

VENTAJAS DE UN OBSERVATORIO ASTROFÍSICO EN CHILE

por el prof. HUGO MORENO

Astrónomo del Observatorio Astronómico de la U. de Ch.

Si hacemos un estudio de la distribución de los observatorios astronómicos en el globo terrestre, nos encontramos que por cada diez observatorios del hemisferio norte hay uno en el hemisferio sur. Esto se traduce en que el cielo boreal está mucho más observado y mejor conocido que el cielo austral. Si consideramos además, que en el hemisferio norte se encuentran todos los grandes telescopios y que los observatorios cuentan con un crecido número de astrónomos, vemos que el desnivel de observación se acentúa desfavorablemente para el hemisferio sur.

El cielo de nuestro hemisferio nos ofrece hechos peculiares, así tenemos en Alfa del Centauro a la estrella más cercana conocida, en Alfa del Can Mayor a la estrella de mayor brillo aparente y si consideramos a la Vía Láctea, la parte más brillante de ella se encuentra en la constelación de Sagitario y contiene el núcleo de nuestra galaxia; tenemos también las dos Nubes de Magallanes, de las cuales la Pequeña Nube sirvió para determinar la relación empírica "período - luminosidad", piedra fundamental para la determinación de distancia de la astronomía estelar.

Por su ubicación geográfica, los grandes telescopios del hemisferio norte no pueden ser empleados en la observación de objetos celestes de parte considerable del cielo austral. Esta es una razón más en favor del establecimiento de un observatorio astronómico en el hemisferio sur, dotado de potentes telescopios y de los más modernos equipos auxiliares. Los objetos de mayor interés para los trabajos de investigación de este futuro observatorio, lo constituyen el núcleo central de nuestra galaxia, la parte sur de ella y las dos Nubes de Magallanes. En consecuencia, conviene que por su ubicación el nuevo observatorio quede lo más al sur posible dentro del límite que impongan las condiciones meteorológicas. Estudiando el mapamundi nos encontramos que las áreas más adecuadas serían la parte sur de América del Sur, Sud África y Australia. La búsqueda de lugares apropiados ya se ha iniciado. Algunos países europeos entre los cuales se cuentan Alemania Occidental, Bélgica, Francia, Holanda y Suecia, están trabajando en Sud África anudando sus esfuerzos y teniendo como objetivo final un observatorio que contará inicialmente con un reflector de 120 pulgadas (3.05 m.) de diámetro y una cámara Schmidt

equivalente a la de Monte Palomar. La Universidad de Yale de los Estados Unidos efectuó en Australia la prospección de la visibilidad astronómica en diferentes lugares del territorio, en un programa de búsqueda de lugares adecuados para el establecimiento de un gran telescopio astrográfico en el hemisferio sur. Esta investigación acaba de ser terminada en abril del presente año y la conclusión ha sido que el continente Australiano ofrece varios lugares moderadamente buenos para el propósito, pero que no existe un lugar de primera clase como sería lo exigido para un instrumento de esa categoría.

A mediados de 1958, el Director del Observatorio Astronómico Nacional, prof. F. Rutllant, fue invitado por el Departamento de Estado de los Estados Unidos a visitar los principales observatorios astronómicos de ese país. Durante su visita al Observatorio de Yerkes, dependiente de la Universidad de Chicago, expresó al Director de aquel entonces, Dr. G. P. Kuiper, la esperanza de que astrónomos norteamericanos a través de algún organismo como AURA (Association of Universities for Research in Astronomy) u otro grupo universitario pudiesen colaborar con la Universidad de Chile en la erección de un observatorio astronómico de importancia, sacando partido de las excelentes condiciones climáticas de nuestro país, similares en la Zona Central a las de California, donde están instalados los más grandes telescopios del mundo. La idea encontró entusiasta acogida de parte del Dr. Kuiper, quien de inmediato se movilizó para buscar la institución que daría el respaldo económico al proyecto. Hacia fines de 1958 la Universidad de Chile había aceptado en principio un plan de cooperación con las universidades de Chicago y Texas con el fin de construir un observatorio en nuestro país, que contaría inicialmente con un telescopio de 40 o 60 pulgadas de diámetro; la ayuda financiera se consiguió del Geophysics Research Directorate de la Fuerza Aérea de los EE. UU.

En marzo de 1959 el Dr. Kuiper viajó a Santiago acompañado del Dr. Miczaika y del Sr. Slavin, ambos del Geophysics Research Directorate. En esta visita quedaron ultimados los detalles del plan de cooperación y se decidió que el trabajo de prospección de las condiciones de visibilidad astronómica se iniciaría en

abril del mismo año. Con este objeto y para dirigir la parte técnica de la prospección vino a Santiago el Dr. J. Stock, astrónomo del Observatorio de McDonald de la Universidad de Texas. La segunda visita del Dr. Stock se realizó en agosto-septiembre de 1959, coincidiendo con la visita del Dr. I. Epstein representante de la Universidad de Columbia y que vino al país con un propósito similar. Las Universidades de Yale y Columbia deseaban investigar la visibilidad astronómica en nuestro país y en Argentina, guiados por el mismo propósito que en Australia. Posteriormente el Dr. Stock ha venido y vendrá en el futuro por períodos de varios meses seguidos, con el fin de dirigir personalmente los trabajos de prospección.

La selección de los lugares en que se iba a investigar la visibilidad astronómica se hizo considerando múltiples factores entre los cuales cabe destacar las condiciones meteorológicas. Analizando los registros meteorológicos existentes en el país es fácil darse cuenta que un observatorio astronómico, al cual se piensa exigir el máximo en lo que a tiempo de trabajo se refiere, no puede quedar ubicado al sur de Rancagua, pues el número de días despejados decrece rápidamente a medida que la latitud se hace más austral. Tomando como base Santiago o sus alrededores, con un total de unos 180 días despejados anuales, a medida que nos trasladamos hacia el norte vamos ganando en ese sentido y así en los alrededores de Vicuña es posible esperar cerca de 300 días despejados; más al norte la ganancia aumenta llegando a un límite superior cercano a los 360 días despejados en el interior de la provincia de Antofagasta.

Las condiciones meteorológicas son importantes, en especial el número de días despejados; pero no es el único factor que se debe considerar en la selección de los lugares. La existencia de polvo en la atmósfera es un valor negativo que hay que tomar en cuenta, un cierto mínimo de vegetación es necesario para retener el polvo y no contaminar la atmósfera. Yendo al norte del valle del río Elqui la vegetación es casi nula y desaparece totalmente al norte del valle del río Copiapó. Los grandes observatorios están ubicados en zonas alejadas de los grandes centros poblados evitando la opacidad de la atmósfera producida por los residuos de la combustión.

Se ha demostrado que elevándose sobre la capa de inversión de temperatura se gana efectivamente en la visibilidad astronómica, se tiene mejor "seeing" —ese es el término técnico que se emplea. En el área en que se está efectuando la prospección, la capa de inversión alcanza una altura entre los 1,500 y los 2,000 metros; por este motivo todas las cumbres seleccionadas tienen alturas comprendidas entre los 2,000 y 3,000 metros. Sobre los 3,000 metros se hace fatigoso trabajar.

Hay todavía algunos factores más que considerar: la topografía del terreno, la posibilidad del acceso, los recursos naturales —en especial agua y todo aquello que contribuye a la viabilidad del lugar. La búsqueda de los posibles lugares de ubicación del nuevo observatorio se realizó tomando en cuenta los antecedentes mencionados, circunscribiendo el área de investigación a la zona entre Santiago y la parte sur del desierto de Atacama. Se estudiaron los lugares potenciales, primero en el mapa geográfico, luego por medio de reconocimientos aéreos y terrestres. Considerando en conjunto los programas de prospección de las Universidades de Chicago y Columbia, los cerros seleccionados fueron:

Cerro	Altura metros	Latitud S.	Longitud W.
1 Alto del Toro	2.297	33° 22'	70° 21'
2 Colorado	3.300	33 19	70 17
3 El Roble	2.222	32 58	71 02
4 Tabaco	2.342	32 39	70 50
5 Llampangui	2.060	31 20	71 08
6 Huatulame	2.560	30 52	70 54
7 Negro	2.650	30 15	70 44
8 Morado	2.260	30 13	70 49
9 Tololo	2.300	30 10	70 49
10 Guamayuca	2.200	29 59	70 39
11 Blanco	2.800	29 54	70 40

De estos cerros pronto se dejó de lado el Colorado, por el fuerte viento reinante en la cumbre, y Huatulame por las dificultades del acceso. Antes de entrar a analizar los métodos seguidos para la determinación del "seeing" veamos la parte astronómica propiamente tal del problema.

Sabemos que la atmósfera que rodea la Tierra afecta las observaciones astronómicas hechas desde su superficie, de dos modos diferentes: cambia la dirección y la intensidad del rayo luminoso. Estos dos tipos de perturbación se producen en diferentes partes de la atmósfera y por diferentes mecanismos y pueden considerarse que están formados por un término constante y uno variable. El rayo luminoso, al atravesar la atmósfera, sufre una desviación y una pérdida de intensidad; el término constante de la desviación se llama "refracción" y el término constante de la pérdida de intensidad se llama "extinción". A las variaciones erráticas de la dirección del rayo de luz se llama "seeing" y a las variaciones casuales de la intensidad del rayo de luz se las llama "centelleo". Cuando se observa una imagen estelar a través de un

telescopio, utilizando un fuerte aumento, la estructura de la imagen aún con una óptica que se considere perfecta, no corresponde frecuentemente a la figura de difracción teórica: los anillos de difracción se resuelven sólo en parte y algunas veces desaparecen totalmente; aún más, muy a menudo se observa un movimiento irregular de la imagen. La distorsión de la imagen, así como su movimiento, pueden variar con el tiempo y con la ubicación del observador. Estos desplazamientos al azar de parte o del total de la luz recibida por el telescopio son lo que hemos llamado "seeing". La calidad del seeing depende fuertemente de la abertura del telescopio: con pequeñas aberturas los desplazamientos de toda la imagen constituyen a menudo el efecto principal; pero con grandes aberturas se observan una deformación y una pérdida de nitidez de la imagen y con nada o muy poco movimiento de la imagen como conjunto.

La determinación de la calidad del seeing se ha realizado utilizando telescopios de pequeña abertura; se adaptaron micrómetros a refractores de 4 pulgadas de diámetro y con ellos se midieron los desplazamientos y el diámetro de las imágenes estelares. El viento hace vibrar los telescopios, en especial los pequeños instrumentos; para suprimir estas vibraciones, que llegado el caso pueden falsear totalmente los resultados, es necesario asegurar la estabilidad del instrumento y protegerlo del viento con pantallas o paredes adecuadas. Cuando la velocidad del viento supera los 15 o 20 kilómetros por hora, la observación se hace imposible y hay necesidad de emplear instrumentos del tipo de los interferómetros. Estos últimos instrumentos fueron diseñados por el Dr. Stock y consisten en dos pequeños telescopios de 4 pulgadas de abertura que están separados por una distancia de unos 150 centímetros. En el campo del ocular aparecen dos imágenes móviles y lo que se mide es la variación relativa de la distancia entre ellas. Las mediciones de los desplazamientos y diámetros de las imágenes estelares se efectúan cada dos horas cubriendo toda la noche. En cada oportunidad se deja constancia de las condiciones meteorológicas del momento, vale decir temperatura, humedad relativa, viento, nubosidad y posible existencia de bruma. Para complementar la información anterior se han instalado cinco termohigrógrafos que registran temperatura y humedad relativa; además está funcionando en cerro Guamayuca una cámara patrullera. Este instrumento fotografía automáticamente cierta zona del cielo en exposiciones de media en media hora; un estudio posterior de la película permite apreciar el grado de nubosidad del momento.

Por otra parte, el trabajo de prospección del seeing realizado en cooperación con la Universidad de

lumbia se efectuó durante un período de once meses a partir de octubre de 1959, utilizando un equipo de telescopios Danjon que prestaron servicio en el programa similar desarrollado en Australia. Los telescopios Danjon son dos pequeños reflectores cuyos espejos tienen un diámetro de 20 centímetros y que con un juego adecuado de oculares permite observar hasta con 600 aumentos. Las observaciones para determinar la calidad del seeing se efectuaban en cuatro sesiones durante la noche, cada dos horas y de 10 p. m. a 4 a. m.; en cada caso se observaban 5 estrellas de magnitudes entre la primera y cuarta y a distancias zenitales no mayores que 60°. El método empleado para determinar la calidad del seeing está descrito por Danjon y Couder en "Lunettes et Téléscopes". Según él se da una estimación visual del seeing analizando la apariencia de los anillos de difracción y de las sombras volantes (figuras móviles de interferencia que se observan al quitar el ocular y mirar el desplazamiento de una estrella al cruzar frente al espejo primario). La calidad de la imagen se califica en una escala de 0 a 5, siendo 5 el valor óptimo. Conjuntamente con estas observaciones se dejan anotadas las condiciones meteorológicas del momento.

Resumiendo los resultados obtenidos hasta la fecha, podemos decir que en general tenemos buenas condiciones de visibilidad astronómica, siempre que se haga una selección conveniente del lugar. Los mejores resultados obtenidos corresponden a la zona de Viña donde se han encontrado condiciones excepcionalmente buenas, tan buenas que estarían por encima de cuanto se conoce en la actualidad. Este hecho se ha traducido en un creciente interés por parte de los astrónomos norteamericanos, de tal modo que la responsabilidad del programa ha pasado a AURA y con ello son nueve las universidades de los Estados Unidos las que participan, a saber, Universidades de California, Chicago, Harvard, Indiana, Michigan, del Estado de Ohio, Princeton, Wisconsin y Yale.

En la primera quincena de diciembre estuvieron de visita en nuestro país los Drs. C. D. Shane y N. U. Mayall, miembros del Directorio de AURA; visitaron los cerros Tololo, Morado y Blanco, pudiendo comprobar la bondad de los lugares seleccionados.

Ellos, al igual que nosotros, ciframos grandes esperanzas en este futuro Observatorio, pues significará un positivo avance para la Astronomía y para el nivel científico de Chile. Uno de los puntos básicos del programa de cooperación será la ayuda que nos prestarán en la formación de nuestro personal científico, ayuda que se extenderá a otros estudiantes graduados latinoamericanos con el fin de formar profesionales de sólida preparación, futuros investigadores del cielo austral.