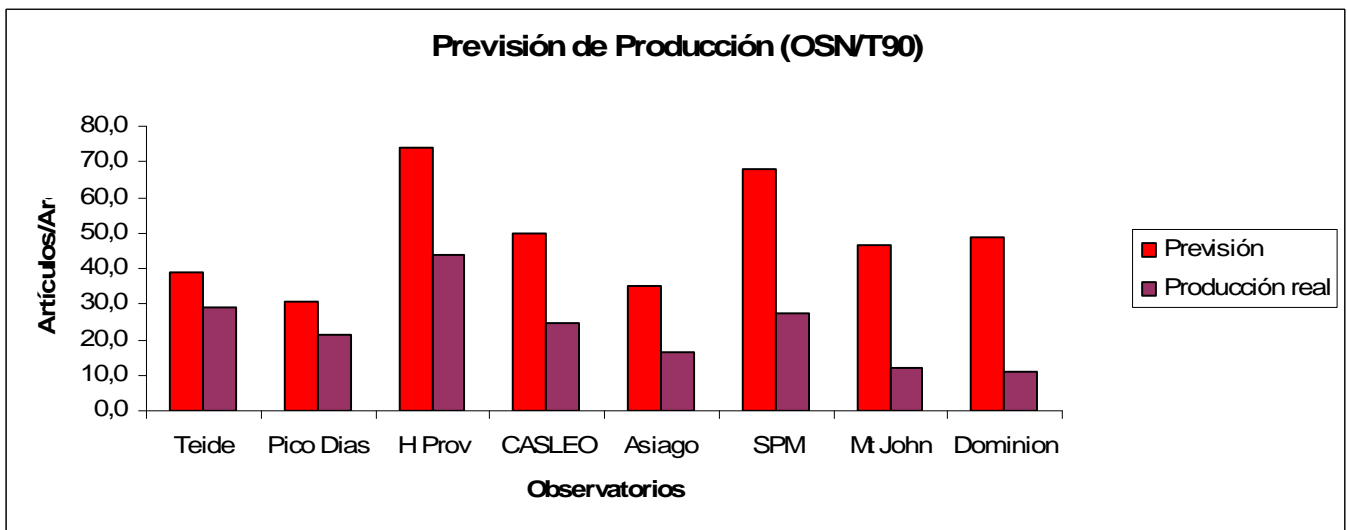


Figura 4.3.2. Comparativa entre la previsión y la producción real en artículos SCI de diferentes observatorios tomando como referencia la producción del T90 del OSN durante el periodo 2002-2006.

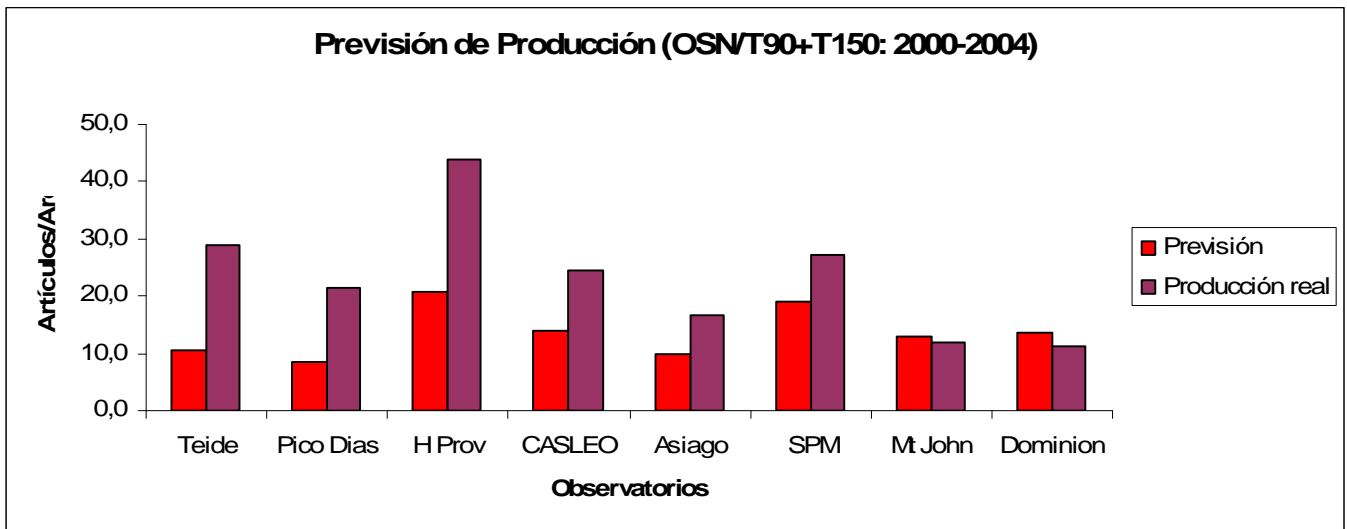


Figura 4.3.3. Comparativa entre la previsión y la producción real en artículos SCI de diferentes observatorios tomando como referencia la producción conjunta de los telescopios T90+T150 del OSN durante el periodo 2000-2004.

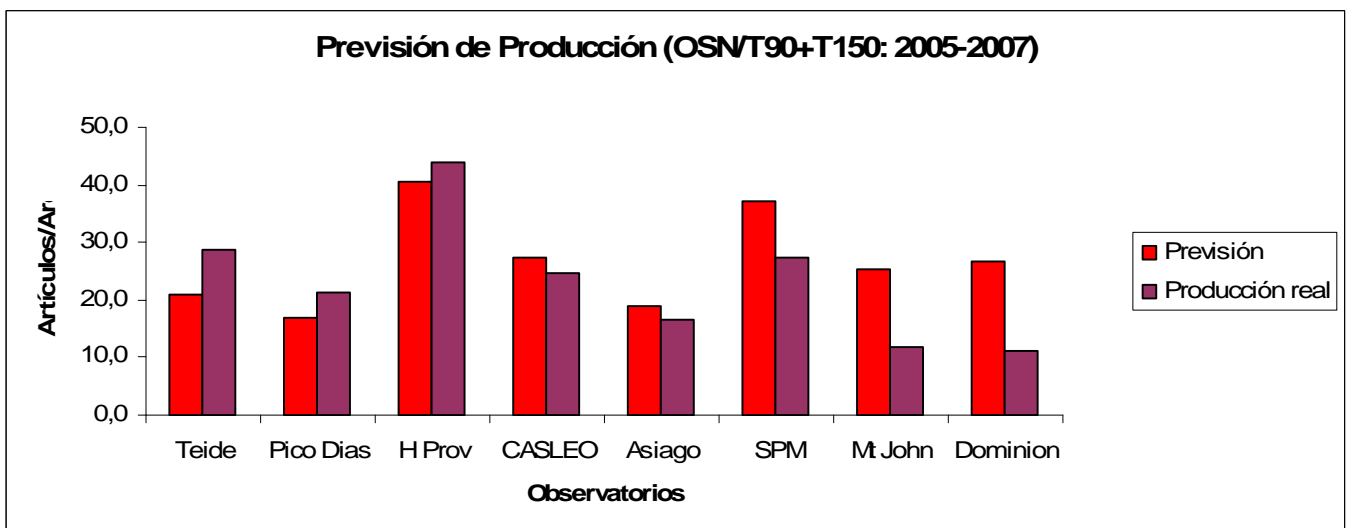


Figura 4.3.4. Comparativa entre la previsión y la producción real en artículos SCI de diferentes observatorios tomando como referencia la producción conjunta de los telescopios T90+T150 del OSN durante el periodo 2005-2007.

5. Coste económico

5.1 Coste económico del OSN

Privado...

5.2 Comparación con observatorios similares

Privado...

6. Conclusiones

Privado...