



Medidas de la turbulencia atmosférica en los Observatorios de Canarias: técnica SCIDAR

J.J. Fuensalida¹, B. García-Lorenzo¹, S. Chueca¹, C. Hoegemann¹, C. Muñoz-Tuñón¹, J. Vernin², J.M. Delgado¹, E. Mendizabal^{1,3}, M. Reyes¹, A. Varela¹

(1) Instituto de Astrofísica de Canarias

(2) Laboratoire Universitaire d'Astrophysique de Nice

(3) Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México

SCIDAR es una técnica que permite medir la turbulencia atmosférica ($C_N^2(h)$) ópticamente, así como la velocidad ($V(h)$) de esas capas turbulentas en función de la altura. El Instituto de Astrofísica de Canarias ha comenzado un programa de caracterización de la turbulencia atmosférica en los observatorios de Izaña (Tenerife) y Roque de los Muchachos (La Palma). En esta contribución describimos la técnica SCIDAR y su aplicación a diferentes problemas científicos: óptica adaptativa y comunicaciones ópticas; y presentamos resultados estadísticos de perfiles de turbulencia atmosférica obtenidos en el observatorio de Izaña (Tenerife), así como su evolución temporal.

1. Introducción

Las observaciones astronómicas desde tierra están fuertemente afectadas por la presencia de la atmósfera en varios aspectos. El efecto de la turbulencia atmosférica es el de mayor incidencia en la resolución espacial de los grandes telescopios, ya que degrada los frentes de onda que se propagan a través de ella. En los últimos años se han desarrollado técnicas instrumentales, denominadas sistemas de óptica adaptativa, para corregir los efectos de la turbulencia atmosférica en la luz que nos llega de los objetos astronómicos. Estas técnicas son complejas, y sólo con el conocimiento de los parámetros que describen la turbulencia atmosférica se puede lograr una eficiencia máxima de los sistemas de óptica adaptativa, simplificando también el diseño y la operación. Por esta razón, se hace imprescindible conocer adecuadamente y caracterizar con significación estadística la turbulencia atmosférica sobre los observatorios astronómicos. Con este fin, diversas técnicas están siendo probadas y aplicadas en diferentes observatorios del mundo (para obtener más información sobre estas técnicas: <http://www.iac.es/projects/sitesting/>). El Instituto de Astrofísica de Canarias comenzó hace más de un año un programa de caracterización de la turbulencia atmosférica en los observatorios de Canarias utilizando la técnica SCIDAR. En este trabajo describimos brevemente esta técnica y presentamos resultados obtenidos para el Observatorio del Teide, en la isla de Tenerife.

2. Técnica SCIDAR

Las capas de turbulencia presentes en la atmósfera terrestre distorsionan el frente de ondas de la luz que nos llega de los objetos astronómicos, introduciendo fluctuaciones de intensidad denominadas centelleo. La técnica SCIDAR (**Scintillation Detection and Ranging**) clásica fue propuesta por Vernin & Roddier (1973) y desarrollada durante años, pero ésta no permitía medir la turbulencia en las capas bajas, cerca de la cúpula del telescopio. Para resolver este inconveniente, Funchs, Tallon, & Vernin (1994) propusieron la versión SCIDAR generalizada, que ha sido comprobada y explotada en los últimos años (Ávila, Cuevas & Vernin 1998; Klueckers et al. 1998). La técnica SCIDAR utiliza los patrones de centelleo producidos por la turbulencia en la luz procedente de un sistema binario (dos estrellas). La metodología de esta técnica consiste en obtener un número elevado de patrones de centelleo instantáneos con un telescopio de apertura suficientemente grande. A partir del promedio de las correlaciones espacial y temporal se obtiene el perfil en altura de la turbulencia $C_N^2(h)$ y el de vientos $V(h)$.

Si consideramos el caso más simple en el que sólo tenemos una capa de turbulencia a una altura H_1 y observamos un sistema binario en el cenit, cuyas estrellas están separadas un cierto ángulo Φ en el cielo y la separación de las imágenes detectadas en el plano de medida es R_1 , tendremos, por geometría (figura 1A), que $H_1=R_1/\Phi$. Esta situación simple se puede generalizar al caso en el que tengamos diversas capas turbulentas, estando cada capa asociada a la altura calculable de la posición de los picos de la función de autocorrelación media de las imágenes de la binaria. Mientras que, en el método SCIDAR clásico, el plano de medida está situado en el plano de la pupila, en el SCIDAR generalizado, el plano de medida se coloca por debajo del plano de la pupila para poder medir en las capas bajas.

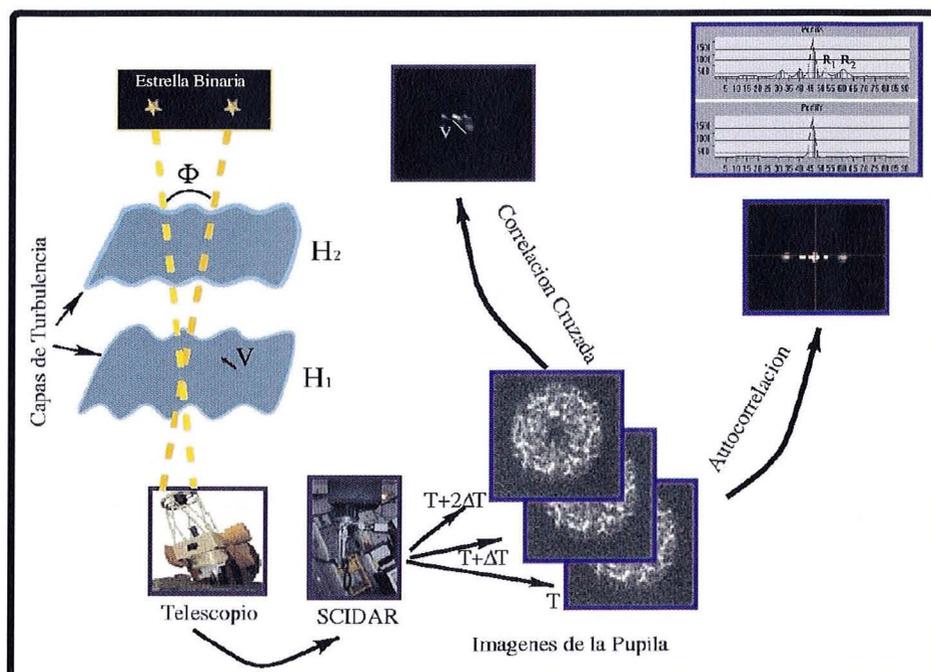


Figura 1: Esquema de la técnica SCIDAR.

3. Aplicaciones

Los perfiles de turbulencia son importantes a la hora de estudiar la propagación de la radiación a través de la atmósfera. Hay dos campos interesados en la caracterización de los efectos de la turbulencia atmosférica en la propagación de haces ópticos: la comunicación óptica con satélites artificiales y las técnicas astronómicas de alta resolución espacial, muy especialmente los sistemas de óptica adaptativa. En los sistemas de comunicación óptica, las características de la turbulencia delimitan las prestaciones en los enlaces bi-direccionales tierra-satélite mediante un láser. Los sistemas de alta resolución, además de la recuperación de alta calidad de las imágenes en tiempo real, importa el tamaño, es decir el campo, en el que las imágenes tienen una excelente nitidez. La

disposición de las capas de turbulencia en altura y la velocidad de sus movimientos fijan los requerimientos del número de correctores del frente de onda y de la velocidad de procesamiento de los sistemas de óptica adaptativa.

Por extensión, ciertas técnicas LIDAR, especialmente si requieren una focalización del haz ascendente, podrían beneficiarse del conocimiento previo de la estructura vertical de la turbulencia y de los movimientos de las capas.

4. Resultados para el Observatorio del Teide

El Instituto de Astrofísica de Canarias lleva realizando observaciones SCIDAR rutinarias desde hace más de un año. Disponemos ya de datos para más de 64 noches distribuidas a lo largo del año. En la figura 2, se muestra la evolución temporal de la turbulencia en dos noches. Los resultados preliminares de los perfiles tratados hasta el momento, indican que la turbulencia atmosférica sobre el observatorio se concentra en las capas bajas, por debajo de los 5 primeros kilómetros sobre el nivel del observatorio (2400m). Esporádicamente, se detectan diversas capas de turbulencia situadas por encima de los 5 Km. Esta tendencia favorece la corrección de campos (tamaños de la imagen) excepcionalmente grandes en comparación con otros observatorios de alta calidad.

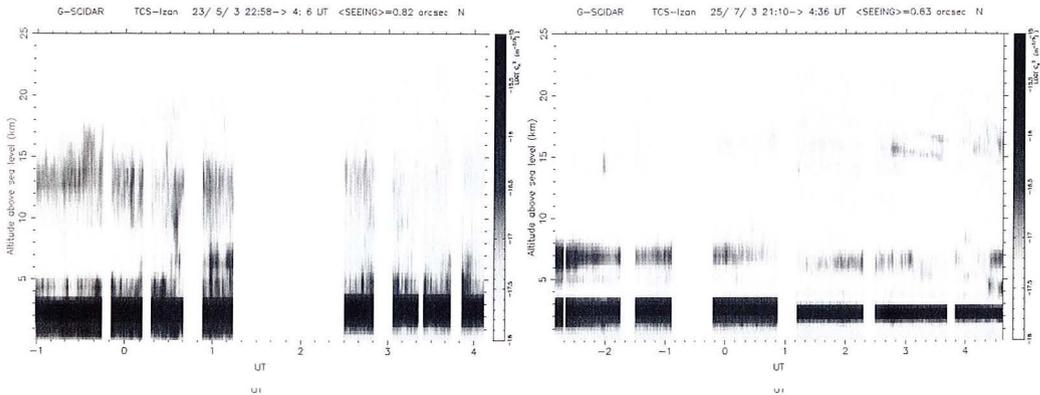


Figura 2: Evolución temporal de C_N^2 (h) a lo largo de las noches del 22-23 de mayo y 24-25 julio de 2003 en el Observatorio del Teide (Tenerife). Se indica, a la derecha de cada gráfico, la escala de grises en escala logarítmica. En el eje X, se indica el Tiempo Universal en horas y en el eje Y la altura sobre el nivel del mar en km (téngase en cuenta que el Observatorio del Teide está a una altura de 2400 m).