Prólogo

Las fotografías de este libro combinan belleza e importancia científica. Las propiedades de las galaxias, nebulosas y otros objetos mostrados han sido determinadas por las leyes físicas que gobiernan sus destinos, mientras que sus formas y colores poseen una profunda atracción estética.

La investigación astronómica ha empezado a darnos una idea de cómo ha evolucionado el Universo. Partiendo de una condición de densidad y temperatura extremadamente altas, hace veinte mil millones de años se originó un Universo en expansión. Lo que precedió a este estado está más allá de los límites de nuestro entendimiento. En este Universo en expansión se formaron multitud de estrellas y galaxias. Estudiarlas en detalle nos permite ampliar los límites de nuestro conocimiento aún más lejos en el espacio y en el tiempo, y por ello acercarnos más al misterioso momento del origen del Universo. Además, a lo largo del camino podemos aprender mucho sobre físicas bajo condiciones muy diferentes a las que se encuentran en la Tierra.

Muchas preguntas quedan por contestar. ¿Cómo se formaron las galaxias? ¿Cómo se originó nuestro sistema solar? Nadie puede responder con seguridad a la primera pregunta, mientras que sólo se han desarrollado ideas preliminares sobre la segunda. El estudio detallado de los objetos mostrados en este libro podría ayudarnos a buscar respuestas más definitivas.

Las fotografías que aparecen en este libro han sido tomadas con los telescopios del ESO, el Observatorio Europeo Austral, una empresa conjunta de ocho países; Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Italia, Suecia y Suiza. Los telescopios del ESO están situados en La Silla, una montaña de 2400 metros de altura en el desierto de Atacama, al norte de Chile, donde los cielos son de una pureza y una transparencia extraordinarias. La Sede Central del ESO para la investigación y el desarrollo tecnológico está en Garching, cerca de Munich. Este libro demuestra los frutos de la cooperación internacional en la ciencia.

L. Woltjer
Director General of ESO

Prólogo a la edición española

Que se editen libros de astronomía en español siempre ha sido una alegría para mí y algo por lo que creo vale la pena esforzarse. Es bueno, cultural y socialmente bueno, que los conocimientos astronómicos se esparzan ampliamente y, desde luego, la lengua castellana es un excelente vehículo para ello. Así que felicitemos a quienes han hecho posible esta versión de «Exploring the Southern Sky» y felicitémonos todos también por ello.

No hace falta ser aficionado a la astronomía para recrearse con este libro. Pero puede uno, si aún no lo es, convertirse en tal, después de haber mirado las más de doscientas cincuenta fotografías que contiene. Y es que el cielo es bello, es inquietante, es enigmático y muchas cosas más. El hombre necesita mirar al cielo y lo hace usando instrumentos cada vez más perfectos que le permitan verlo mejor. La historia de la astronomía es la historia de la observación astronómica. La colección de vistas del cielo austral de Laustsen, Madsen y West nos permite contemplar las maravillas del cosmos con ojos de telescopio.

El título «Explorando el cielo Sur» resulta especialmente sugerente. Cuando hace cinco siglos portugueses y españoles, rompiendo aterradores miedos, abrieron las rutas del sur a la navegación, iban explorando a la vez los mares y los cielos del sur. Conocer las estrellas era su mejor garantía de poder volver a casa. Iban dando nombres a las islas y a las costas que encontraban y, también, a las nuevas estrellas y constelaciones que veían. Es emocionante que nuestras galaxias compañeras tengan el nombre de «Nubes de Magallanes».

Ahora, los astrónomos europeos continúan explorando los cielos siguiendo las viejas rutas de nuestros navegantes, emplazando sus telescopios en los mejores sitios: los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos, del IAC, en Canarias, y el Observatorio de la Silla, del ESO, en Chile.

Francisco Sánchez
Director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Introducción

Si alguna vez usted vuela de Europa a América del Sur, las posibilidades de que la persona sentada a su lado sea un astrónomo pueden ser mayores de lo que se imagina. Cerca de la mitad de los 6.000 astrónomos profesionales del mundo viven en Europa, y muchos de ellos viajan regularmente al Sur. El objetivo de su viaje se encuentra en el seco desierto de Atacama, a más de 600 kms al norte de Santiago de Chile, y bajo el espléndido cielo austral. Aquí, en el Observatorio del ESO en La Silla, permanecen durante días o meses, escrutando el Universo con los instrumentos astronómicos más potentes que existen.

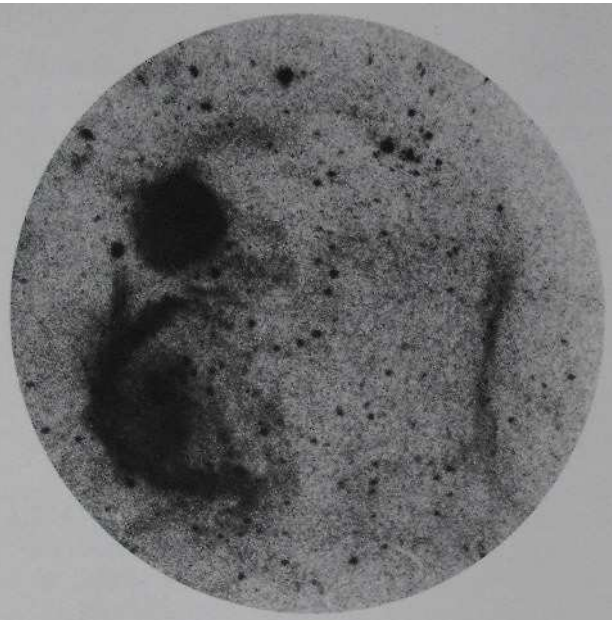
La creación del Observatorio Europeo Austral en 1962 ha tenido un profundo impacto en la astronomía Europea. Con el apoyo de 8 países miembros, ha estimulado la colaboración entre astrónomos de Europa y el Extranjero, y ha llevado a cabo varios grandes proyectos haciendo progresar la ciencia y la tecnología astronómicas. Muchos descubrimientos y progresos significativos en varios campos astronómicos se han realizado en el ESO. La astronomía puede que sea una de las ciencias más antiguas, pero en muchos aspectos es también de las más modernas. Pasaron los días en los que el astrónomo miraba a través de su telescopio y contaba al mundo sus impresiones visuales. La alta tecnología ha tomado el relevo, por lo que la máxima cantidad de datos puede obtenerse durante el precioso tiempo de observación. Para poder penetrar más profundamente en los misterios del Universo, el astrónomo moderno debe trabajar con eficacia y con instrumentos extremadamente sofisticados.

El resultado de todos estos esfuerzos puede encontrarse en las publicaciones profesionales y ocasionalmente en los medios de comunicación cuando se realiza un descubrimiento nuevo y excitante. La imagen general no se hace disponible para el público hasta mucho más tarde y, debido al alto grado de especialización, tampoco para muchos de los astrónomos profesionales.

Este libro no pretende evaluar en detalle la investigación de punta que se realiza en La Silla, ni dar una visión homogénea y equilibrada de la moderna astronomía. El presente planteamiento es eficiente, por no decir inusual. La idea ha sidc mirar por encima de los hombros de los astrónomos y seleccionar algunas de las impresionantes imágenes de objetos astronómicos que fueron obtenidas en los últimos 10 años en el observatorio del ESO. Ha sido para explicar brevemente porqué estas imágenes son interesantes, y para recordarnos a nosotros mismos —sin olvidar a los astrónomos profesionales— la extraordinaria belleza del cielo austral. Nuestra intención es describir la multitud de fenómenos que presenciamos en la Vía Láctea y en otras galaxias, y dar por tanto una imagen caleidoscópica de la moderna investigación astronómica.

Muchas de las ilustraciones de este libro están basadas en fotografías, pero otras han sido obtenidas con modernos detectores. La fotografía y la astronomía han sido siempre cercanas compañeras, y ambas han tenido una profunda influencia mútua. El mismo término "fotografía" fue introducido por el astrónomo inglés John Herschel, existiendo numerosos ejemplos de cómo las repetidas peticiones de los astrónomos de emulsiones mejores y más rápidas han estimulado la investigación fotoquímica y han conducido a la disponibilidad de nuevos y mejores productos fotográficos en el mercado amateur. Del mismo modo, la necesidad de observar objetos más y más débiles puso a prueba la capacidad de los ingenieros en los campos de los semiconductores, óptica y electrónica, y ha contribuido sustancialmente al desarrollo de eficientes softwares de procesado de imagen. De hecho, muchas de las innovaciones que se han realizado en el ESO en estos campos se han incorporado a otras disciplinas y en la industria Europea.

Este libro es un libro de imágenes y está pensado para ser usado como tal. ¿Por qué no echar primero un vistazo a las doscientas láminas de campos y objetos celestes australes? Disfrute de la belleza de estas imágenes, muchas de las cuales no han sido incluidas antes en un libro popular. El lector que quiera saber más podrá encontrar los detalles en el texto y las Figuras. Tenga en cuenta además la "Guía a este Libro", el Glosario, la Lista de Datos de Láminas, y los Indices, que contienen muchas información adicional. Es de desear que esta completa documentación hará útil este libro no sólo a la persona interesada, sino también al astrónomo aficionado, y quizás incluso a nuestros colegas profesionales.



tre dos brazos espirales, pero más próximo al brazo de Orion.

Una enormemente grande, pero difusa nebulosa en Orion, es el *Anillo de Barnard* y la *nebulosa λ Orionis,* claramente mostradas en la Lámina siguiente. Las nebulosas más brillantes de esta zona son la *Nebulosa de Orion,* M 42, y la *Nebulosa Roseta.* En la Fig. 13 están señalados más de una docena de cúmulos estelares abiertos. Las Siete Hermanas son familiares a todos los observadores de estrellas. Este cúmulo es conocido también como las *Pleiades* o M 45, un cúmulo de estrellas bastante jóvenes, todavía inmerso en parte de la nube de polvo de la que nacieron. Las Pleiades están a sólo 400 años luz de distancia, aunque otro cúmulo de estrellas, las Hyades, todavía está más cerca. Las Hyades están tan próximas a nosotros que sus estrellas miembros están esparcidas sobre una gran área del cielo, y no se hace inmediatamente evidente que formen un cúmulo.

Las Hyades son un ejemplo perfecto de un cúmulo en movimiento, situándose su centro cerca de la estrella doble θ Tauri. Todas sus estrellas se mueven en el espacio en órbitas paralelas, y todas viajan a casi la misma velocidad de 43 kms/seg. Cuando se las ve en perspectiva, desde nuestro punto de vista en la Tierra, parece que todas se mueven hacia un punto determinado del cielo, el llamado "punto convergente" para las órbitas paralelas. Ya que las estrellas de las Hyades están distribuidas en una gran zona del cielo, este punto convergente puede ser determinado con buena precisión. Combinado con geometría básica, esto nos permite realizar una determinación bastante precisa de la distancia a las Hyades. El método se llama *método del cúmulo en movimiento,* y a partir de mediciones precisas de velocidad es posible determinar distancias de estrellas miembros individuales. De este modo se ha encontrado que la distancia media a las estrellas de las Hyades es de unos 150 años luz. Esta exacta medida de distancia juega un papel muy importante en la determinación de otras distancias en la Galaxia, así como en las mucho mayores distancias a otras galaxias. La escala de distancias del mismo Universo está basada en una gran parte en la distancia a las Hyades, determinada por el método del cúmulo en movimiento.

125 El complejo de hidrógeno ionizado de Orion se ve con mayor claridad en esta exposición H_α. Los componentes principales son el Anillo de Barnard, el arco brillante situado a la izquierda, y la nebulosa λ Orionis, la estructura en forma de pelota situada arriba. Se cree que la más débil nebulosidad de la derecha, parte de la cual se ve como una línea que va de norte a sur, es otro resultado del suceso que formó el Anillo de Barnard. El Anillo también emite radiación ultravioleta, y en la parte convexa del anillo visible, los radio astrónomos han detectado un arco más masivo de hidrógeno neutro.

La imagen que delinean las observaciones disponibles es la de una gran cáscara de hidrógeno. La mayor parte del hidrógeno está en estado neutro, aunque la parte interna de esta cáscara está ionizada. Dentro de ella existe una cavidad que contiene un gas ionizado caliente y de baja densidad, y aquí también encontramos un grupo de estrellas O y B, la llamada *asociación Orion OBI.* Estas estrellas son muy calientes y radian la suficiente energía en forma de luz ultravioleta para mantener ionizado el hidrógeno del Anillo de Barnard y sus estructuras relacionadas.

Pero las estrellas de la asociación Orion OBI difícilmente pueden ser responsables de la creación del Anillo. Ni su radiación, ni sus vientos estelares primitivos, pudieron haber suministrado la energía suficiente para ello. Lo más probable es que el Anillo se haya formado por una secuencia de explosiones de supernova, que comenzaron hace unos tres millones de años. La enorme cantidad de energía expulsada pudo crear la cáscara, que todavía hoy se expande con una velocidad de 10-20 kms/seg. En la dirección del disco de la Galaxia Vía Láctea, la cáscara colisionó pronto con el gas más denso, y tuvo lugar una deceleración. Aquí es donde encontramos al Anillo de Barnard. En dirección opuesta, la cáscara ha continuado expandiéndose mucho más libremente

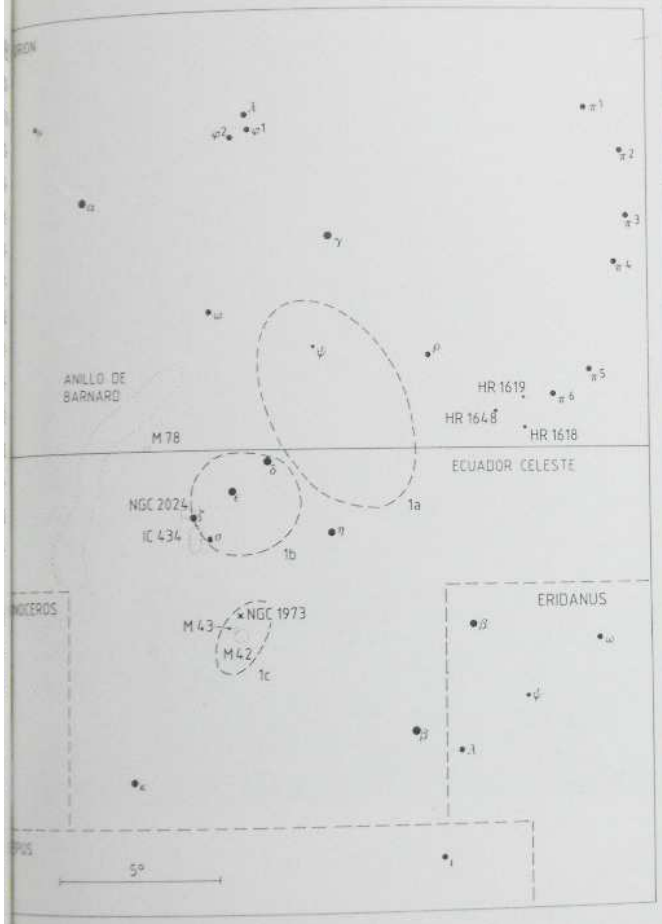
La nebulosa de alrededor de λ Orionis bien puede ser el resultado de un suceso simlar, aunque debe ser más reciente ya que la nebulosa es mucho más pequeña.

Las observaciones han mostrado que la radiación ultravioleta del Anillo de Barnard está causada por la *dispersión* de la luz estelar. Las partículas de polvo en el gas reflejan la luz de las estrellas, siendo mayor la eficacia de esta reflexión en la región especial ultravioleta. Este es

exactamente el rango de longitud de onda donde la intensidad de la radiación de las calientes estrellas O y B es más elevada.

Recientemente, ha sido detectada en esta zona una ténue nebulosidad de reflexión ultravioleta aún más grande. Cubre una extensión de más de 30 grados, siendo por tanto mucho mayor que el Anillo de Barnard.

126 Esta foto en color de la parte sur de la constelación de Orion fue expuesta durante sólo 20 minutos. Nebulosidades débiles como el Anillo



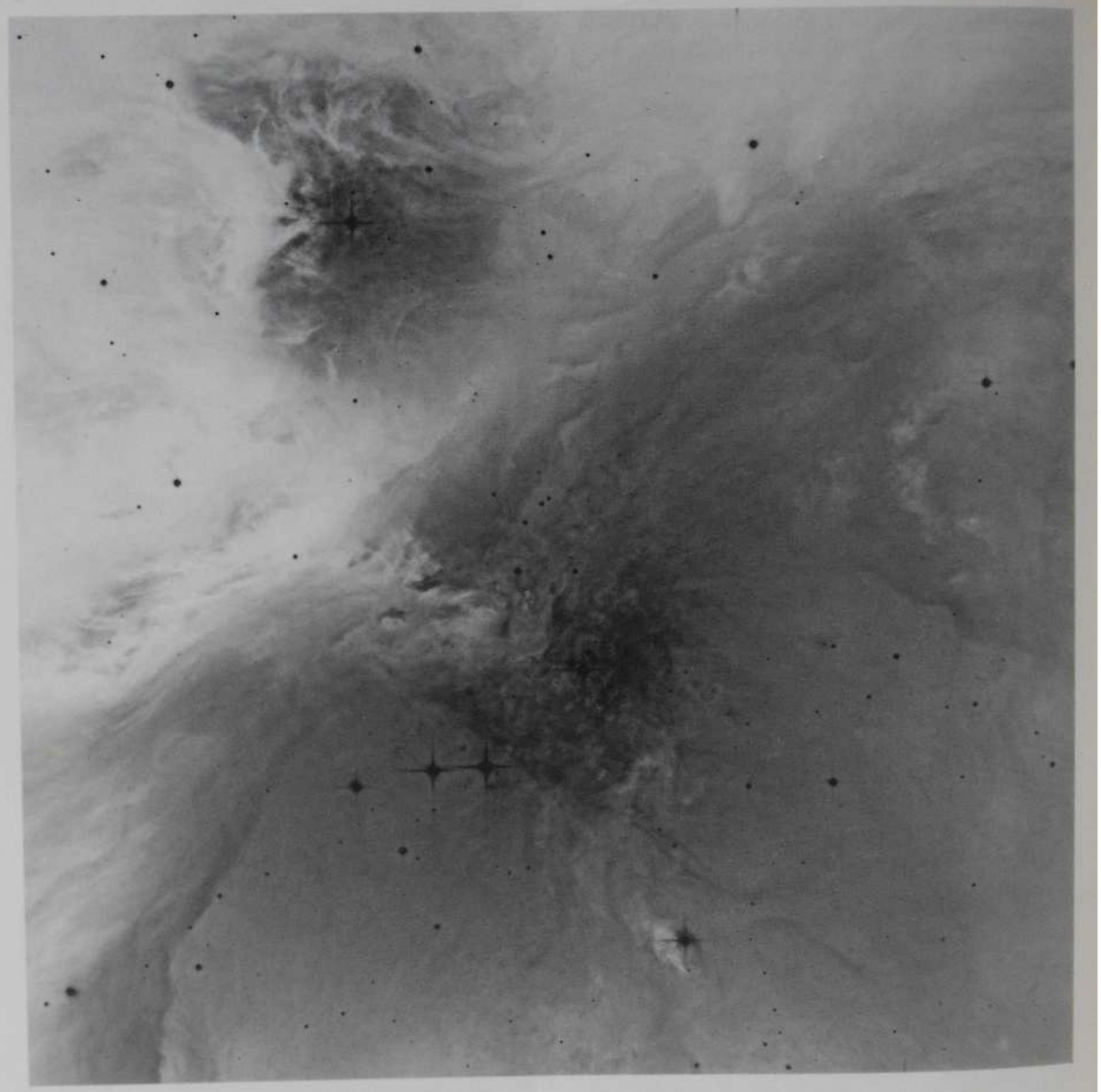
de Barnard no aparecen muy bien, aunque la exposición es muy adecuada para mostrar los colores de las estrellas. Se ven mejor los colores de estrellas relativamente débiles —muchas de las más brillantes están sobreexpuestas y sólo aparecen blancas—.

Para nuestra ojeada inicial seleccionamos tres estrellas igualmente brillantes, HR 1648, HR 1618 y HR 1619, que forman un triángulo equilátero. Son rojizo/amarillenta, amarillo/blanquecina y azul, respectivamente. A partir de estudios espectroscópicos, hemos encontrado que sus temperaturas superficiales son de unos 2.600, 5.250 y 11.900 K. En términos relativos, las estrellas rojas son frías y las azules son calientes. Como comparación, el Sol tiene una temperatura superficial de 5.800 K.

Una inspección más detallada de la foto revela un elevado número de estrellas azules, pertenecientes a la mencionada asociación Orion OB1 de la Lámina 125. Una *asociación* es una colección dispersa de estrellas en la cual éstas no permanecen ligadas gravitatoriamente durante mucho tiempo, como hacen las estrellas en cúmulos. Las estrellas de tipo B son masivas, calientes y luminosas y tienen un período de vida relativamente corto. Las estrellas de tipo O son todavía más masivas, más calientes y mucho más luminosas. Sus vidas son también más cortas.

La asociación Orion OB1 puede ser dividida en sub-asociaciones, normalmente llamadas 1a, 1b, 1c (como aparece indicado en la Fig. 14) y 1d, que es la pequeña sub-asociación de la Nebulosa de Orión, M 42 y M 43. Se ha determinado que las edades de estas estrellas de estas sub-asociaciones es de alrededor de 10, 6, 4 y 1 millón de años, respectivamente. Es aparente que cuanto menor es la extensión de la sub-asociación, más joven es.

La brillante estrella *Betelgeuse* o α Orionis es roja, y la medición de su temperatura superfi-



cial ha dado 3.450 K. Es una supergigante que radia no menos de 50.000 veces tanta energía como el Sol. ¿Pero cómo puede radiar tanta energía una estrella que es más fría que el Sol? Sólo es posible una explicación, tiene que ser mucho mayor que éste. En efecto, el diámetro de Betelgeuse es 600 veces superior al del Sol. Esta estrella es mucho mayor que el diámetro de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, e incluso superior a la órbita de Marte. ¡Es realmente una supergigante!

127 Esta es la parte central de la Nebulosa de Orion, que tiene dos números Messier, M 42 y M 43. Debido a su relativamente moderada distancia (1.600 años luz), es una de las regiones H II más brillantes del cielo, y ciertamente la que ha sido más intensamente estudiada. Y aún nuestra comprensión de su naturaleza física es todavía algo fragmentaria.

El corazón de la nebulosa de Orion es el *Trapecio.* Es el cuarteto de estrellas θ^1 Orionis A, B, C y D. Al mismo tiempo son los objetos centrales de la sub-asociación Orion OBld mencionada anteriormente (Lámina 126). θ^1 Orionis C es la estrella más destacada. Tiene una temperatura superficial de 40.000 K y un poder radiactivo igual al de 400.000 Soles, emitiendo la mayor parte de su radiación en la zona ultravioleta del espectro. Las otras estrellas del Trapecio y otras estrellas en la sub-asociación 1 d, como θ^2 Orionis A y B, también en M 42, así como NU Orionis en M 43, contribuyen a la intensa radiación ultravioleta de esta región. Estas estrellas están indicadas en la Figura 15.

Por medio de técnicas de observación infrarroja ha sido posible mirar detrás de M 42, donde fue detectada una enorme, muy masiva y fría nube interestelar. El corazón de la nube es una fuente de intensa radiación infrarroja. Alrededor de este compacto núcleo existe una densa nube molecular rodeada a su vez por una zona bastante densa de gas neutro, tal y como se muestra esquemáticamente en la Fig. 16. También se indican los movimientos relativos a lo largo de la línea de visión; son importantes para la interpretación astrofísica de estos fenómenos.

La nube fría se mueve en dirección al Sol con una velocidad de 9 kms/seg. Las estrellas del Trapecio se alejan a 11 kms/seg, y de media, el gas ionizado de M 42 se mueve hacia el Sol a 2 kms/seg. A partir de estas mediciones básicas, los astrofísicos han llegado al siguiente modelo posible:

En la zona límite entre el gas neutro y el gas ionizado, el gas neutro se ve iluminado por la fuerte radiación ultravioleta de las estrellas del Trapecio. El gas neutro frío se calienta e ioniza. El gas ionizado caliente escapa de la superficie fría de la nube y fluye al exterior pasando el Trapecio hacia una región en la zona frontal del M 42, donde la densidad y la presión son mucho menores. Este proceso pudo haber comenzado poco después de la formación de las estrellas del Trapecio, aproximadamente hace un millón de años, y puede continuar durante millones de

Fig. 15

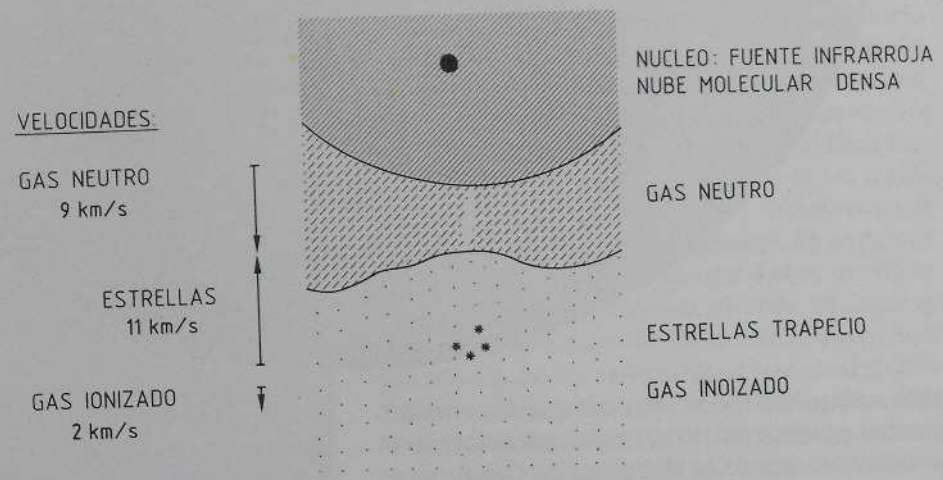


Fig. 16

4.1 Una Organización Europea para la Astronomía

Para los fundadores del ESO, la presencia en el cielo austral de tantos objetos bellos y excitantes, como los presentados en este libro, era prueba suficiente de la necesidad de establecer un gran observatorio en el hemisferio sur. Por ejemplo, el centro de nuestra Galaxia y las galaxias más cercanas, las Nubes de Magallanes, están situadas en el cielo austral, y junto con muchos otros objetos meridionales, son de crucial importancia en la investigación astrofísica. Antes de la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de los observatorios astronómicos estaban establecidos cerca de los centros de educación en Europa y Norteamérica. Por lo tanto, a principios de los años 50, el cielo austral permanecía inexplorado en su mayor parte. Sin embargo, en aquella época se realizaron una gran cantidad de descubrimientos astronómicos en el cielo boreal con grandes telescopios en los observatorios de montaña en California, y en varios países comenzaron a surgir ideas sobre la posible instalación de complejos silares en el sur. A la vista de la complejidad y el costo, la erección de un gran observatorio austral con los mejores instrumentos en un lugar lejano llamaba evidentemente a la colaboración entre varias naciones.

La idea de crear un Observatorio Europeo Austral fue propuesta originariamente en 1953 por Jan Oort y Walter Baade, preparándose el camino para la nueva organización durante los años posteriores. Una parte importante de este trabajo inicial fue una cuidadosa investigación de lugares para encontrar el emplazamiento que ofreciese las mejores posibilidades de observación. Esta actividad se concentró originariamente alrededor de algunos lugares en Sudáfrica, instalándose un astrógrafo doble de 40 cm (GPO) en la estación Zeekoegat del Gran desierto de Karoo. Al mismo tiempo se llevaron a cabo investigaciones similares en Sudamérica, principalmente por astrónomos estadounidenses. Pronto se dieron cuenta que la zona sur del desierto de Atacama en Chile ofrecía excelentes condiciones para las observaciones astronómicas.

4.2 El Observatorio de La Silla

El 5 de octubre de 1962 se constituyó formalmente el Observatorio Europeo Austral (European Southern Observatory-ESO), con la firma en París de un convenio entre los gobiernos de la República Federal de Alemania, Bélgica, Francia, Holanda y Suecia. El convenio estipulaba la construcción, instalación y operación de un telescopio de 3 m, un telescopio Schmidt, y hasta cuatro telescopios más pequeños, así como el equipamiento auxiliar necesario, edificios, instalaciones de servicio, etc. De este modo, la combinación de un gran telescopio y un telescopio Schmidt con capacidad de reconocimiento y examen, que había demostrado ser extremadamente útil en Monte Palomar, vino a configurar la espina dorsal del futuro observatorio del ESO.

En 1963, el ESO seleccionó un lugar a 29° 15' S, 70° 44' W, en una cresta montañosa a 2.400 metros de altitud, conocida oficialmente como Cerro Chincado, pero llamada coloquialmente La Silla debido a su forma particular. Aquí, a unos 600 Km al norte de Santiago de Chile y a 70 Km de la costa (Fig. 29), la naturaleza ha creado un clima marcadamente limpio, seco y estable.. Al norte se encuentra el árido desierto de Atacama, al este la gran cordillera de los Andes, y al Oeste el Océano Pacífico con su fría corriente de Humboldt a lo largo de la costa. La precipitación media en La Silla es de sólo 50 mm/año, y los cambios de temperatura durante la noche son inferiores a 3° C. Hay relativamente poca turbulencia en el aire, por lo que las condiciones de "seeing" son excelentes, y el cielo se mantiene claro durante 6 horas consecutivas o más el 70% de las noches. La Silla ha demostrado ser uno de los mejores lugares de este planeta para la astronomía observacional.

205 Estrellas saliendo por detrás del Observatorio de La Silla.

206 La zona colindante con La Silla está muy escasamente poblada, y no hay ciudades grandes ni actividad industrial en las proximidades. Las poblaciones más cercanas son las ciudades gemelas de Coquimbo y La Serena en la costa del Pacífico, a 160 Km, existiendo fácil acceso a al zona por una carretera secundaria que sale de la autopista Panamericana, a unos 17 Km de distancia del Campamento Pelícano, punto de entrada del ESO, y que vemos aquí. El ESO adquirió 625 Km^2 de terreno alrededor del emplazamiento de La Silla (más tarde aumentados a 800 Km^2) para salvaguardar al observatorio del polvo y la polución luminosa generada por colonias o actividades mineras. Esta precaución ha demostrado ser muy útil, preservando eficazmente la calidad del emplazamiento de La Silla, mientras que la iluminación del cielo por las farolas de las ciudades cercanas se ha convertido en un gran problema para muchos observatorios de otras partes del mundo.

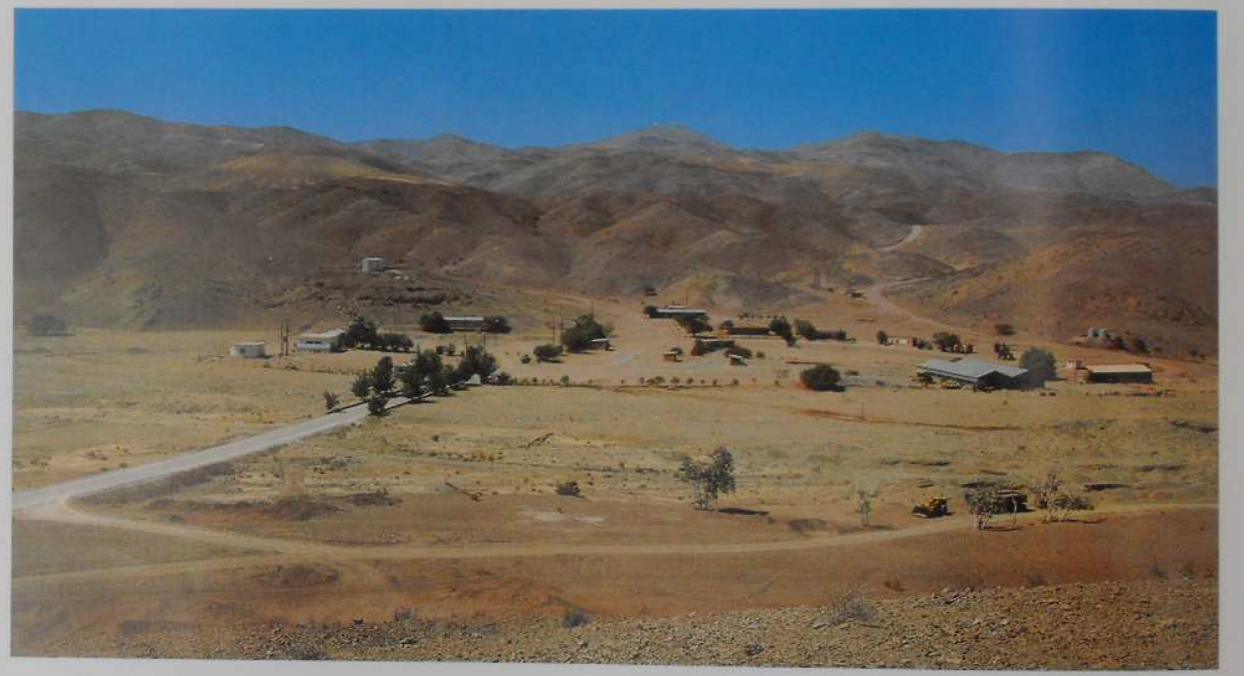
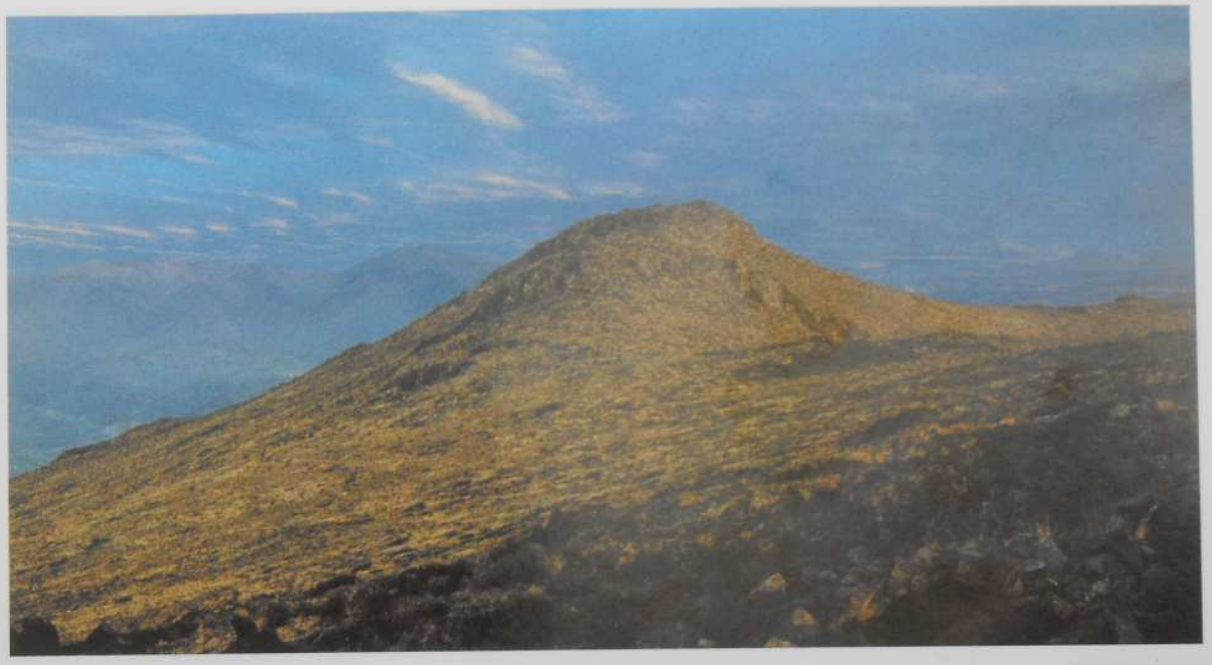
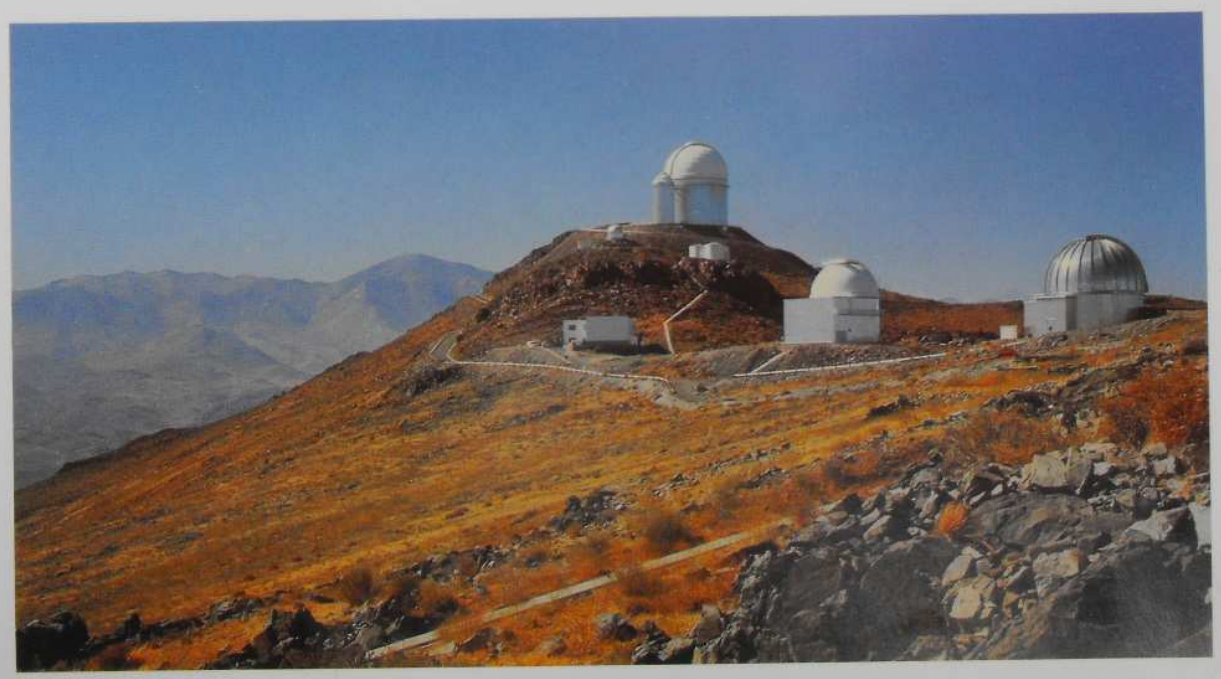


Fig. 29 — Lámina 206

207-208. El trabajo de diseño comenzó a mediados de los 60 en las oficinas del ESO, inicialmente ubicadas en Hamburgo. El trabajo fue continuado por la División de Proyectos de Telescopios del ESO, creada en 1970, y alojada en Ginebra bajo los auspicios del CERN (Centre Européen pourdes Recherches Nucléaires). El primer telescopio del ESO en ser aprobado (en 1968) fue el telescopio fotométrico de 1 m, seguido por un telescopio espectroscópico de 1.5 m, que era una versión mejorada de un instrumento similar del Observatoire de Haute-Provence en Francia. El astrógrafo doble GPO fue trasladado desde Sudáfrica a La Silla, construyéndose para el ESO un telescopio fotométrico de 50 cm por el Observatorio de la Universidad de Copenhague, poco después de que Dinamarca se incorporase al ESO como el sexto país miembro en 1967. En 1972 entró en operación el telescopio Schmidt, y en 1976, el mayor instrumento del ESO, el telescopio de 3.6 m, vio la "primera luz". Más telescopios se han ido instalando en La Silla desde entonces, y estas Láminas muestran la transformación de La Silla en uno de los mayores observatorios astronómicos del mundo. La primera foto se tomó en 1965, y la segunda exactamente 20 años más tarde.





209-212 Construir y operar un gran observatorio en una zona tan remota implica grandes problemas logísticos. Por ello, tiene que haber disponibles un elevado número de servicios en La Silla. Van desde almacenes conteniendo casi todo lo necesario para la vida diaria en el desierto, hasta talleres de todos los tipos (Lámina 209). Existe un hotel (Lámina 210) con un pequeño jardín (Lámina 211) y dormitorios para astrónomos visitantes y los técnicos. Se ha construido una pista de aterrizaje (Lámina 212) para el avión que opera entre el observatorio y Santiago de Chile, existiendo un gimnasio e instalaciones de recreo para el personal cuando está fuera de servicio. La operación del observatorio sería imposible sin una plantilla experimentada y exclusiva. Las labores diurnas —y nocturnas— en La Silla van desde reparaciones de complicados equipamientos electrónicos, hasta la preparación de nutritivas y sabrosas comidas a intempestivas horas del día. El observatorio debe funcionar suavemente 24 horas al día los 7 días de la semana.

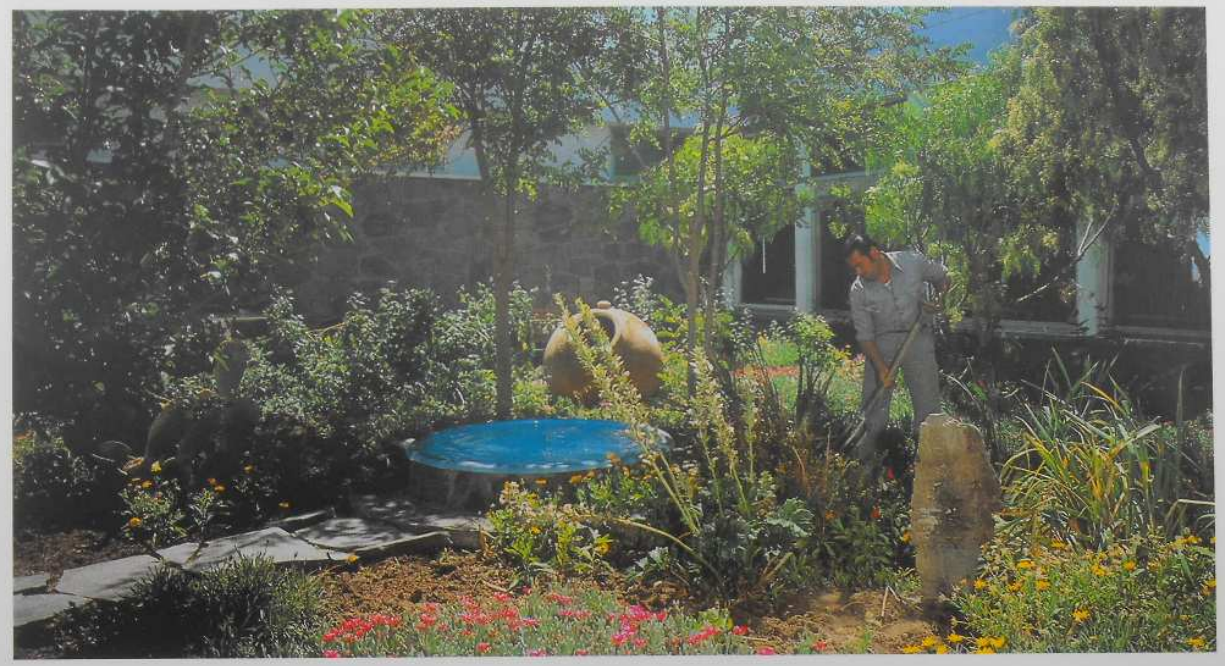


Lámina 211 . Lámina 212

213 La importancia creciente del ESO se refleja en el hecho de que tres países más se han unido a la organización desde 1962. Como se mencionó antes, Dinamarca se incorporó en 1967, e Italia y Suiza se hicieron miembros en 1982. Otros países Europeos han expresado interés en una mayor colaboración con el ESO. A través de los años se han añadido muchas actividades nuevas, y el Observatorio del ESO en La Silla se ha convertido en la actualidad en una pequeña ciudad. Esta vista aérea fue obtenida en febrero de 1987.

1. Telescopio de 3.6 m
2. CAT 1.4 m
3. Telescopio de 2.2 m
4. Telescopio de 1.5 m del ESO
5. Telescopio Danés de 1.5 m
6. Telescopio Schmidt de 1 m
7. Telescopio de 1 m del ESO
8. Telescopio Holandés de 0.9 m
9. Telescopio Suizo de 0.7 m
10. Telescopio Bochum de 0.6 m
11. Telescopio Danés de 0.5 m
12. Telescopio de 0.5 m del ESO
13. GPO de 0.4 m
14. SEST de 15 m
15. Hotel
16. Edificio de Administración.

214-215 La impresionante cúpula del telescopio de 3,6 m, que vemos aquí poco después de la puesta de Sol, aloja uno de los mayores reflectores del mundo. El espejo primario pesa 11 toneladas y está hecho de sílice fundido. Fue moldeado por Corning Glass Works en los EEUU, mientras que el pulcro tallado corrió a cargo de R.E.O.S.C. en Francia. El telescopio es del tipo conocido como Ritchey-Chrétien y se sustenta en una montura de horquilla. La cúpula tiene un diámetro de 30 m y una altura de 45 m.

216-217 La utilización óptima del telescopio de 3,6 m del ESO se aseguró diseñándolo como un instrumento de múltiples aplicaciones. Esto supone el empleo de una gama importantes de instrumentación auxiliar como espectrógrafos, fotómetros, etc. Por esta razón, el telescopio tiene tres focos: encima del espejo primario está el *foco primario* (f/3), usado para imagen directa. Hay un *foco Cassegrain* (f/8) detrás del espejo primario, mostrado en la Lámina 216 con un fotómetro infrarrojo. Finalmente, un *foco Coudé* (f/30) está situado bajo el piso de observación. Se usa para instrumentación pesada que no puede llevar el propio telescopio (Lámina 217). Como el más potente instrumento de La Silla, el telescopio de 3,6 m se emplea para observar objetos débiles y distantes. Una enorme variedad de programas de investigación astronómica se han llevado a cabo con él, incluyendo estudios de las atmósferas de los planetas del Sistema Solar, de la estructura de las nebulosas de la Vía Láctea, y de los más lejanos cuasares y galaxias del Universo.

218 Una vez cada pocos años se retira la capa de aluminio del espejo primario del telescopio de 3.6 m, y se le realuminiza. Durante la operación, éste es desmontado del telescopio y colocado en una cámara de vacío en la que la superficie del espejo se cubre con una nueva capa de aluminio. En esta foto vemos el espejo perfectamente reflectante tras esta delicada operación.

Lámina 219

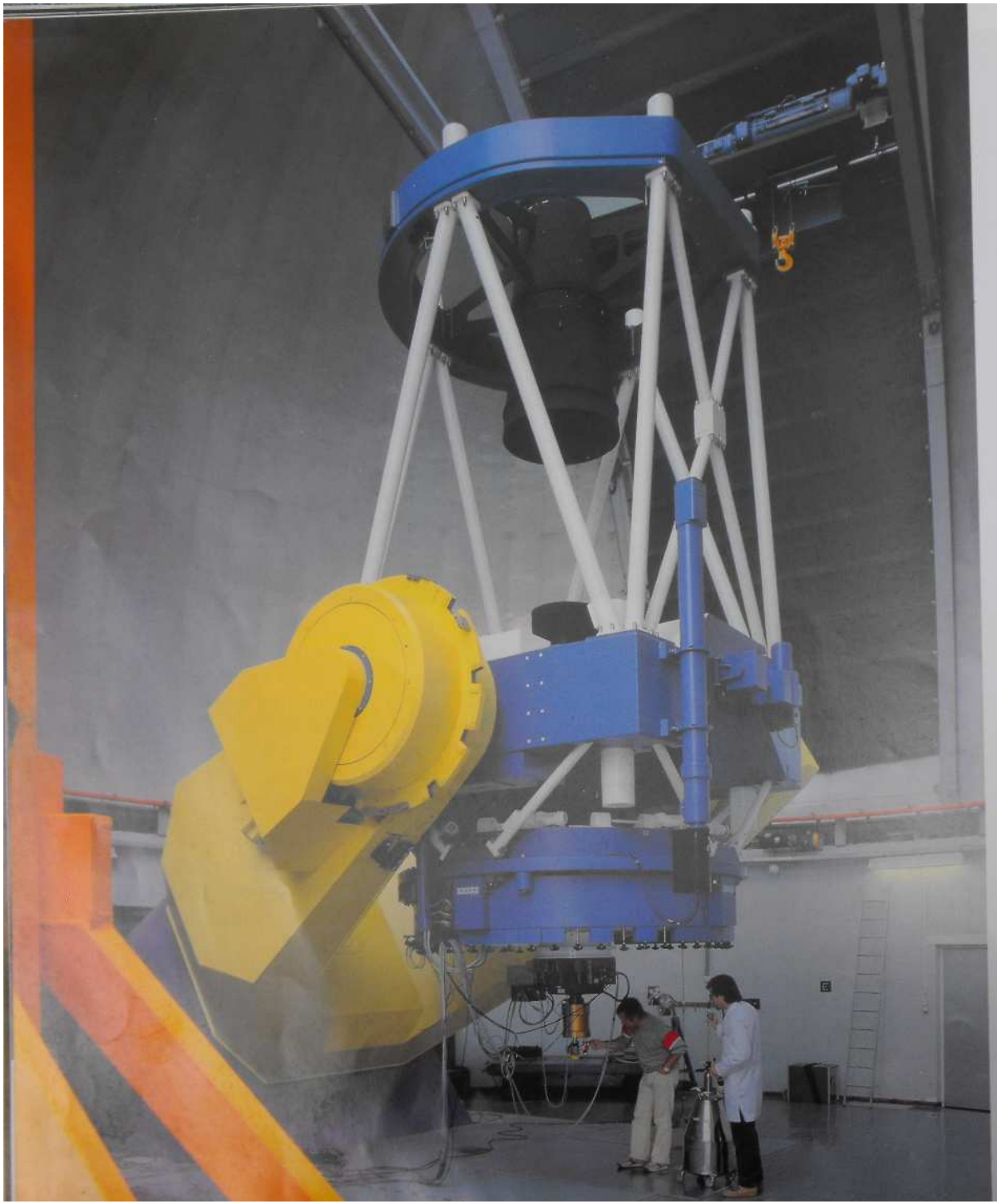
219-220 El Telescopio Auxiliar Coudé de 1.4 m (Coudé Auxiliar Telescope-CAT), se sitúa en una cúpula separada al lado de la cúpula de 3.6 m, con la que se conecta por un túnel de luz de 11 m de longitud. El propósito principal del f/32 del CAT es alimentar la instrumentación coudé del 3.6 m. De este modo se pueden realizar observaciones con el espectrómetro coudé cuando el telescopio de 3.6 m está ocupado en otro trabajo. El CAT se apoya en una montura "alt-alt" y se mueve con motores de impulso directo sin embragues.

Lámina 220

221 Como otros telescopios, el CAT se opera desde una sala de control separada. Los días, o mejor las noches, en las que el observador tenía que mirar a través del tubo guía del telescopio ya han pasado. El CAT se usa principalmente para observar objetos brillantes a elevada dispersión espectral, realizándose con este telescopio estudios de la composición química de estrellas individuales y nebulosas.

222 El Schmidt del ESO, comisionado en 1972, es el segundo instrumento más grande de este tipo en el hemisferio sur. Su espejo primario de 1.62 m está hecho de vidrio Schott Duran, y su abertura es de 1 m. Es un telescopio fotográfico, capaz de detectar objetos débiles de campos del cielo relativamente extensos sobre una gran placa fotográfica. Por ello está particularmente indicado para trabajos de reconocimiento y examen. El Schmidt del ESO fue diseñado de tal modo que la escala de imagen fuese la misma que la del Schmidt de Palomar, usado para el famoso Palomar Sky Survey de los años 50. Por ello, era así posible llevar a cabo un reconocimiento complementario del cielo austral con el Schmidt del ESO. Este trabajo, que duró de 1972 a 1978, condujo al descubrimiento de más de 12.000 galaxias, muchas nuevas nebulosas y cúmulos de estrellas en la Vía Láctea austral, y unos pocos esteroides y cometas.

223-224 Dos instrumentos importantes en la montaña son el telescopio espectroscópico de 1.5 m (Lámina 223) y el telescopio fotométrico de 1 m (Lámina 224). Como sus nombres indican, se usan principalmente para espectroscopia y fotometría de estrellas y galaxias.



225 Desde que fue aprobado a finales de 1983, el telescopio de 2.2 m ha disfrutado del estatus de ser el segundo telescopio óptico más grande en uso en La Silla. Ha sido donado en préstamo a largo plazo por la Sociedad Max Planck de la República Federal de Alemania. El telescopio montado ecuatorialmente fue fabricado por M.A.N. y Carl Zeiss. Ha descargado parte de la demanda del telescopio de 3.6 m, y es empleado en programas astronómicos similares.

Lámina 225

A través de los años, varios llamados "telescopios nacionales" se han instalado en La Silla. Para cada uno de estos instrumentos se han firmado acuerdos entre los propietarios y el ESO que estipulan como debe dividirse el tiempo de observación disponible entre el ESO y los institutos nacionales. A principios de 1987, 14 telescopios estaban en funcionamiento en La Silla, de los cuales ocho pertenecen al ESO y seis son telescopios nacionales.

226 El telescopio danés de 1.5 m, que ha estado en operación en La Silla desde 1979, es propiedad del Observatorio de la Universidad de Copenhague. Su espejo principal es de vidrio-cerámica Cervit, y el sistema óptico es una clásica configuración Ritchey-Chrétien. El telescopio tiene sólo un foco Cassegrain en el que pueden colocarse diversos detectores e instrumentos auxiliares. El telescopio danés fue el primero de la montaña en ser equipado con un detector CCD. También se usa con CORAVEL, un complejo instrumento con el que pueden determinarse con precisión y eficacia las velocidades radiales de incluso estrellas débiles.

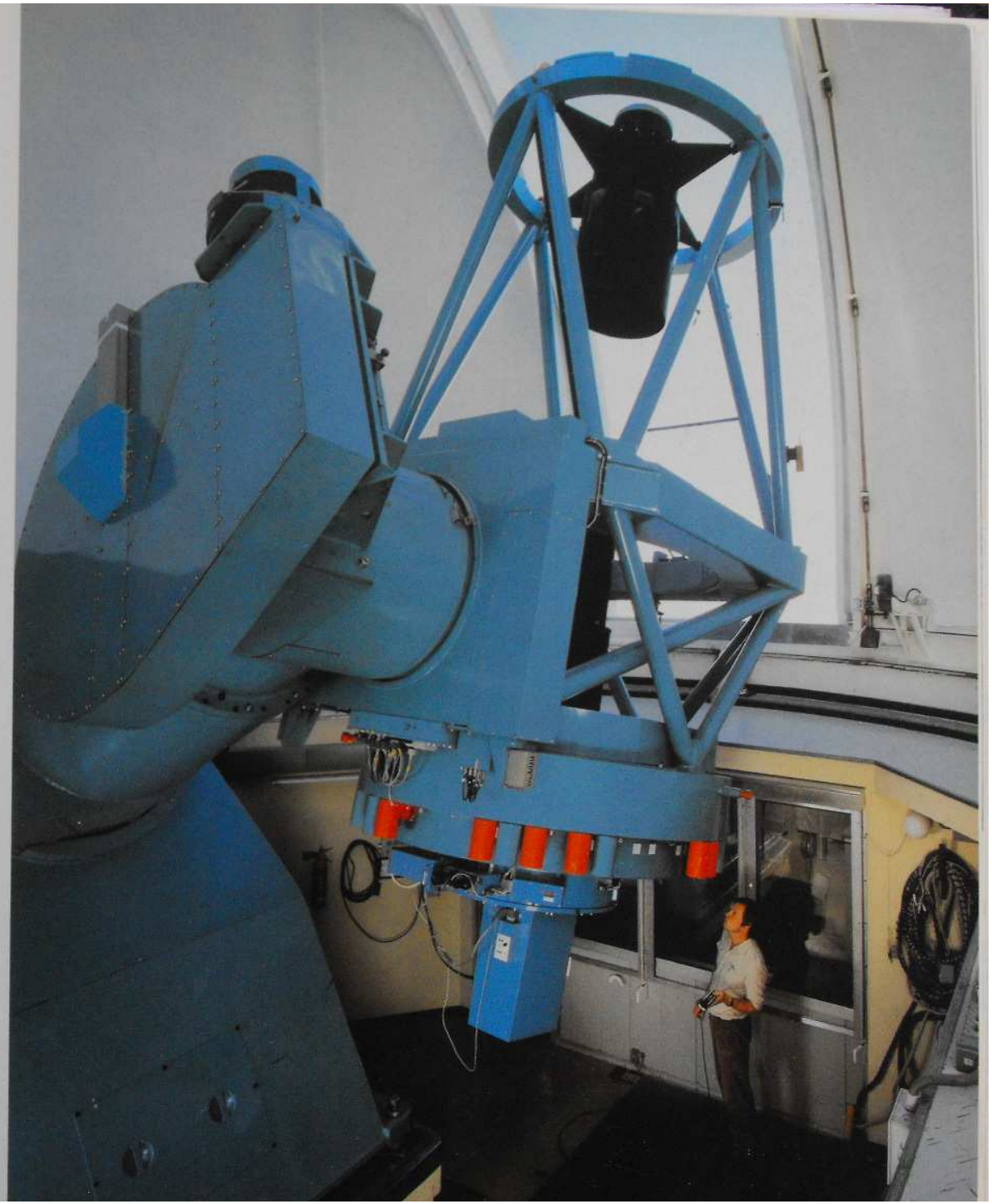


Lámina 226

227 El primer radio telescopio de La Silla, el Telescopio Submilimétrico Sueco-ESO (Swedish-ESO Submillimetre Telescope-SEST), entró en operación regular en 1987. Con un diámetro de 15 metros, será el único gran telescopio del hemisferio austral capaz de operar a longitudes de onda submilimétricas. Como tal, ayudará a llenar el vacío entre las longitudes de onda ópticas/infrarrojas y las más largas longitudes de ondas de radio. Esta región espectral es rica en líneas de moléculas interestelares, y el SEST está particularmente bien situado para estudiar estas moléculas, ya que el centro y las regiones internas de la Galaxia pasan por el cénit, y las Nubes de Magallanes son fácilmente accesibles. El SEST también se usará para estudiar una amplia variedad de otros fenómenos, que van desde objetos en el Sistema Solar hasta los núcleos activos de galaxias distantes, pasando por la radiación difusa proveniente de los orígenes del Universo primitivo. A veces formará parte de un radiotelescopio intercontinental, como uno de varios elementos empleados para Interferometría de Muy Larga Base.

La Silla es un emplazamiento importante para el SEST por dos razones. La primera es su situación meridional, y la segunda es la baja absorción en la atmósfera sobre esta seca zona de montaña. La mayor parte de la absorción atmosférica en el rango espectral submilimétrico está causada por el vapor de agua. El contenido de agua en el aire de La Silla es muy bajo, y las primeras experiencias con el SEST muestran la enorme mejora con respecto a un típico emplazamiento al nivel del mar.

El reflector del SEST consta de 176 paneles que pueden ser ajustados individualmente. Tras un exacto ajuste, el reflector se encuentra muy cerca de su forma óptima. Las desviaciones de la forma ideal en la superficie son inferiores a 0.1 milímetros. No se excluye que el SEST pueda usarse par algunos tipos de observaciones, como por ejemplo en la parte infrarroja del espectro, que no requieran alta resolución angular y para las que la enorme capacidad colectora de luz del SEST sería una gran ventaja. En lenguaje astronómico, este modo de operación se conoce como el "cubo de luz".

Lámina 227

Instrumentación Óptica y Detectores

En astronomía, la imagen directa sirve para dos propósitos: astrometría, o determinación de posiciones en el cielo, y fotometría, o medición del brillo aparente de los objetos celestes en diferentes bandas espectrales. La determinación de parámetros astrofísicos como la composición química y la velocidad radial se realia por la *espectroscopía.* Virtualmente todos los telescopios en La Silla llevan equipos espectroscópicos, como los sencillos prismas objetivos del GPO y el telescopio Schmidt, o los altamente sofisticados espectrógrafos usados con los telescopios de 3.6 y 2.2 m.

Durante los años recientes, han entrado en operación nuevos instrumentos espectroscópicos en La Silla. La mayoría fueron diseñados en el ESO y fabricados por firmas industriales en los países miembros. En concreto, se construyó un equipo de instrumentos completamente nuevo para el telescopio de 3.6 m: un nuevo Espectrógrafo Echelle Cassegrain (CASPEC), una Cámara y Espectrógrafo de Objetos Débiles Cassegrain (EFOSC), un sistema para espectroscopía de múltiples objetos (OPTOPUS) y un gran espectrógrafo infrarrojo (IRSPEC). Estos instrumentos, basados en las últimas técnicas de la electrónica, óptica y detectores, tienen una gran demanda no sólo por astrónomos Europeos, sino también por científicos de otros países.

Una pequeña revolución ha tenido lugar en el campo de la instrumentación astronómica durante las dos últimas décadas. Para ilustrar los grandes avances, describiremos algunos de los principales instrumentos auxiliares del ESO.

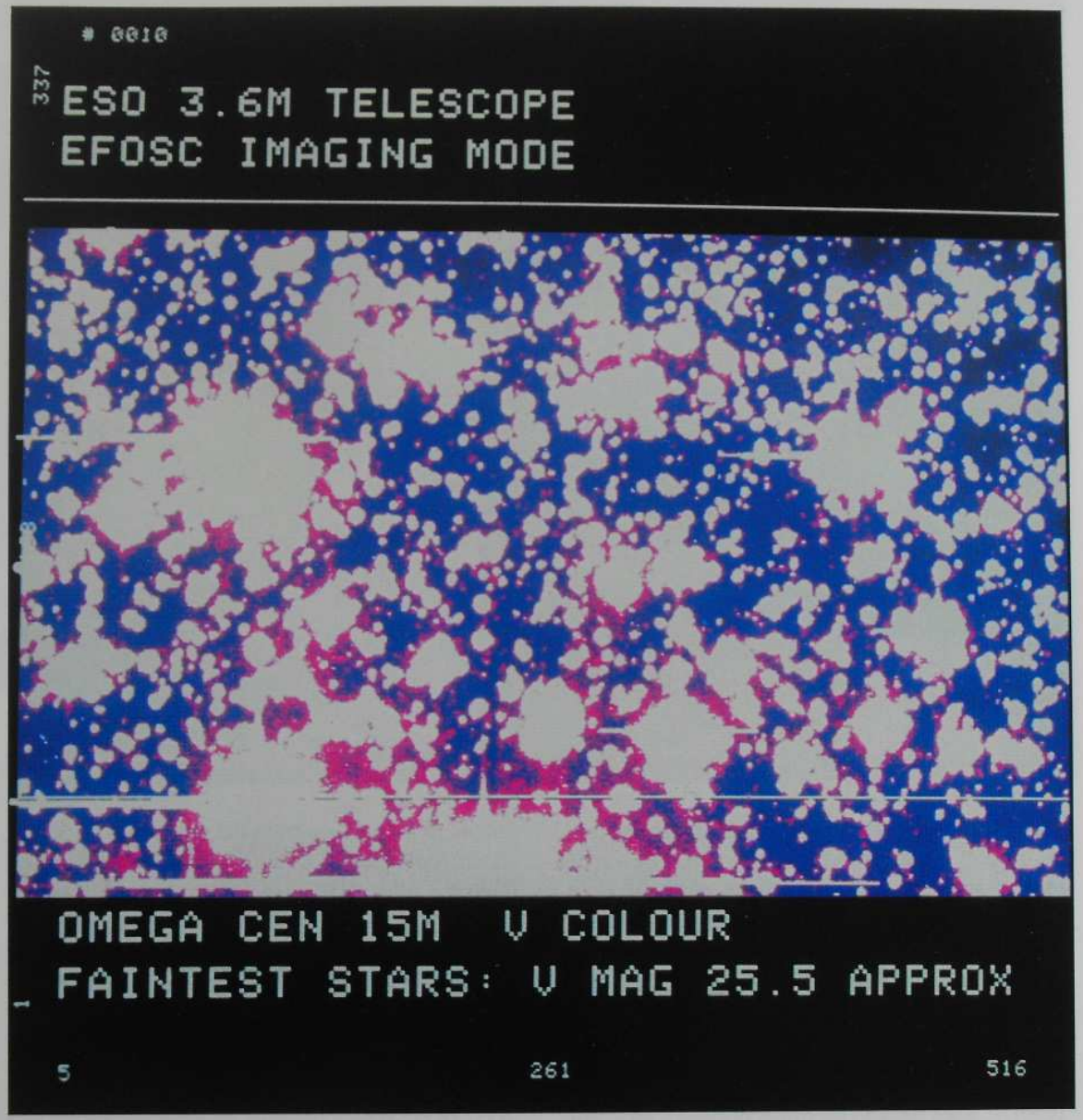
El Detector CCD

Un nuevo tipo de detector se ha incorporado a varios de los nuevos instrumentos del ESO: el CCD (siglas de Charge-Coupled Device o Dispositivo de Carga Acoplada). Se ha convertido en el instrumento de toma de imagen más importante de la astronomía, reemplazando en varias aplicaciones a la placa fotográfica, la película electronográfica y los fotomultiplicadores. El CCD es un detector de estado sólido, normalmente bastante pequeño, cuya capa superficial de silicio está cubierta por líneas de electrodos transparentes. Aplicando una corriente de voltaje a estos electrodos, la capa de silicio se ve dividida por el campo eléctrico en una serie de elementos individuales de imagen, o pixels, semejantes a los cristales microscópicos de una placa fotográfica. El CCD se parece a una emulsión fotográfica en que un electrón es liberado cuando un fotón golpea la superficie. En las emulsiones fotográficas, estos electrones atraen los iones de plata intersticiales, moviéndolos y creando una "imagen latente" de plata en cada cristal, mientras que en el CCD se acumulan en los pixels.

Al final de cada exposición se mide la carga eléctrica de cada elemento del CCD; cuanto más alta sea la carga, más fotones se han recibido. Los números se almacenan en un ordenador o en cinta magnética representando la distribución de los fotones en dos dimensiones, esto es, la imagen de la zona del cielo hacia la que apuntaba el telescopio. Dado que los elementos son muy eficientes ("capturan" casi cada fotón incidente), se pueden observar con un CCD detalles mucho más débiles que con una placa fotográfica, por ejemplo.

Aparte de la elevada eficacia cuántica, las ventajas principales del CCD radican en el rápido y fácil acceso a los datos en bruto, una respuesta lineal y una baja señal de ruido. Los CCD todavía se encuentran en un estado relativamente primitivo de desarrollo, y son bastante pequeños, aunque hoy en día se están haciendo disponibles CCD's mayores de hasta 2.000 × 2.000 pixels. El número total de elementos de imagen de una gran placa fotográfica sobrepasa los de un CCD, aunque éste es muy superior en términos de sensibilidad a la luz y precisión fotométrica. Mientras que la sensibilidad de la placa fotográfica es marcadamente uniforme a lo largo de toda su superficie, los CCD a menudo tienen una sensibilidad muy variable de pixel a pixel, aunque esto se puede corregir durante un subsecuente procesado de imagen de las tomas CCD. En la actualidad, para observaciones de pequeñas áreas del cielo y de objetos individuales, se prefiere el CCD a la fotografía. Sin embargo, cuando se observan extensas zonas del cielo a una elevada resolución angular, aún se prefiere la placa fotográfica. Esta situación puede cambiar cuando aparezcan CCD's de gran tamaño.

228 La Cámara Espectroscópica de Objetos Débiles del ESO (ESO Faint Object Spectroscopic Camera-EFOSC) entró en operación en el foco Cassegrain del telescopio de 3.6 m en 1985. Se dedica al estudio fotométrico y espectroscópico de objetos débiles, como galaxias distantes y cuasares. Es uno de los instrumentos ópticos más eficientes jamás construido, y uno de los más versátiles. En cuestión de segundos, el observador puede pasar de uno a otro de los cinco modos de observación posibles: imagen directa, espectroscopía de prisma de rendija, espectroscopía de prisma de campo, espectroscopía de rendija múltiple, y espectroscopía de rendija echelle. Usando las ventajas de estas posibilidades durante la noche, los observadores pueden hacer un uso óptimo de su tiempo de telescopio. Por ejemplo, es posible hacer fotometría y espectroscopía de baja dispersión de las galaxias de un cúmulo lejano, y estudiar a dispersión moderada el espectro de un cuasar de fondo encontrado esa misma noche. La potente capacidad de la Cámara de Objetos Débiles está bien ilustrada por esta imagen de estrellas en el cúmulo globular ω Centauri. Aquí se ven con facilidad estrellas de 25ª magnitud.



229 Algunas investigaciones astrofísicas requieren que el astrónomo tome espectros de varios objetos situados en una pequeña zona del cielo. La medición de velocidades radiales de galaxias individuales en un cúmulo y reconocimientos de tipos espectrales estelares en cúmulos de estrellas son buenos ejemplos de este tipo de trabajo. Con el fin de aumentar la eficacia a través de observaciones simultáneas de varios objetos, se desarrolló en el ESO un instrumento llamado OPTOPUS. Está basado en fibras ópticas y en el empleo de un espectrógrafo de rendija convencional. La plancha adaptadora del OPTUPUS se acopla al foco Cassegrain del telescopio de 3.6 m, como vemos aquí. Usa las llamadas "placas estelares", unas plantillas en las que unos agujeros meticulosamente horadados permiten posicionar con gran exactitud las fibras ópticas en el plano focal del telescopio. Cada fibra lleva la luz de un objeto celeste a la rendija del espectrógrafo. Para el guiado se dirijen las imágenes de dos estrellas brillantes a través de otras fibras a una pequeña cámara CCD. Los agujeros, y por lo tanto las fibras ópticas, pueden colocarse con gran exactitud en cualquier parte del campo de 33 minutos de arco disponible en una "placa estelar", permitiendo observaciones simultáneas de hasta 48 objetos diferentes. Con una cámara CCD, pueden recogerse en una noche los espectros de media resolución de unos 200 objetos de 18ª magnitud.

230 Además de observaciones en longitudes de onda visibles, los telescopios de La Silla se están usando cada vez más para explorar la región infrarroja del espectro entre 1 y 20 μm. En esta región espectral, la absorción atmosférica está causada principalmente por moléculas de agua. Ya que la cantidad de vapor de agua en el aire de

La Silla es tan pequeña, pueden realizarse aquí observaciones infrarrojas que serían difíciles o incluso imposibles en la mayor parte de otros lugares.

Tanto los telescopios de 1 m y 3.6 m están equipados con fotómetros infrarrojos, cubriendo este rango de longitud de onda en un número de bandas espectrales bien definidas con capacidad de espectroscopia de baja resolución. Para lograr la máxima sensibilidad, los detectores, ópticas y filtros asociados están enfriados criogénicamente a temperaturas tan bajas como 1° K (un grado sobre el cero absoluto). Dado que tanto el telescopio como el cielo irradian fuertemente en longitudes de onda infrarrojas, las mediciones deben hacerse alternando rápidamente el campo de visión del instrumento entre el objeto astronómico de interés y una región cercana del cielo. Esto se consigue normalmente usando un espejo secundario "oscilante" especialmente diseñado, que reemplaza y es más pequeño que el usado para la observación visual. Estos fotómetros contienen solamente elementos detectores individuales y no pueden producir imágenes del tipo de las obtenidas en la región visual con placas fotográficas y detectores CCD. No obstante, las imágenes pueden ser reconstruidas a partir de las señales obtenidas a medida que el telescopio se mueve paso a paso siguiendo una configuración "de parrilla" a lo largo de una región del cielo. Usando un "interferómetro speckle" especialmente diseñado en el telescopio de 3.6 m, es posible además medir tamaños angulares menores que el límite normalemente impuesto por el seeing atmosférico.

El instrumento instalado más recientemente, y también el más complejo, es el espectrómetro infrarrojo, IRSPEC, mostrado aquí. Es un espectrómetro de rejilla móvil equipado con una serie lineal de 32 elementos de díodos de InSb como detector, cubriendo el rango espectral de 1 a 5 μm a media resolución. Opticamente, su diseño es similar a los espectrómetros usados en longitudes de onda visuales. De nuevo, y para minimizar los efectos de la radiación térmica de fondo, el instrumento entero se enfría en una cámara de vacío con nitrógeno líquido a unos 77 K. Aunque ahora se usa en el foco Cassegrain del telescopio de 3.6 m, se planea transferir el IRSPEC al Telescopio de Nueva Tecnología (ver más adelante), una vez que éste sea operacional.

Los planes para la instrumentación infrarroja futura incluyen el uso de detectores de serie bi-dimensionales, similares a los CCD, que están empezando a aparecer, y con los que será posible obtener por vez primera imágenes reales del cielo infrarrojo.

231 Poco después de la decisión de construir el observatorio en La Silla, se instalaron en Santiago las primeras oficinas del ESO, en lo que más tarde sería el Alojamiento de Visitantes del ESO. Es el lugar en el que muchos astrónomos de plantilla, técnicos y visitantes descansan y se relajan en su camino a y desde La Silla.

ESO

El ESO estableció originariamente sus oficinas y talleres en Santiago de Chile, pero más tarde la mayoría de las actividades fueron transferidas a La Silla. En la actualidad el ESO mantiene un pequeño contingente administrativo en Santiago.

4.3 La Sede Central de Garching

232 En paralelo con el desarrollo del propio observatorio en La Silla, la base europea del ESO ha sufrido cambios significativos desde la fundación de la organización.

Con el establecimiento de la División de Proyectos de Telescopios y la División Científica del CERN, la oficina europea del ESO se escindió en dos unidades separadas, aunque la administración siguió en Hamburgo. En 1975, sin embargo, el ESO aceptó una generosa oferta del Gobierno Federal de Alemania bajo la forma de una nueva Sede Central en Garching, cerca de Munich, una zona que alberga varios institutos científicos nacionales. En septiembre de 1980, la administración y las divisiones establecidas en Ginebra se trasladaron al nuevo edificio de la Sede Central. Por primera vez desde los primeros días, todo el contingente europeo del ESO estaba otra vez en un solo lugar, con amplio espacio para todas sus actividades.

233 Con su arquitectura modernista y funcional, el edificio de la sede central del ESO en Garching ofrece un estupendo marco para las diversas científicas, técnicas y administrativas que han transformado en la actualidad al ESO-Europa es un gran centro científico.

Lámina 232

Lámina 233

234-235 Las instalaciones en la Sede Central del ESO incluyen una serie de bien equipados laboratorios de electrónica, óptica y mecánica, un gran laboratorio fotográfico, avanzadas máquinas de medida (Lámina 234), potentes ordenadores para almacenar y reducir los datos observacionales (Lámina 235), una completa biblioteca científica y técnica, y espacios de trabajo para los científicos, incluyendo instalaciones para conferencias. Desde 1984, el ESO sirve como el instituto anfitrión para el Complejo de Coordinación Europeo para el Telescopio Espacial (ST/ECF), conjuntamente operado por el ESO y la ESA, la Agencia Europea del Espacio. Este grupo de científicos e ingenieros es responsable de la participación europea en el Telescopio Espacial Hubble de la ESA/NASA. La conexión directa en el ESO de astronomía basada en tierra y basada en el espacio ha sido muy beneficiosa para el progreso científico y técnico dentro de la astronomía y la astrofísica en Europa y en el extranjero.

236 Los laboratorios fotográficos del ESO fueron establecidos en 1972 para llevar a cabo la producción de los Reconocimientos Celestes del ESO y el ESO/SERC, basados en observaciones con dos grandes telescopios Schmidt en el hemisferio sur, uno el de La Silla y otro operado para el Consejo de Investigación en Ciencia e Ingeniería del Reino Unido por el Observatorio Real de Edinburgo, en el Observatorio de Siding Spring, Australia.

El primer reconocimiento del ESO, completado en 1978, fue el llamado Reconocimiento Rápido en el Azul del ESO (*ESO Quick Blue Survey-QBS*). Para este reconocimiento se expusieron placas Kodak (IIa-0) sensibles al azul durante 60 minutos, llegando a objetos de 21ª magnitud. Esto era 5 magnitudes más profundo que cualquier otro reconocimiento previo del cielo austral. Después del revelado en La Silla, las placas originales se enviaban a los laboratorios fotográficos del ESO en Europa. Aquí se copiaban y se almacenaban en un sótano. Las placas de copia, ahora sirviendo como masters, se usaron para realizar numerosas copias en película o cristal, que forman el "ESO QBS Atlas". Consiste de 606 campos, cubriendo en conjunto el cielo austral desde la declinación -17,5° hasta el Polo Sur celeste. Este Atlas fue distribuido a institutos astronómicos de todo el mundo.

El procedimiento de copia requiere un cuidadoso trabajo por especialistas fotográficos y además el empleo de algunas técnicas de copiado novedosas. Mientras que es relativamente fácil conseguir una calidad casi perfecta para copiar individuales, es una tarea ímproba el mantener una calidad para las decenas de miles de copias individuales del atlas. Tras completar el Atlas QBS, el laboratorio del ESO ha sido dedicado desde entonces a un reconomiento celeste aún más profundo en dos colores. Para este reconocimiento se emplea una emulsión fotográfica de grano fino, Kodak Tipo IIIa. Las placas IIIa están disponibles en diferentes sensibilidades espectrales, una versión "J", que recoge mayormente la luz azul, y una versión "F" sensible al rojo. El trabajo observacional ha sido dividido entre el Schmidt del ESO, que toma las placas rojas, y el Schmidt del SERC, que toma las placas azules. Todas son copiadas posteriormente en el ESO en Garching. Este Atlas consiste de 1212 negativos o placas de cristal, cubriendo la misma zona del cielo que el ESO QBS Atlas.

Además, los laboratorios fotográficos del ESO llevan a cabo otras tareas relacionadas con la fotografía técnica y astronómica. Estas incluyen la regeneración en imágenes de color real de objetos astronómicos, como las imágenes en color de este libro, y técnicas de manipulación de contraste dirigidas a extraer la máxima información de las placas fotográficas. El laboratorio se ha establecido a sí mismo en una posición líder en lo que concierne al revelado, copia y técnicas de procesado requeridas por las placas fotográficas de gran tamaño.

Desde su concepción el ESO iba a ser el punto focal de la astronomía Europea. Este objetivo se ha logrado de varias maneras. Primero y principal, el ESO ha suministrado a los astrónomos europeos el acceso a telescopios y detectores de punta. En segundo lugar, el propio grupo de científicos e ingenieros del ESO interacciona de cerca con las comunidades científicas y técnicas de sus países miembros, así como con institutos e individuos del extranjero. La mayoría de los programas observacionales del ESO están basados en la colaboración entre astrónomos de más de un país miembro, a menudo con uno de la plantilla del ESO. Estos estrechos lazos entre institutos de investigación nacionales son vitales, y aseguran que el ESO permanezca como una organización dinámica capaz de cumplir su propósito de apoyar y reforzar la investigación europea.

Desde un punto de vista organizativo, esta provechosa interacción se ve asegurada por unos comités creados para tratar con diversos asuntos de importancia. El cuerpo principal es el Consejo del ESO, que consiste en dos representantes de cada país miembro. El Consejo determina la política de la organización con respecto a la materias científicas, técnicas y administrativas, y es el órgano rector de la organización. El Consejo está apoyado por un Comité Financiero y un Comité Científico-Técnico. Varios grupos de trabajo, compuestos de miembros de la comunidad científica, dan consejo sobre diferentes aspectos del proyecto VLT (ver más adelante).

La mayor parte de los observadores que usan las instalaciones del ESO provienen de institutos nacionales en los países miembros. Reciben tiempo de observación a partir de la base de propuestas escritas elegidas por el Comité de Programas de Observación. El trabajo de este organismo es extremadamente importante ya que el número de propuestas supera con mucho el tiempo de observación disponible en La Silla. Este comité, por tanto, tiene la difícil tarea de seleccionar los programas de investigación más importantes entre los cientos de propuestas bien.

Planeadas y científicamente interesantes. El Comité de Usuarios consiste en los observadores y la plantilla técnica y científica del ESO, quienes evalúan juntos los informes y comentarios sobre temas específicos, como por ejemplo los diversos problemas técnicos encontrados durante las sesiones de observación.

El ESO también apoya activamente el flujo de información entre los científicos europeos. Esto se realiza patrocinando la renombrada revista científica "Astronomy and Astrophysics" y publicando su propia revista, "The ESO Messenger". Otras publicaciones del ESO incluyen un elevado número de reportes técnicos, informes y actas de numerosas conferencias y reuniones de trabajo organizadas por el ESO en la Sede Central de Garching y en cualquier otro lugar de los países miembros.

4.4 La Próxima Generación de Telescopios

El tremendo progreso en la astronomía observacional durante este siglo ha llevado a una creciente demanda de telescopios con grandes aberturas. Observaciones en bandas espectrales no accesibles anteriormente, son ahora posibles con radiotelescopios y satélites, y se han sumado a la necesidad de identificar objetos ópticamente débiles. Como es natural, los astrónomos quieren observar objetos más débiles y más distantes de los que son posibles en la actualidad. Hay una necesidad de telescopios mayores que puedan llegar más allá de los límites actuales en el tiempo y en el espacio. Pero los telescopios de gran poder colector son caros y, más aún, existen límites al tamaño físico que se puede fabricar. Un gran factor límite es el peso del espejo primario colector de luz. Un espejo convencional de 3.6 m de vitro-cerámica Zerodur de baja expansión debe tener un grosor de al menos 50 cm para mantener su forma cuando el telescopio apunte en diferentes direcciones. Un espejo así pesa unas 11 toneladas, y necesita un voluminoso y pesado soporte para alojarlo. Una vieja regla dice que el peso y el costo de un telescopio clásico se incrementa con la tercera potencia del diámetro del espejo.

Afortunadamente, ideas nuevas sobre diseño telescópico han llevado a importantes innovaciones en la tecnología de telescopios que están siendo incorporadas a los nuevos telescopios del ESO descritos a continuación. El nuevo planteamiento hará posible construir y operar telescopios mucho mayores que los actuales y, más importante, a un precio considerablemente menor que el de los instrumentos de diseño convencional.

El Telescopio de Nueva Tecnología (NTT)

237 El primer telescopio de nueva generación del ESO, actualmente en proceso de construcción, se ha denominado muy acertadamente el Telescopio de Nueva Tecnología (New Technology Telescope-NTT). Comparado con el telescopio de 3,6 m, éste incorporará varias características nuevas. Lo primero, es que el NTT estará soportado por una montura altazimutal, más simple y barata que las monturas ecuatoriales convencionales. Necesita seguimiento en los dos ejes, aunque con el moderno control por ordenador, esto ya no representa un gran obstáculo.

Lámina 237

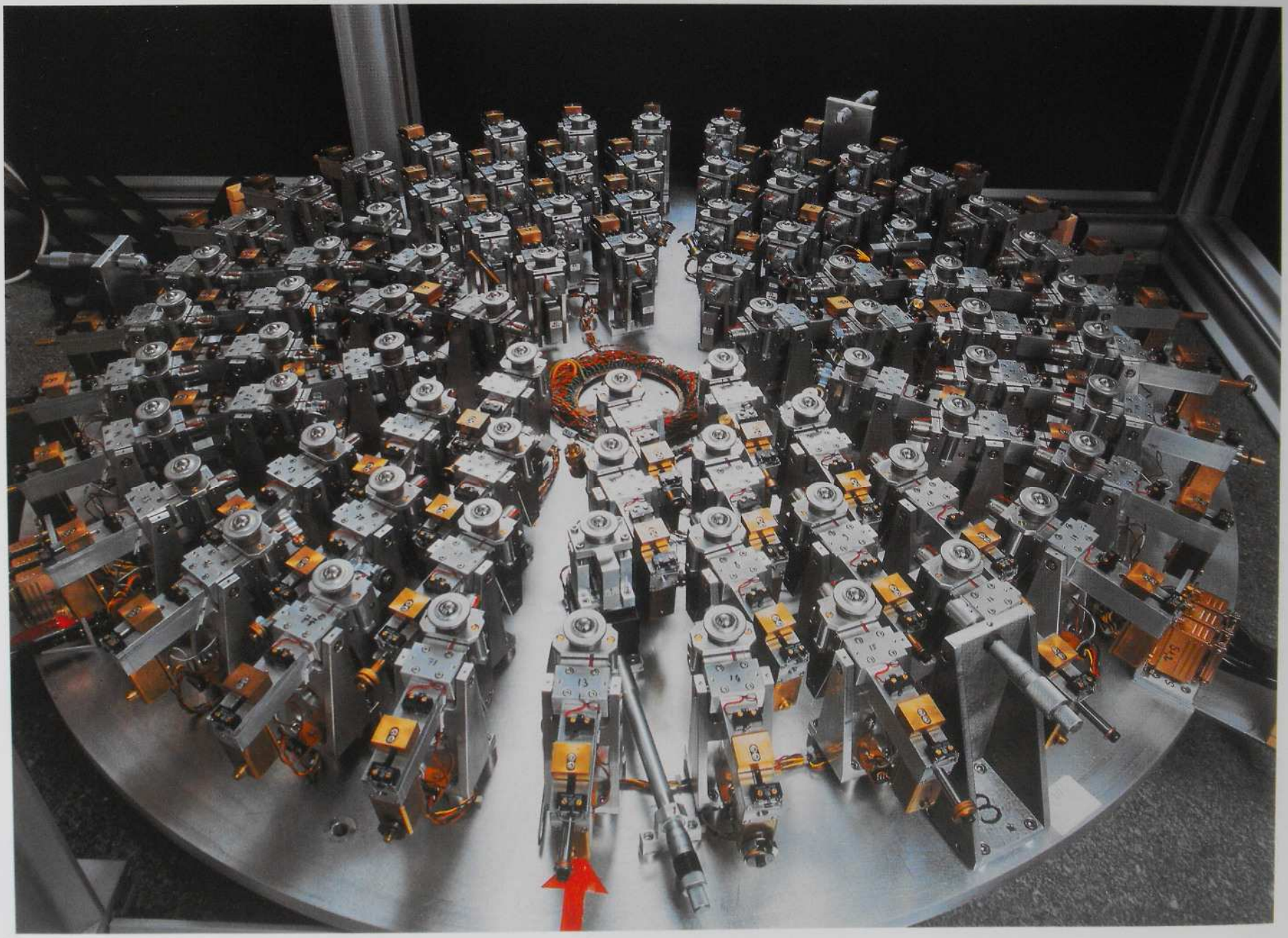


Lámina 238

238 Otra característica es la introducción del "concepto de espejo activo". El espejo primario del NTT del ESO tiene un diámetro de 3.58 m, y un grosor de sólo 24 cm. El peso es de únicamente seis toneladas. Dado que el espejo es tan ligero, toda la estructura del telescopio puede reducir considerablemente su peso, lográndose una significativa reducción del costo. Sin embargo, un espejo tan fino se deformará por su propio peso cuando el telescopio se mueva. Para solucionar esto, se ha desarrollado en el ESO un sistema (Fig. 31) en el que un "analizador de imagen" (2) chequea continuamente la forma del espejo. Usando la luz de una imagen estelar en el plano focal (1) y la desviación medida de la forma ideal de la imagen, el ordenador (3) genera señales de corrección para las estructuras de soporte de los espejos primario y secundario, asegurando una continua perfección óptica. Parte de este sistema es el soporte activo del espejo primario, que tiene 75 cojinetes axiales activos y tres soportes fijos. Esta foto muestra el soporte activo de un espejo de prueba de 1 m instalado en el laboratorio óptico de Garching.

Contrariamente a la mayor parte de los telescopios convencionales, el NTT sólo posee dos focos Nasmyth. Los intrumentos auxiliares se instalan allí permanentemente. El actual telescopio de 3.6 m del ESO, en comparación, tiene tres focos: un foco primario, uno Cassegrain, y un foco Coudé, resultando en cambios frecuentes de la unidad superior del instrumento.

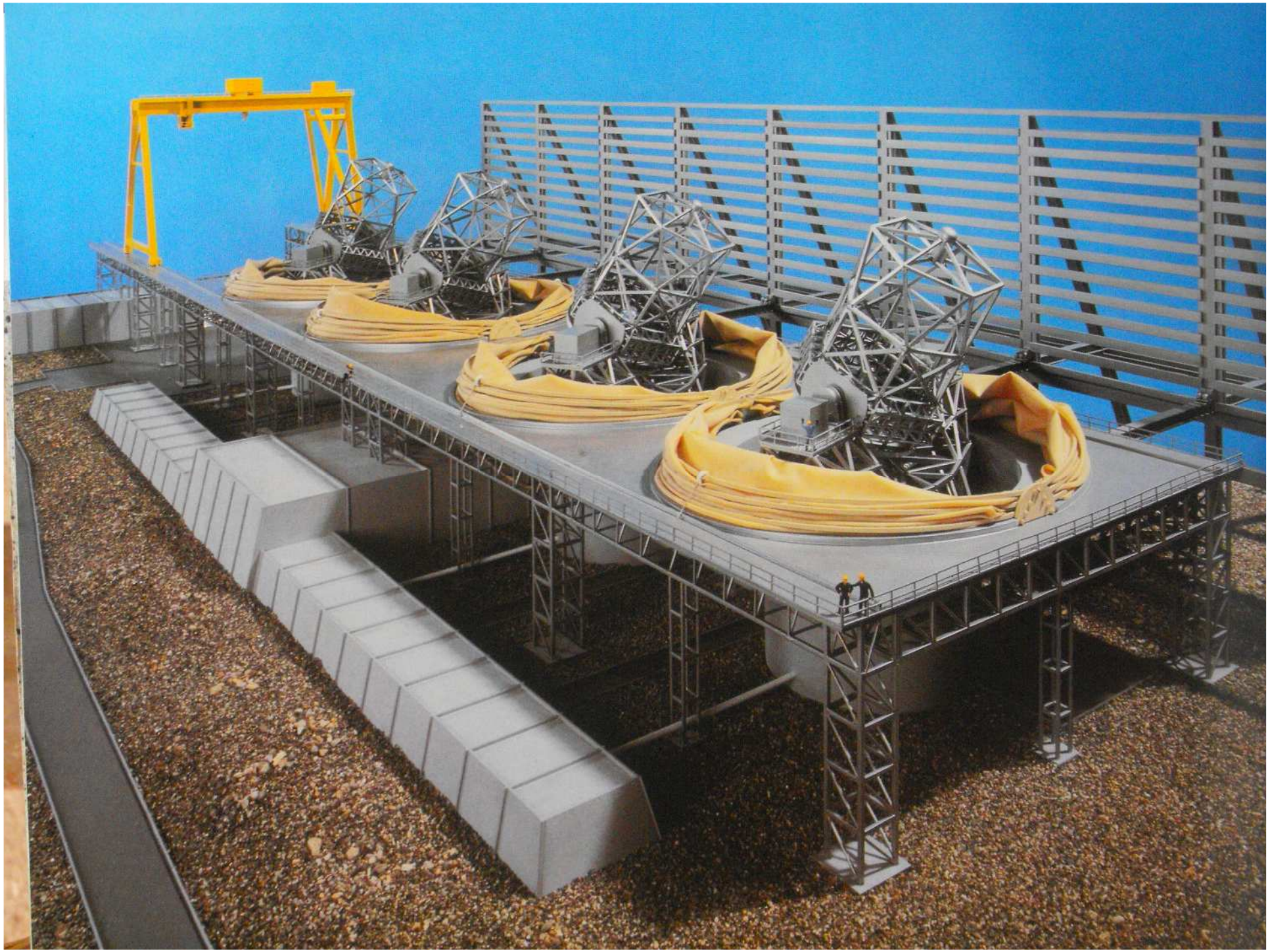
Otra característica novedosa es un nuevo tipo de cúpula, diseñada a partir de todo el conocimiento acumulado sobre el deterioro de la imagen debido a la turbulencia del aire en las cúpulas clásicas. La posibilidad de control remoto desde la Sede Central del ESO en Garching se ha incorporado al NTT como una opción futura.

Deben enfatizarse dos aspectos del proyecto NTT. Con la consiguiente implementación de la tecnología más reciente, es ahora posible construir un gran telescopio del mismo tamaño que el 3.6 m del ESO a un precio sustancialmente menor. Al mismo tiempo, sin embargo, se espera que el funcionamiento óptico supere el del telescopio actual, aunque a expensas de abandonar el concepto de multiuso. Cuando el NTT esté instalado en el observatorio del ESO en 1986, será uno de los telescopios más avanzados tecnológicamente del mundo, y revelará al actual 3.6 m de parte de la demanda generada por el gran número de excelentes propuestas de tiempo de observación. De igual importancia, el NTT actuará como banco de pruebas para el Proyecto del Gran Telescopio del ESO (Very Large Telescope-VLT), un instrumento de 16 m de abertura equivalente planeado para los años 90.

Oportunidades Para El Futuro
El Proyecto VLT Del ESO

El rendimiento de un telescopio depende de unos determinados parámetros mecánicos y ópticos. El principal factor determinante es el tamaño de su superficie colectora de luz, esto es, el espejo primario, que condiciona no sólo la capacidad colectora de luz del telescopio sino también su capacidad de resolución angular. Naturalmente, los astrónomos desean poner en funcionamiento mayores reflectores. Durante muchos años, la razón principal para incrementar el tamaño de un reflector fue para incrementar la capacidad colectora de luz, estando la resolución limitada por las condiciones atmosféricas. Sin embargo, nuevas técnicas observacionales, como la interferometría speckle, y nuevas ideas sobre diseño de telescopios, en especial los conceptos de "ópticas activas" (evitar la deformación física del espejo primario) y "ópticas adaptivas" (eliminar los efectos de turbulencia atmosférica de la imagen), permiten una resolución angular significativamente mejorada. Por ello, reflectores mucho más grandes que los actuales abren campos totalmente nuevos en la investigación astronómica. Unos cuantos proyectos de telescopios del rango 8-25 m se encuentran actualmente en estudio.

Fig. 31



239 Están muy avanzados los planes para un grupo de cuatro telescopios de 8 m, que, trabajando juntos, tendrán la misma capacidad colectora de luz que un telescopio de 16 m, aunque siendo capaz de funcionar como cuatro instrumentos individuales gigantes. Aquí se muestra un modelo. Ya que la resolución angular depende del mayor diámetro de la superficie colectora de luz, una de las principales ventajas del concepto de grupo es que cuando los cuatro telescopios de 8 m trabajan al unísono coherentemente, su resolución será muy superior a la de un instrumento de espejo único de parecida capacidad colectora de luz. Otra ventaja es que la fabricación y manejo de reflectores de 8 m es menos complicada que la de uno de 16 m. De todos modos, la construcción de un telescopio de 8 m es una tarea formidable. El desarrollar y construir un instrumento de este tamaño y complejidad tendrá un importante impacto en la industria europea al fomentar nuevas ideas y desarrollos en campos importantes como la óptica y la electrónica.

Según las estimaciones actuales, el VLT de 16 m del ESO lleva una etiqueta de precio de 300 millones de Marcos Alemanes. Aunque esto es una cantidad de dinero bastante pequeña si se compara con el precio de construir y poner en órbita el Telescopio Espacial Hubble de 2.4 m, representa una gran inversión en la astronomía basada en tierra. Es necesario asegurar que un instrumento así se coloque en uno de los mejores lugares del mundo. Por ello, el ESO está llevando a cabo extensas campañas de prospección de lugares en unos cuantos picos montañosos prometedores del norte de Chile, y también en el propio Observatorio de La Silla. A la hora de la selección del emplazamiento, el ESO tendrá una enorme cantidad de datos a su disposición concernientes a condiciones de seeing, transparencia del cielo, humedad, número de noches fotométricas, condiciones de vientos, etc, que permitirán tomar una decisión bien fundada de donde emplazar el VLT.

Retos tecnológicos aparte, los telescopios se construyen para observar el Universo y los objetos que contiene. Telescopios gigantes, como el VLT, significarán un salto cuántico en astronomía, como lo fue el telescopio Hale de 5 m de Monte Palomar cuando fue inaugurado a finales de los años 40. Algunos de los principales objetivos científicos del VLT se concentran alrededor de un mejor entendimiento del Universo primitivo, cómo fue formado, cómo se formaron las galaxias, y cuál es el origen de las enormes fuentes de energía de los cuasares. Otros programas de investigación del VLT se concentrarán en la formación del Sistema Solar y en la distribución y cantidad de materia oscura en el Universo. Sin embargo, algunos de los descubrimientos más importantes que se realizarán con el VLT no pueden siquiera ser previstos hoy en día. Indudablemente, la Naturaleza tiene muchas sorpresas ocultas para los usuarios del VLT.

240 A medida que el Sol se pone en La Silla, los técnicos del turno de día regresan a sus alojamientos. Para los astrónomos y asistentes nocturnos es la hora de subir a los telescopios. Pero también estos pocos y preciosos minutos son hora para la serena contemplación y admiración de uno de los espectáculos más cautivadores que ofrece la Naturaleza.

Lámina 240 ver página 256