

LOS OBSERVATORIOS DEL HEMISFERIO AUSTRAL, SU ACTUAL Y SU FUTURA IMPORTANCIA

por JOHN B. IRWIN

De la Carnegie Institution of Washington

ADELINA GUTIÉRREZ MORENO y HUGO MORENO

Del Observatorio Astronómico Nacional, U. de Ch.

El firmamento austral ofrece un espectáculo maravilloso, especialmente para el astrónomo del hemisferio norte que con pulso acelerado lo contempla por primera vez al llegar a Johannesburg, Sidney o Santiago. Sus reacciones son similares a las del héroe del cuento de hadas que abre la puerta de la casa del tesoro y ve una centelleante colección de hermosas e inapreciables joyas. Si el astrónomo es afortunado y está contemplando el cielo en una noche de invierno transparente como un cristal, con el arco brillante de la región sur de la Vía Láctea alto en el cielo, verá un panorama que sobrepasa muy lejos a cualquier cosa que haya visto desde las latitudes boreales. A la izquierda hacia el este, se ve fácilmente el núcleo de nuestra galaxia, la Vía Láctea, delineado por la gran nube de estrellas de Sagitario y cruzado por numerosas manchas oscuras y típicas franjas absorbentes de materia interestelar. Arriba, hacia el sur, la brillante estrella Alfa del Centauro —un sistema triple que es el más próximo a la Tierra y que está a la miseria de poco más de cuatro años luz de distancia— está rodeada por Beta del Centauro, la Cruz del Sur y una nube oscura llamada el Saco de Carbón. Más hacia la derecha se encuentra la parte más brillante de toda la Vía Láctea, la nube estelar de Carina; y abajo hacia el suroeste se destaca un estrella brillante, Canopus. Dos débiles nubecillas, semejantes a cirros celestes visibles aún más bajas hacia el sur, son las dos Nubes de Magallanes, las más cercanas de las galaxias exteriores.

Es un capricho de la naturaleza que esta casa del tesoro de joyas celestes sea visible desde el hemisferio sur y esté bajo el horizonte para la mayoría de los observatorios boreales. Es también un capricho de la historia —y tal vez de la geografía— que las civilizaciones hayan florecido y alcanzado su plena madurez primero en el hemisferio norte. La lista de los grandes astrónomos desde los tiempos de Hiparco y Tolomeo, y más tarde Tycho Brahe, Galileo, Kepler, Newton, William Herschel y tantos otros hasta nuestros días, es una lista exclusiva de grandes investigadores que cambiaron radicalmente

el curso del pensamiento científico, filosófico y religioso, pero que en su mayor parte vivieron en el hemisferio norte y nunca vieron el firmamento austral. La astronomía siempre ha estado desequilibrada en este sentido. Aún en el presente, en que se hacen esfuerzos exhaustivos en el hemisferio sur para construir nuevos observatorios y ampliar los ya existentes, los observatorios del norte sobrepasan en número a los del sur más o menos por tres a uno y se estima que los astrónomos del norte son veinte veces más numerosos que sus colegas del sur. En nuestro hemisferio no hay ningún telescopio tan poderoso como el reflector. Hale de 200 pulgadas de Monte Palomar, el de 120 pulgadas del Observatorio Dick en Monte Hamilton, el nuevo reflector de 102 pulgadas de Crimea, el de 100 pulgadas de Monte Wilson o el de 82 pulgadas del Observatorio McDonald en el oeste de Texas. Los grandes telescopios están en observatorios operados por prestigiosas instituciones de investigación y por lo tanto han tenido un profundo efecto en el devenir del pensamiento científico.

El cielo es un gran laboratorio inalcanzable —por lo menos en la era pre-Sputnik— pero sujeto a una abismante variedad de investigaciones y análisis. En el espacio exterior las temperaturas son más altas —o más bajas— y las densidades son mayores —o menores— que los valores que es posible obtener con facilidad en un laboratorio terrestre. La materia es torturada, retorcida y hecha pedazos de modos extraños y nuevos; en estos procesos se emite radiación electromagnética, la cual, si se intercepta e interpreta en forma adecuada, revela la naturaleza fundamental de átomos y estrellas y en general del universo en que vivimos. La investigación astronómica estudia no sólo lo muy grande sino también lo infinitamente pequeño; no sólo las galaxias, los cúmulos de galaxias y las grandes profundidades del universo observable, sino también los fotones y protones, átomos y moléculas. El astrónomo no puede controlar estos experimentos celestes; apenas los puede observar e interpretar. Por esta razón la astronomía es esencialmente una ciencia de observación

La Gran Nebulosa cerca de Eta Carina. Fotografía del Observatorio de Monte Stromlo tomada por B. J. Bok, lograda con el telescopio Uppsala Schmidt, exposición 90 minutos en emulsión Eastman 103a. Esta gran nube gaseosa está a una distancia aproximada de 5 mil años luz del sol. Nótense las marcas negras producidas por la intervención de nubes de polvo cósmico



y no una ciencia experimental como lo son la física y la química.

Como ciencia de observación la astronomía necesita escudriñar todos los rincones del cielo y el hemisferio sur debería llegar a ser una estación de observación de uso más frecuente. Las últimas décadas han significado grandes adelantos técnicos y científicos, que hacen más factible establecer nuevos observatorios en nuestro hemisferio y obtener mayor información de cada observación realizada.

En un observatorio el astrónomo debe escoger muy cuidadosamente las estrellas que quiere observar y el método que utilizará para observarlas. El débil haz de luz proveniente de una estrella o de una

galaxia lejana se concentra en el foco del telescopio. El astrónomo puede mirar esta luz a través de un ocular; pero más a menudo mide alguna de sus cualidades, tales como su dirección, intensidad, polarización o color. Aún más importante es el estudio, con gran detalle, de esta radiación mediante un espectrógrafo que separa los colores componentes de la luz en el conjunto ordenado de longitudes de onda que llamamos espectro. Asociados con cada gran telescopio hay, por consiguiente, un gran número de instrumentos auxiliares. Con placas fotográficas sensibles se pueden registrar las imágenes de estrellas diez a cincuenta veces más débiles que lo que puede verse a través del ocular; también es

posible lograr un registro permanente de miles de estrellas con una sola exposición —a menudo en las regiones ultravioleta e infrarroja del espectro, en las cuales el ojo humano es insensible. Si la débil luz de una estrella, canalizada a través de un diafragma pequeño, se hace incidir sobre una superficie álcali sensible, se convierte en electricidad a través de la magia del efecto fotoeléctrico; la débil corriente así obtenida se amplifica millones de veces y la luz de la estrella, tal vez invisible, se registra —con gran exactitud— en un miliamperímetro inductor. El astrónomo actúa como un oficial de tráfico, interponiendo filtros monocromáticos en el camino del rayo luminoso y enviando la luz de una estrella tras otra a través de un diafragma. De este modo puede medir su color con una precisión mayor que el 1%.

Los tubos fotomultiplicadores, desarrollados durante la última guerra mundial, son sensibles y estables y se pueden usar en un gran rango de colores. Utilizando un filtro verde-amarillo adecuado es posible reproducir la sensibilidad del ojo humano en forma tan precisa que se pueden derivar magnitudes visuales de observaciones fotoeléctricas. Con este mismo procedimiento es posible imitar la sensibilidad de color de la placa fotográfica. Esto es muy importante porque con relativamente pocas observaciones fotoeléctricas y algunas placas fotográficas resulta posible obtener una calibración precisa y segura de modo que las magnitudes y colores de miles de estrellas en un rico cúmulo o en una galaxia pueden derivarse de las imágenes de la placa con un mínimo de esfuerzo de observación. Cualquier teoría con respecto al tamaño, naturaleza y constitución del universo se basa, fundamentalmente, en lo que el astrónomo fotografía, identifica y mide con sus telescopios más potentes. Considerando las necesidades de la astronomía actual, hay demasiado pocos reflectores grandes y esto es esencialmente cierto para el hemisferio sur, cuyos dos telescopios mayores son el de 74 pulgadas del Observatorio Radcliffe en Pretoria, Sudáfrica, y el relativamente nuevo de 74 pulgadas de Mount Stromlo, cerca de Cambera, Australia.

El desarrollo de los nuevos fotomultiplicadores ha sido para los astrónomos un presente inapreciable; ha señalado derroteros que aumentan la precisión en un factor de diez y la sensibilidad de los detectores casi en un factor de cien. Se ha necesitado cierto tiempo para elaborar algunas de las técnicas y aplicaciones científicas más recientes; pero hoy en día, es un hecho reconocido que el énfasis de las nuevas investigaciones ha sufrido un cambio drástico debido a este pequeño tubo que cabe en la

palma de la mano. La posibilidad de medir intensidades en el ultravioleta, hasta entonces muy poco explorado, fue una de las nuevas técnicas que primero se aplicó. Estas mediciones resultaron extremadamente útiles en muchos aspectos, tales como la evaluación de la temperatura, luminosidad absorción interestelar y distancia de una estrella o de grupos o cúmulos de estrellas. El estudio de los cúmulos estelares ha sido siempre fructífero; como todas las estrellas de un cúmulo están prácticamente a la misma distancia de nosotros, una estrella del grupo que se destaque por su brillo es realmente más brillante que el resto. Por consiguiente es posible estudiar las relaciones genéticas entre la luminosidad relativa y algunos otros parámetros tales como el color, tipo espectral, temperatura o, en el caso de ciertas estrellas variables, el período de la variación de la luz. Estos estudios extendidos a estrellas y cúmulos en galaxias cercanas, se han usado para determinar distancias de cúmulos importantes y han dado una estimación de las edades de las estrellas. Este es un excitante campo de investigación que se ha desarrollado en los últimos quince años.

Otro notable adelanto lo constituye la fotometría fotoeléctrica en banda angosta, mediante la cual las intensidades de ciertas líneas espectrales importantes del hidrógeno, del calcio y de otros átomos y moléculas se miden fotoeléctricamente por medio de filtros coloreados de bandas de transmisión muy angosta, centrados en las longitudes de onda adecuadas. Aplicando las calibraciones de luminosidad y tipo espectral de estrellas conocidas a otras más débiles y distantes, es posible determinar las masas y edades de muchas estrellas. Aunque tales estudios están todavía en su infancia han abierto un nuevo panorama de estimulantes posibilidades.

Los nuevos fototubos nos han dado nuevas técnicas, mayor precisión y nueva información; pero también han creado nuevos problemas. Por ejemplo, tanto la efectividad como la precisión de las observaciones fotoeléctricas están limitadas por la calidad de la atmósfera; de este modo el polvo, las nubes, la turbulencia, la presencia de luz artificial, empeoran los resultados. La mayoría de los observatorios están inadecuadamente ubicados, debido a una o varias de las causas señaladas, por lo tanto no pueden competir —en cantidad o calidad de los resultados fotométricos— con telescopios ubicados en sitios más favorables. Además, en muchos observatorios trabajan astrónomos que no están familiarizados con las técnicas fotoeléctricas y que no han captado que lo que está ocurriendo es algo más que una revolución sin importancia. Más aún, las

Fotografía de la región de Eta Carina tomada el 5-III-1965 utilizando el astrógrafo Sautier del Observatorio Astronómico Nacional de la Universidad de Chile. Distancia focal 3.46 m., diámetro del objetivo 33 cms., con una exposición de 80 minutos



bibliotecas de los observatorios están llenas de catálogos estelares y publicaciones que dan magnitudes y, en un rango más restringido, colores tan inexactos que no se puede confiar en ellos. De modo que se ha producido una situación por la cual el trabajo realizado durante años debe reactualizarse, al mismo tiempo que un gran número de problemas y posibilidades enteramente nuevos se abren ante nosotros; sin embargo, muchos observatorios que en el pasado hicieron contribuciones substanciales al progreso de la astronomía, no están en con-

diciones de continuar haciéndolos por los factores que ya hemos señalado. Esto crea una serie de problemas, pero también ofrece importantes posibilidades. En resumen: 1) se pueden instalar nuevos telescopios "fotoeléctricos" en algunos de los observatorios existentes que estén muy bien ubicados; 2) es una necesidad urgente construir nuevos observatorios en lugares escogidos especialmente por la calidad astronómica de su cielo. Hay una tercera posibilidad, a saber, trasladar los telescopios existentes a ubicaciones mejores; esto se ha hecho muy

pocas veces, tal vez porque el costo de habilitar una nueva estación con energía eléctrica, agua, caminos, cúpulas, oficinas, talleres y residencias es generalmente mucho mayor que el costo del telescopio que se quiere trasladar.

Es necesario destacar otro punto importante. Un gran reflector no tiene igual para el análisis espectroscópico de estrellas débiles o brillantes o para la fotometría fotoeléctrica de estrellas y galaxias muy débiles; sin embargo, no es adecuado para observaciones fotoeléctricas de estrellas de sexta u octava magnitud y aun de décima magnitud. Hay más de 300.000 estrellas conocidas más brillantes que la décima magnitud visual y es posible observar fotométricamente en tres colores estas estrellas con tanta exactitud —salvo unas pocas excepciones— con un reflector de 24 pulgadas como con uno de 200 pulgadas. El telescopio más pequeño hará el trabajo mucho más rápido (y aun, en el promedio, con un poco más de precisión) por ser tan maniobrable; el tiempo necesario para desplazarse de estrella a estrella es mucho menor, y la diferencia en costo instrumental —un factor de alrededor de 500— es considerable. Además el trabajo tiende a acumularse en los grandes reflectores. En el Observatorio McDonald se ha encontrado que el reflector de 36 pulgadas es sumamente útil para complementar el trabajo del gran reflector de 82 pulgadas. En Monte Palomar un reflector de 20 pulgadas está en operación junto a su hermano mayor. En el hemisferio sur se ha construido, y puesto en funcionamiento recientemente, un reflector de 36 pulgadas de la Universidad de Leiden (Holanda) en la nueva ubicación del Union Observatory en Hartebeespoortdam, a unos 35 kilómetros al oeste de Pretoria. Este reflector ha sido diseñado especialmente para investigaciones fotoeléctricas; puede ser dirigido con rapidez y precisión, en forma semiautomática, al astro que se desea observar, y los accesorios fotoeléctricos están diseñados para trabajar simultáneamente en varios colores. Parece ser el telescopio adecuado en el lugar y momento adecuados.

Es posible usar con cierto esfuerzo un reflector de 36 pulgadas para medir el brillo y el color de una estrella de magnitud 20, unas 400.000 veces más débil que lo que puede verse a ojo desnudo. Hay alrededor de mil millones de tales estrellas y el astrónomo debe elegir cuidadosamente cuáles va a observar —no puede pensar en observarlas todas. Muy poco, o tal vez nada, se sabe acerca del 99,9% de estas estrellas y por esta razón sólo una pequeñísima fracción de ellas puede considerarse, aún en forma preliminar, como posibles integrantes de un programa de observación. Los objetos más interesantes son las estre-

llas miembros de un cúmulo, las cefeidas y variables a eclipse, las estrellas con espectros peculiares y las azules débiles, las estrellas cercanas y las de gran movimiento. El valor de la investigación de un astrónomo depende en su mayor parte de las estrellas que decide observar y del tipo de instrumentos que tiene a su disposición. Mientras más información tenga acerca de las estrellas que están dentro de sus posibilidades, más acertada será su elección y mayor la probabilidad de que sus observaciones sean significativas. Algunas veces es posible separar grupos de estrellas interesantes utilizando técnicas especiales. Por ejemplo, comparando fotografías de la misma zona estelar tomadas en épocas diferentes con un telescopio de gran campo, es posible seleccionar las estrellas de gran velocidad; éstas se destacan, aunque el intervalo entre las dos placas haya sido sólo de diez años, por el desplazamiento de sus imágenes en una fracción de milímetro. Esta técnica permite también distinguir la mayoría de las estrellas cercanas y, después de una selección adicional, otros grupos interesantes de estrellas tales como las enanas blancas.

Hay otro modo de encarar el problema, uno que ha resultado útil en el pasado y que, indudablemente, será aún más provechoso en el futuro. Consiste en observar todas las estrellas hasta una magnitud límite dada, con la mayor precisión posible y de muchas maneras diferentes. Las observaciones básicas de las estrellas pueden incluir una variedad de aspectos tales como posiciones, magnitudes, colores, tipos espectrales, luminosidades, distancias, velocidades radiales y polarizaciones. Un rápido análisis de las 70.000 estrellas más brillantes que magnitud visual 8,5, indica que tenemos datos incompletos y poco precisos para la gran mayoría de estas estrellas en los aspectos señalados. Un estudio posterior nos muestra que —gracias a los tubos fotomultiplicadores— es posible obtener con rapidez resultados muy precisos para la información que nos interesa, excepto para las posiciones y movimientos propios y tal vez para las velocidades radiales. Se ha tratado de encontrar algún método para determinar estas velocidades radiales mediante técnicas fotoeléctricas adecuadas y, seguramente, se obtendrán resultados positivos en este sentido. Si todos estos datos básicos se pudiesen conseguir —lo que podría lograrse, con la ayuda y el esfuerzo adecuados, en los próximos diez años— la investigación astronómica proseguiría en un nivel mucho más alto y a un ritmo mucho más rápido. Lo que se necesita es disponer de un par de observatorios situados en las dos mejores ubicaciones que se puedan encontrar, uno en cada hemisferio; cada uno de estos observatorios debe contar con algunos reflectores de tamaño moderado, equipados con instrumental fotoeléctrico altamente especializado. La preparación de los pro-

gramas de observación y la reducción, análisis y elaboración de los copiosos datos que se obtendrán son, evidentemente, trabajos que requieren una computadora electrónica. Tal vez el mayor impacto de la información que se obtenga, se producirá en los futuros programas de observación de los grandes reflectores. En resumen, los adelantos científicos y técnicos de los últimos años han dado a los astrónomos una oportunidad única, que debe aprovecharse sin pérdida de tiempo.

El cielo entero ha sido fotografiado muchas veces con diferentes instrumentos de gran campo. El trabajo más reciente cubre las tres cuartas partes del cielo —todo el hemisferio norte y parte del hemisferio sur— y se ha realizado a una escala, con una profundidad y calidad que será difícil de superar en un futuro cercano. Para este trabajo se usó la gran cámara Schmidt de 48 pulgadas de Monte Palomar; el Atlas resultante, realizado en colaboración entre el Observatorio de Monte Palomar y la National Geographic Society, se encuentra en las bibliotecas de un centenar de observatorios de todo el mundo. La publicación de este Atlas se ha traducido ya en muchos descubrimientos importantes y la mayoría de los astrónomos encuentra que las aproximadamente 1.800 fotografías de 14×14 pulgadas son herramientas muy útiles para una gran variedad de investigaciones. La extensión de este Atlas a la importantísima parte de la esfera celeste centrada en el polo sur es de capital importancia. Tal extensión no sólo completaría la exploración del cielo, sino que nos daría, por primera vez, una imagen real de gran profundidad y en dos colores, de estas importantes estrellas australes. La publicación de tal suplemento estimularía las investigaciones futuras en estas regiones y les daría nueva dirección y énfasis. Vale la pena hacer notar que una cámara Schmidt de 48 pulgadas, no es la cámara de exploración mayor o más efectiva que se puede construir. Una cámara Schmidt de doble diámetro y triple distancia focal es posible desde el punto de vista técnico y podría explorar el cielo en un tiempo razonable, a una escala tres veces mayor y fotografiando objetos diez veces más débiles que los del Atlas de Monte Palomar, con un costo estimativo de unos cinco millones de dólares.

Si enfocamos nuestra atención en el campo de la astrometría o medición de las posiciones estelares, encontramos que el astrónomo está interesado no sólo en la posición de una estrella como tal, sino también en su cambio de posición, que se conoce con el nombre de movimiento propio. Estos movimientos propios se miden en unidades de milésimos o diezmilésimos de segundo de arco por año. Uno de los grandes problemas modernos de observación es reducir los erro-

res de estos movimientos anuales a valores del orden de un milésimo y aun de un diezmilésimo de segundo de arco para el mayor número de estrellas que sea posible. Este es un difícil problema de observación, ya que actualmente no sabemos cuáles son las estrellas que serán de especial interés para los astrónomos del futuro; por esto es absolutamente necesario que se obtengan ahora posiciones tan precisas como sea posible, hasta la magnitud límite más débil que podamos alcanzar. ¡Las posiciones de 1965 no se podrán observar en 1985! Una respuesta a las severas exigencias de precisión es sentarse y esperar. Si se les da suficiente tiempo, todas las estrellas se desplazarán en una cantidad fácilmente medible. Pero trabajar sobre esta base es negar a los astrónomos del futuro información que seguramente sería decisiva en un gran número de investigaciones.

El problema de obtener hoy en día posiciones superprecisas para más de un millón de estrellas no es algo completamente utópico. Con algún esfuerzo, deberíamos ser capaces de mejorar substancialmente nuestros telescopios astrométricos —anteojos de pasos y cámaras astrográficas— y también nuestras técnicas de observación. Además, es perfectamente posible pensar en construir grandes máquinas de medir de alta precisión, rápidas y automáticas, con las cuales se puedan obtener miles de excelentes posiciones a partir de las imágenes de cada placa fotográfica; la reducción y el análisis de los datos no es problema para una computadora electrónica moderna. En el hemisferio sur la astrometría empezó mucho más tarde que en el norte y ha progresado a un paso más lento. Por lo tanto, no es sorprendente que los catálogos de posiciones de zonas de Yale den errores en los movimientos propios tres veces mayores para las zonas australes que para las mejores zonas boreales. Los astrónomos que se dedican a la astrometría se han dado siempre perfecta cuenta de las deficiencias del hemisferio sur en este sentido. Es por esto que hace unos 50 años el Observatorio Dudley de Albany, Nueva York, con el respaldo de la Carnegie Institution de Washington, envió una expedición a San Luis, Argentina. Se realizaron observaciones meridianas intensivas durante casi dos años, lo que hizo posible incluir varios miles de estrellas en el Catálogo General de Boss de 33.342 estrellas y mejorar las posiciones y movimientos propios de muchas de las que ya aparecían. Ya se ha dicho que la precisión de las posiciones estelares es pobre en el hemisferio sur, pero sería aún más pobre de no haber mediado esta expedición.

Probablemente deberíamos concluir estos comentarios acerca de las necesidades de la astrometría señalando que la necesidad más importante en este campo es también la más fácil de satisfacer, a saber, fotografiar

ambos hemisferios celestes con lentes modernos de gran ángulo de 3 ó 4 pulgadas de diámetro y de distancia focal del orden de 25 pies. Esto proporcionará rápidamente datos básicos únicos en la forma de un capital de reserva que se podrá usar con plena ventaja en el momento que se desee.

Todo lo dicho hasta ahora dará al lector interesado un atisbo de la gran variedad de posibilidades y oportunidades de observación que ofrece la investigación astronómica moderna y le permitirá comprender que los instrumentos pueden llegar a ser anticuados lo mismo que la ubicación de los observatorios, las técnicas de observación y los programas. Hay una lucha continua para mantenerse al día y estar en primera línea en el frente de batalla de la investigación. A medida que se perfeccionan nuevos adelantos técnicos, tales como el tubo fotomultiplicador, algunos telescopios se convierten en instrumentos pasados de moda o su emplazamiento se "deteriora"; nuevos telescopios en ubicaciones mejores se convierten en una necesidad y en una oportunidad. La vida útil de un gran telescopio puede acortarse indebidamente porque se ha descuidado el problema de la construcción y el desarrollo continuo de nuevo tipo. Las actividades de muchos observatorios se ven severamente restringidas por no disponer de un ingeniero o técnico especialista en instrumentos, un experto en electrónica, un óptico o un fotógrafo. La necesidad de tal personal especializado ha crecido con los años y probablemente continuará haciéndolo con mayor ímpetu a medida que el papel de la electrónica y de la instrumentación alcance niveles más importantes.

El explosivo crecimiento de la radioastronomía ha sido una característica sobresaliente de la postguerra, en la cual se han destacado principalmente Australia, Holanda e Inglaterra. Hace algunos años se le preguntó a un radioastrónomo inglés, de visita en Monte Palomar, la razón de su interés en un observatorio óptico. Su respuesta fue que el Observatorio de Monte Palomar era uno de los más importantes para toda la radioastronomía. Las grandes antenas y paraboloïdes metálicos de los radiotelescopios pueden localizar miles de "radioestrellas" en el cielo, pero, ¿qué son estas "estrellas"? ¿Qué significan y a qué se parecen? Las respuestas son muy pocas, pero se han obtenido —en algunos casos críticos— de las fotografías de Monte Palomar. Una de las "radioestrellas" más intensa es Cygnus A, identificada en las placas del telescopio de 200 pulgadas como un par de galaxias de magnitud 18. Observaciones espectroscópicas posteriores, difíciles para un objeto óptico tan débil, sugirieron que tal vez las galaxias estaban en colisión. Hace muy poco se han descubierto las fuentes cuasitelares, llamadas comúnmente "cuasares", las que han

sido estudiadas con la ayuda de los radiotelescopios y más recientemente con los instrumentos gigantes de Monte Palomar. Estos objetos se encuentran a más de mil millones de años luz y tienen un brillo intrínseco aproximadamente cien veces mayor que el de la galaxia normal más brillante que se conoce. Se ignora el proceso de generación de tan enorme cantidad de energía, proveniente de una masa tal vez igual a cien millones de soles y localizada en una región de un diámetro menor que un año luz. Su existencia misma no puede explicarse todavía por leyes físicas conocidas. Una de ellas, 3C-9 (el noveno objeto del tercer catálogo de Cambridge de radiofuentes), es el objeto más distante que se conoce y se aleja de nosotros a una velocidad cercana a la velocidad de la luz. La luz "fósil" de 3C-9 tiene alrededor de diez mil millones de años de edad y estamos mirando hacia atrás en el tiempo a un objeto tal vez ya extinguido, que nació en las primeras etapas de la expansión convulsiva del universo. Otro descubrimiento reciente hecho en Monte Palomar, de enorme significación cosmológica, sugiere claramente que hay muchos más cuasares que no son radiofuentes; tal vez cien mil de ellos se encontrarían esparcidos en todo el cielo, al alcance de un reflector gigante. Sin embargo, sólo unos 40 de estos misteriosos objetos se han identificado hasta ahora con certeza, y la mayoría de ellos están en el hemisferio norte. Los telescopios australes son todavía demasiado pequeños y demasiado pocos para descubrir e investigar adecuadamente objetos tan débiles.

Estos notables descubrimientos nos llevan a toda clase de profundas implicaciones que deben ser estudiadas con ayuda de los grandes telescopios ópticos y radiotelescopio y analizadas por los astrofísicos teóricos. El grupo de radioastrónomos de Sidney, Australia, se sentiría feliz si contara con un telescopio de 200 pulgadas —y una cámara Schmidt de 48 pulgadas o algo mayor— en el hemisferio sur, para hacer este tipo de identificaciones y análisis de las radiofuentes que por su posición no se pueden observar desde Monte Palomar. Hasta hace pocos años se podían señalar tres razones principales para instalar en el hemisferio sur un nuevo observatorio con moderno y poderoso equipo, a saber: 1) aprovechar las inigualables oportunidades de observación en el tercio austral de la esfera celeste; 2) completar los extensos vacíos de nuestros datos básicos de observación, y 3) proporcionar óptimas condiciones de observación a los astrónomos experimentados que no disponen de buen clima. Hoy en día se puede agregar una cuarta razón, muy convincente: ayudar a los radioastrónomos del hemisferio austral en la identificación y mejor comprensión de sus descubrimientos en este nuevo y fascinante campo. La elección del emplazamiento de un observatorio no

generalmente, una tarea sencilla y realizable a corto plazo. En 1820 el Consejo Británico de Longitud decidió que "sería altamente provechoso para la astronomía práctica y la navegación, que se estableciera un observatorio permanente en el Cabo de Buena Esperanza", y se nombró Primer Astrónomo del Cabo al Rvdo. Fearon Fallows. Este demoró un año en llegar a Ciudad del Cabo y a fines de 1821, después de considerar y rechazar otras cuatro ubicaciones, eligió una ubicación en Slang-Kop o Colina de las Culebras, lugar de 11 metros de alto a cinco kilómetros de la ciudad. Esta colina desahogada y rocosa, estaba cubierta de abrojos e infectada de culebras; sin embargo, satisfacía las condiciones de estar en propiedad del Gobierno y ser visible desde la Bahía Table de manera que fuera posible enviar señales horarias desde el observatorio a los barcos anclados. El edificio principal del observatorio se comenzó en 1828 y las observaciones se iniciaron en 1829. Este fue el comienzo de una larga serie de substanciales realizaciones en la medición de posiciones, movimientos y distancias de las estrellas australes y recientemente, en la determinación precisa de longitudes y colores estelares. Es difícil para el visitante actual del Observatorio Real del Cabo, que lo ve en un escenario de gran belleza natural y rodeado por una floreciente ciudad moderna, imaginar el aislamiento y las dificultades de sus años formativos. Se cuenta la historia de un hipopótamo errante que en las afueras de Fallows se quedó atascado en un pantano cercano al observatorio; los proyectiles disparados por los hacendados vecinos no pudieron perforar su impenetrable coraza, de modo que fue necesario hacerle un agujero en la piel y disparar a través de él para matarlo. Otra anécdota se refiere a las dificultades que tuvo el observador en cierta ocasión al tratar de abrir la compuerta de la cúpula; esto era de extrañar, puesto que estaban orgullosos de la facilidad con que se abría; posteriormente se encontró un gran leopardo sentado confortablemente, atravesado sobre la estructura meridiana. Sir John Herschel llegó a Ciudad del Cabo en 1834 para completar, en un período de dos años, los recuentos estelares y los catálogos de nebulosas y estrellas dobles de su ilustre padre. Instaló un reflector de 18 pulgadas en Claremont, a unos 10 kilómetros de Ciudad del Cabo. Hoy se sabe que el clima local es muy irregular aún para puntos cercanos, debido a los efectos de las montañas vecinas como el Table Mountain y Devil's Peak; por este motivo la ubicación elegida por Herschel es peor que la del Observatorio del Cabo, la que a su vez no es tan buena como la de algunos puntos situados a menos de 15 kilómetros. La Colina de las Culebras ahora ya no tiene culebras, pero este problema aún sigue en

pie en algunos observatorios ubicados más al norte. El personal del Observatorio Radcliffe, en Pretoria, debe usar linternas al transitar durante la noche alrededor de las cúpulas y un observador de la Estación Astronómica de Boyden (cerca de Bloemfontein) se encontró hace poco compartiendo la cámara oscura fotográfica con una serpiente venenosa.

Cuando un observatorio ya está terminado y funciona en forma normal, todavía pueden presentarse problemas. Por ejemplo, el Observatorio Lick fue construido en el decenio de 1880, gracias a James Lick, un excéntrico millonario de San Francisco que legó 700.000 dólares a la Universidad de California para construir el observatorio más grande del mundo. Después de considerables discusiones se decidió ubicar el gran reflector de 36 pulgadas en la cumbre de Monte Hamilton, de unos 1.300 metros de altura. Hoy día resulta entretenido leer la memoria escrita por el Director Holden en 1890 acerca de las dificultades iniciales de la vida en Lick. Al fin del seco e interminable verano acostumbrado, el agua llegaba a ser tan escasa que los astrónomos y sus familias se veían forzados a beber —a menudo con efectos perniciosos— el agua que había pasado muchas veces a través de las bombas del sistema de recolección y distribución. Los vientos alcanzaban ocasionalmente velocidades superiores a los 100 kilómetros por hora y llenaban las habitaciones con el humo de las cocinas a leña. En el invierno, el agua se congelaba en los vasos de las mesas del comedor y las ventiscas aislaban a la comunidad de la montaña durante días y aún semanas y cortaban las comunicaciones telegráficas con el mundo exterior. Las comodidades modernas tales como el aire acondicionado, la luz eléctrica, la calefacción, los caminos pavimentados, los automóviles, la radio y tantas otras, eliminaron todas estas penalidades. A pesar de todo, el experimento de Lick fue tan exitoso desde el punto de vista científico, que desde entonces se han construido veintenas de observatorios importantes en las montañas y poquíssimos en las tierras bajas. Casi desde el comienzo de la historia de Lick, los fondos que se habían destinado para pagar a un astrónomo adicional se dividieron en tres becas, otorgadas por el Observatorio. En Berkeley, la pauta habitual para un estudiante graduado del Departamento de Astronomía de la Universidad de California, es estudiar durante dos años en cursos regulares y dedicar el último año a trabajar en el Observatorio Lick, que proporciona inigualables oportunidades para la investigación astronómica. Este método de entrenamiento ha tenido tanto éxito, que un gran porcentaje de los astrónomos más sobresalientes de Estados Unidos han disfrutado de becas de Lick. En los últimos veinte años el Estado de California ha invertido tres millo-

nes de dólares en la construcción de un telescopio reflector de 120 pulgadas con el fin de ampliar en forma más efectiva las investigaciones de los astrónomos de Lick.

Hasta hace poco era difícil y costoso y tomaba mucho tiempo viajar a un observatorio aislado en las montañas, especialmente si se trataba de uno ubicado en otro continente u otro hemisferio. Ahora es posible —como cosa de rutina— volar de Nueva York a Johannesburg en veinticuatro horas o de Nueva York a Santiago en menos de quince horas. Los costos de tales viajes no son despreciables —pero son insignificantes en comparación del costo de construir y utilizar grandes telescopios. También éste es un adelanto tecnológico que debe tener profundos efectos en nuestra manera de pensar acerca de los observatorios, dónde ubicarlos y cómo utilizarlos. Durante veinticinco años los astrónomos de la Universidad de Chicago (Observatorio Yerkes) han encontrado sumamente provechoso hacer un largo viaje al Observatorio McDonald para visitas periódicas del orden de un mes. Estos viajes se han traducido en muchas investigaciones de gran valor que han dado a este observatorio de Texas un gran prestigio internacional, en especial en el campo de la fotometría fotoeléctrica. La combinación de excelentes especialistas y de un gran telescopio en una buena ubicación ha sido extraordinariamente provechosa; pero éste no habría sido el caso si los medios de transporte hubieran sido los existentes a principios del siglo diez y nueve. Otro ejemplo lo constituye el Observatorio Nacional de Kitt Peak, en el sur de Arizona, el cual tiene su propio Director, personal y talleres en la ciudad de Tucson; es financiado por la National Science Foundation, pero está administrado por un grupo de universidades, y tiene como propósito fundamental el proporcionar las mejores oportunidades a los astrónomos y estudiantes graduados que viven en climas poco favorables para la observación astronómica.

El éxito obtenido hasta ahora en hacer funcionar un observatorio a distancia, unido a la utilización de los rápidos jets transoceánicos, señala sin ambigüedad el próximo paso: la explotación de los fabulosos cielos australes por astrónomos de todo el mundo. Hasta hace poco esta explotación se realizaba en forma restringida. Unas pocas expediciones del hemisferio norte y algunos astrónomos aislados han venido a nuestro hemisferio, observando durante cierto tiempo y regresando después a sus hogares, a menudo con datos muy valiosos. Algunas universidades del hemisferio norte establecieron observatorios "permanentes" en países del hemisferio sur, especialmente en Sud-Africa; estas estaciones astronómicas se manejaban en forma frugal desde el punto de vista del presupuesto anual

y del número de astrónomos; después, en su mayor parte, se abandonaron parcial o totalmente: habían cumplido su misión en forma brillante y suspendieron el trabajo. Por supuesto ésta no es la manera de lograr un rendimiento máximo. Debe existir una corriente continua de astrónomos hacia nuevos telescopios instalados en los mejores lugares del hemisferio sur. Pero esto plantea un problema que no es, ciertamente, científico, sino financiero: es necesario un apoyo económico adecuado y continuo.

En el hemisferio sur hay algunas zonas de excelente clima, las podemos encontrar en Sudamérica y Sudáfrica; en Australia y tal vez en Nueva Zelandia, puede haber lugares de calidad comparable para ubicar un observatorio. Pero, aunque es posible mirar un mapa climatológico del mundo, señalar una región y decir: "Este es un lugar inadecuado para un observatorio", la afirmación contraria no se puede hacer con tanta facilidad. Estudiando las estadísticas meteorológicas disponibles, es posible determinar si un lugar ofrece un porcentaje suficientemente alto de noches despejadas; pero éste no es el único factor: deben considerarse otros aspectos tales como la tranquilidad de la atmósfera, ausencia de bruma y polvo, y disponibilidad de agua, energía eléctrica y caminos. Otro elemento importante es la latitud del lugar ya que no se puede ir tan al sur como se quisiera, pues las condiciones meteorológicas ponen un límite, y tampoco es posible instalarse cerca del Ecuador ya que es necesario alejarse lo más posible de él para observar en buenas condiciones los objetos más interesantes del cielo austral. Incluso se deben considerar problemas tales como la estabilidad política, las barreras del lenguaje y la cercanía a centros civilizados. En los últimos años se han estudiado en forma bastante acuciosa, las condiciones generales de las zonas geográficas mencionadas anteriormente y se ha llegado a la conclusión de que el continente obvio para instalar nuevos observatorios es Sudamérica. La experiencia preliminar había demostrado que la atmósfera es más clara y más estable al oeste de la cordillera de Los Andes, que al este de ella; hecho que ha quedado confirmado por las observaciones posteriores, y que indica que el país más adecuado para el propósito que se persigue es Chile. El clima de Chile varía en una amplia gama, desde el desierto de Atacama en el norte, donde puede haber en promedio más de 350 noches absolutamente despejadas al año, hasta el Cabo de Hornos, húmedo y nublado durante casi todo el año. No se puede instalar un observatorio austral sin considerar la necesidad de observar las Nubes Magallánicas, las dos galaxias más cercanas a las nuestra y una fuente potencial de muchos grandes descubrimientos. Estas Nubes están muy al sur —a unos

ente grados del polo celeste austral— y son difíciles de observar desde Sudáfrica porque el ciclo climatológico no es favorable. En cambio, el ciclo climatológico en el centro de Chile es adecuado para la observación de las Nubes Magallánicas; pero, por otra parte, la nubosidad es mucho menor más al norte del país; de modo que es necesario adoptar una solución intermedia entre las Nubes y las nubes. Quizás la solución sería instalar grandes telescopios en el centro de Chile, mientras que un observatorio "fotoeléctrico" quedaría mejor ubicado en el norte del país.

En 1959, las Universidades de Chicago y Texas en colaboración con la Universidad de Chile (Observatorio Astronómico Nacional), iniciaron un programa de prospección de las condiciones de visibilidad astronómica, con el propósito de instalar un telescopio de 40 ó 60 pulgadas para fines astrofísicos, en algún lugar adecuado de Chile. Los resultados iniciales fueron tan promisorios que el programa se extendió y pasó a manos de la Asociación de Universidades para la investigación en Astronomía (AURA) que agrupa a las diez universidades que poseen los Departamentos de Astronomía más importantes de los Estados Unidos y que administran conjuntamente el Observatorio Nacional de Kitt Peak.

A fines de 1962 se seleccionó un lugar (30° de latitud sur) en las cercanías de La Serena, destinado a ser la sede del futuro Observatorio Interamericano de Cerro Tololo (2.200 metros de altura). Los resultados preliminares obtenidos en aquel entonces indicaron que las condiciones de visibilidad astronómica de Cerro Tololo eran por lo menos tan buenas como las de cualquier otro lugar ocupado por un observatorio, en lo que se refiere a transparencia y calidad del "seeing" (visibilidad astronómica). Desde fines de 1961 está en funciones en Cerro Tololo, un telescopio reflector de 16 pulgadas —llevado por partes y a lomo de mula en esos días pioneros— y con él se han realizado numerosas observaciones fotoeléctricas que han confirmado la excelente calidad del "seeing", que sería superior a cuanto hay conocido. Los trabajos de construcción de este nuevo observatorio han progresado en forma notable; ya se cuenta con caminos, energía eléctrica y agua, y se encuentran adelantadas las obras de construcción de las cúpulas que albergarán los futuros telescopios. Se espera que a fines de 1965 lleguen a Cerro Tololo dos reflectores de 60 y 36 pulgadas, respectivamente; para un futuro más lejano se proyecta un gran reflector de 150 pulgadas y una cámara Schmidt de 60 pulgadas o más. Es interesante hacer notar que en la utilización de los telescopios de Cerro Tololo se aplicarán las mismas normas que rigen en el Observatorio de Kitt Peak, es decir, que sólo un 40% del tiempo disponible de observación

será para el personal de cualquiera de estos dos observatorios, mientras que el resto del tiempo estará a disposición de otros astrónomos norteamericanos o latinoamericanos, cuyos programas de investigación requieran el instrumental de Cerro Tololo. Esta política se ha aplicado casi desde el comienzo del funcionamiento del reflector de 16 pulgadas; alrededor de una docena de astrónomos norteamericanos y argentinos han viajado a observar a Cerro Tololo; el resto del tiempo lo han aprovechado en forma casi exclusiva los astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional que han desarrollado o están desarrollando varios programas de investigación. Otro de los puntos básicos del programa de cooperación entre AURA y la Universidad de Chile, contempla la ayuda que se prestará para la formación del personal científico del Observatorio Astronómico Nacional, ayuda que se extenderá a otros estudiantes graduados latinoamericanos, con el fin de formar profesionales de sólida preparación.

Hace once años, cinco países europeos (Alemania Occidental, Bélgica, Francia, Holanda y Suecia) aunaron sus esfuerzos para establecer un observatorio europeo austral (ESO, European Southern Observatory) y durante varios años exploraron y estudiaron posibles ubicaciones para el observatorio en Sudáfrica. Posteriormente, al conocer los resultados preliminares obtenidos en la prospección que condujo a la elección de Cerro Tololo como sede del Observatorio Interamericano, se interesaron por los claros y tranquilos cielos de Chile. En la actualidad están construyendo un gran observatorio en el cerro. La Silla (2.400 metros de altura) a 85 kilómetros al noreste de La Serena. Las oficinas principales, bibliotecas y talleres de ESO quedarán instalados en Santiago. Los planes de ESO son ambiciosos y su telescopio mayor será un reflector de 140 pulgadas de diámetro, substancialmente mayor que cualquiera construido o financiado en el hemisferio sur. Esto permitirá a los astrónomos europeos competir en un plano de relativa igualdad con sus colegas norteamericanos, en las excitantes investigaciones de los más lejanos y débiles objetos celestes. Por otra parte la Carnegie Institution de Washington está estudiando posibles lugares en Australia y está también investigando las condiciones de visibilidad astronómica en dos cumbres cercanas a Cerro Tololo, contando con la colaboración de la Universidad de Chile y del grupo de AURA.

Es evidente que si los planes de estos grupos se desarrollan de acuerdo a lo proyectado, Chile llegará a ser uno de los centros verdaderamente importantes de investigación astronómica en el mundo, y esto

podría tener en los años venideros un considerable efecto estimulante en la investigación científica, en la educación y en la tecnología del país. Chilenos no nacidos aún estarán en los años futuros en primera fila en la conquista del espacio exterior por el hombre. La geografía de Chile es singularmente favorable para las buenas condiciones de observación astronómica. La cordillera de Los Andes forma por centenares de kilómetros una ininterrumpida barrera de más de 4.500 metros de altura, paralela y cercana a las costas del Pacífico. El régimen prevaleciente de vientos del suroeste empuja el aire a gran altura sobre las montañas con el resultado de que la baja atmósfera es excepcionalmente estable. Esta situación favorable no existe en ninguna otra parte del mundo. Tal como se señaló anteriormente, hasta hace algunos años era Sudáfrica el país que atraía a los astrónomos norteamericanos y europeos, los cuales construyeron una media docena de observatorios, que hoy día están abandonados parcial o totalmente. A pesar del clima favorable y del estímulo exterior, el pueblo sudafricano mismo, ha mostrado relativamente poco interés por la astronomía; esto se ha reflejado en que pocos o ningún curso de astronomía fueron o son enseñados en las universidades de esta república, situación muy poco favorable.

Ningún país, no importa cuán populoso o rico sea, puede avanzar en todas las ciencias posibles por todos los métodos posibles; no hay suficiente dinero o, más específicamente, suficiente personal entrenado. Son muy pocos los países que pueden realizar las costosas investigaciones espaciales, aunque su número va aumentando con los años. A ningún país le conviene dejar de lado la investigación científica básica —si lo hace, siempre dependerá de la ayuda externa. Por otra parte, ningún país está gastando lo suficiente en este tipo de investigaciones aun cuando ella paga por sí misma, directa o indirectamente, mediante los frutos que da. Este es un hecho que por fin se está aceptando en Europa y los Estados Unidos. Como ejemplo se puede citar el caso de la National Science Foundation —que presta apoyo a la investigación científica básica en los Estados Unidos— cuyo crecimiento en los últimos doce años puede describirse como explosivo; en ese país, el total de los gastos para la investigación y su desarrollo —siendo la mayor parte de ello desarrollo— se ha elevado de unos tres mil millones de dólares en 1950 hasta aproximadamente cinco veces esta cantidad en 1964. En forma similar, en Alemania Occidental se espera que el apoyo del gobierno a la educación e investigación se duplique en los próximos seis años y para 1970 el gobierno federal proyecta invertir en la investigación cerca del 3% de la renta nacional bruta.

No basta, sin embargo, destinar sumas cada vez mayores a la investigación: el dinero, nunca suficiente, debe ser gastado sabiamente y de la manera más efectiva. Se debe hacer una selección inteligente y establecer prioridades. Es necesario crear nuevos centros de investigación y desarrollar en forma continua, en las universidades, un clima favorable a ella; aún más importante y absolutamente básico para el éxito futuro, hay que entrenar un número cada vez mayor de estudiantes graduados, para alcanzar la mayor eficiencia posible, a pesar del alto costo de tal preparación. La astronomía ha tenido un profundo efecto en el pensamiento religioso y filosófico del hombre. Fue fundamental para el desarrollo de la idea del enfoque y del método científico, que floreció en forma tan fructífera en Europa Occidental, a partir del siglo xvii. Del estudio de las estrellas han nacido los principios de la dinámica y las herramientas matemáticas, tales como el cálculo, que son básicas para la ingeniería moderna. Más recientemente, el estudio de la estructura de las estrellas mostró inequívocamente que estos intocables y fantásticamente distantes globos de gas —¡cuya temperatura es demasiado elevada para que estén ardiendo!— no son otra cosa que plantas de energía atómica; y fue sólo cuestión de tiempo —unos pocos años— antes de que el proceso nuclear exacto fuera primero descifrado y luego reproducido en la tierra. La astronomía es la más antigua de las ciencias, pero es tan moderna como la edad espacial, siendo fundamental para ella. Las condiciones básicas para la investigación astronómica en Chile son probablemente tan favorables como las de cualquier otro lugar en el mundo, pero estas condiciones no pueden explotarse a menos que se tomen las decisiones adecuadas y tales decisiones toman tiempo —y dinero— para convertirse en realidad.

California bordea el Océano Pacífico entre aproximadamente los 30 y 40 grados de latitud norte y su territorio se extiende más en la dirección norte-sur que en la dirección este-oeste. Una larga cadena montañosa corre paralela al Pacífico por muchos cientos de kilómetros a lo largo de su borde oriental. Sus ciudades más importantes están cerca o junto al océano en climas excelentes, frescos, algunas veces brumosos; los valles interiores, entre las montañas, son más cálidos y muy fértiles. Vastas áreas de California consisten en desiertos montañosos muy secos y calurosos; hay gran riqueza agrícola y ricos yacimientos minerales. Su gente es amistosa y simpática. Esta descripción de California podría aplicarse a Chile casi palabra por palabra. Tres cuartos de siglo atrás un grupo de hombres se reunió en la cumbre de una montaña de California para inaugurar un nuevo observatorio, el más grande del mundo en su época.

Lejos hacia el este se podían ver las nevadas cumbres de la Sierra y hacia el oeste el Océano Pacífico. Los pobladores de California en aquellos años eran pioneros, pero estaban vivamente interesados, y orgullosos de su gran observatorio. Con el correr de los años, los notables descubrimientos del Observatorio Lick se convirtieron en noticias de primera plana en los

periódicos de San Francisco. Destacados científicos de todo el mundo atraídos por la fama del Observatorio Lick, lo visitaron para ver los telescopios gigantes que habían contribuido a la historia de la ciencia y que continuarían impulsando el desarrollo de la astronomía en los Estados Unidos y en el mundo entero. La historia podría repetirse aquí, en Chile.

EL SOMETIMIENTO DE LA GALAXIA

por el prof. Dr. VÍCTOR AMBARTSUMIÁN

Presidente de la Academia de Ciencias de Armenia

Hace siete años, en la conferencia de astrónomos Solvay (Bruselas), hice un informe sobre los resultados de las investigaciones practicadas en Biurakán (1). El fondo de tal informe estriba en que en los núcleos de las galaxias acontecen grandiosas explosiones. A menudo, los núcleos suelen en ese caso despedir cantidades enormes de substancia. Pero, si es así, en los núcleos deben haber cuerpos de ingente masa y naturaleza desconocida, los cuales originan estas erupciones.

Esas hipótesis se hacían por primera vez, y entonces parecieron inesperadas y atrevidas. Es natural que mi declaración fuera recibida con cierto recelo. Recuerdo cómo en una pausa entre las sesiones se me acercó el notable astrofísico norteamericano Walter Baade. A este sabio me unía amistad desde hacía tiempo. Por eso tenía particular interés en conocer su opinión. Pero lo que dijo Baade me llenó de perplejidad: "Profesor Ambartsumián, lo que usted acaba de decir no es sino pura fantasía. Las explosiones a que se ha referido no pueden ser concebidas en el marco de los conceptos vigentes. Usted habla de no sé qué objetos "no estelares", que nadie ha visto. Eso es algo inexplicable, misterioso".

Claro, le razoné, que lo inexplicable hoy será explicado mañana. Pero nuestra discusión no acabó y cada uno de nosotros siguió en sus trece. Debo decir que Baade prestó un magno servicio a la astronomía, al descubrir que muchas fuentes universales de irradiación no son sino las galaxias. Ahora se las llama "radiogalaxias". Pero, como otros grandes sabios, Baade se equivocó: suponía sinceramente que las radiogalaxias surgen de resultas del choque casual de galaxias ordinarias.

¹Observatorio astrofísico de Biurakán, el mayor centro de la URSS para el estudio de las galaxias, sobre el valle de los montes Ararat