

## **El Parque Nacional del Teide como recurso científico**

En la actualidad queda patente, sobre todo en virtud de las numerosas solicitudes para la realización de estudios, que el ámbito del Parque Nacional es objeto y soporte de investigaciones científicas en diversos campos del conocimiento. De esta forma en la última década se han efectuado un total de 248 estudios de investigación, destacando sobre todo por el número de solicitudes aquellas relacionadas con la geología, botánica, zoología, ecología, arqueología, hidrología, meteorología, edafología, etc. Se exponen a continuación los ámbitos científicos para los cuales el Parque Nacional ofrece unas condiciones únicas para llevar a cabo estudios de relevancia internacional.

### **Geología**

Los estudios geológicos sobre el Teide y Las Cañadas en la segunda mitad del siglo XX, han permitido avanzar considerablemente en su conocimiento, lo que ha contribuido significativamente a una mejor comprensión de la dinámica de los grandes deslizamientos y calderas en islas volcánicas oceánicas y estratovolcanes en general. En concreto el debate y la controversia sobre el origen de la Caldera de Las Cañadas ha sido fundamental para conocer y entender la mecánica de los grandes deslizamientos gravitacionales y la formación de calderas de colapso múltiples. La depresión de Las Cañadas ha sido considerada por la comunidad científica internacional como un lugar idóneo para hacer un sondeo de investigación a 3.000 m de profundidad, que permitiría, junto a la información aportada desde otros ámbitos, elaborar un mapa geológico en tres dimensiones de la parte central de la Isla, algo inédito en la vulcanología mundial. Asimismo, la comparación entre la petrología del edificio Cañadas y el complejo Teide-pico Viejo ha sido y sigue siendo el objetivo de proyectos internacionales destinados a comprender la complejas relaciones entre la evolución magmática y la dinámica eruptiva, aspecto fundamental en la evaluación del riesgo volcánico en áreas activas.

### **Meteorología**

#### **Factores meteorológicos de interés científico**

El Parque Nacional del Teide suscita actualmente un gran interés desde el punto de vista científico, debido principalmente a las excepcionales condiciones meteorológicas, que se adaptan

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Teide desde La Fortaleza*

PARQUES NACIONALES



*Izaña. Observatorio*

perfectamente a las exigencias de un gran número de disciplinas.

La característica principal que determina estas buenas condiciones es la de zona situada a una altitud tal que sobrepasa la perfectamente limitada capa límite en estas latitudes, unido al carácter insular, que permite considerarla como dinámicamente aislada de influencias orográficas ajenas a la propia Isla. Esto resulta en un cielo y un entorno casi representativo de la atmósfera libre.

En esta atmósfera cuasi-libre se pueden realizar todo tipo de observaciones científicas, comenzando por las observaciones astronómicas, que por supuesto requieren de un cielo completamente limpio de nubes. De hecho, el porcentaje anual de nubosidad medido en el Observatorio Atmosférico de Izaña es el menor de toda España. A esta característica se le une la de un aire nocturno estable debido al enfriamiento por radiación, que consigue aumentar la resolución de las imágenes obtenidas a través de los telescopios allí instalados.

Por otro lado, la pureza atmosférica a esta altitud permite realizar toda una serie de calibraciones a instrumentos que miden parámetros relacionados con la radiación solar y con la química estratosférica. Esto es lo que hace del Parque Nacional del Teide el lugar ideal para realizar intercomparaciones internacionales de instrumentos que luego son situados en sus lugares de origen para realizar un seguimiento de la evolución de los componentes químicos atmosféricos que tanto preocupan actualmente.

Se une a esto la posibilidad de realizar investigaciones de rendimiento de captadores de energía solar; análisis y clasificación de invasiones de polvo, que en otro caso no serían detectables ni medibles con la precisión que se exige; medición y estudio de la evolución climática del planeta; estudios relacionados con la altura del mar de nubes; y por supuesto, la disponibilidad a tiempo real de parámetros meteorológicos que son esenciales a la hora de inicializar los modelos de predicción numérica a escala global.

Todo esto hace del Parque Nacional del Teide un lugar inmejorable para la realización de todo tipo de estudios científicos, no sólo por sus características atmosféricas especiales y posiblemente únicas, sino por su cercanía al continente europeo y por el peso científico internacional ya ganado con numerosas experiencias científicas que han sido realizadas con éxito.

## El Observatorio Atmosférico de Izaña. Breve historia de un acontecimiento científico universal

Desde el comienzo en Europa de la edad moderna Las Cañadas y el pico del Teide han sido para sus viajeros y naturalistas un paisaje tan familiar –por la lectura de fascinantes libros de viaje-, como excepcional -por la particularidad de su espacio geográfico- para el estudio de cualquier disciplina de la naturaleza, ya sea geológica, botánica, astronómica, meteorológica, etc.. El exotismo, la curiosidad y el pintoresquismo sobre la cumbre del Teide acabaron por arraigarse en un fenómeno denominado “teidemanía” o “picomanía” y, al mismo tiempo, por derivar en un innegable provecho científico, acreditado por las numerosas expediciones dirigidas al Pico del Teide. El conocimiento del clima de las islas Canarias en la Europa moderna, por no hacer referencia a los autores clásicos greco-latinos, se inició gracias a las primeras obras publicadas tras aquellas expediciones que culminaron en el siglo de las Luces y la Enciclopedia.

El interés por las condiciones atmosféricas de la cumbre de la isla de Tenerife, considerada entonces por muchos como la más alta del mundo, se remonta hasta finales del siglo XV. Leonardo Torriani, un ingeniero italiano destacado en las islas Canarias al servicio de Felipe II, describía en el año 1590 el primer apunte de carácter meteorológico sobre el pico del Teide, de modo que *“en aquella altura es excesiva la sequedad, que apremia de tal modo la cabeza, que considero (por aquello que yo mismo experimenté), que nadie podría vivir allí veinticuatro horas... Encima hay vientos muy fuertes y muy secos, sin ninguna humedad durante el mes de junio; de lo cual inferí que está en la parte más alta de la primera región del aire, donde las exhalaciones secas andan dando vueltas”*. Aún hoy, cuatro siglos después, es posible apreciar la sutileza de sus observaciones meteorológicas: sequedad, viento y turbulencia, todo ello por encima de la capa de inversión térmica característica de las islas o, dicho en sus propias palabras, en la parte más elevada primera región del aire.

Pero el primer antecedente verdaderamente científico en cuanto al interés por desarrollar estudios meteorológicos en el Pico del Teide data del año 1645, cuando la Royal Society of London se mostró interesada en desplazar a la isla de Tenerife a dos de sus miembros para medir en su cumbre *“el peso del aire y la elevación de la atmósfera”*. Tan solo dos años antes, en 1643, el italiano Evangelista Torricelli realizaba los primeros experimentos con el barómetro.

Durante el siglo XVIII una extensa nómina de marinos y naturalistas realizaron estudios en el pico del Teide. Éstos atraídos por la singularidad de su naturaleza y su clima, aquéllos



*Primer observatorio*



por su interés en determinar las coordenadas geográficas y la altitud del pico para los usos de navegación marítima. Para medir con exactitud la elevada cima realizaban cálculos trigonométricos según los ángulos de las visuales trazadas desde el mar hacia el Pico que, más tarde ascendiendo a la cumbre del Teide, verificaban mediante el uso del barómetro.

Desde entonces, diversos e importantes científicos extranjeros -Glas, von Humboldt, von Buch, Lyell, Webb, Berthelot Piazzi Smith, y otros- abogaron por su construcción una vez fue conocida la extraordinaria calidad y pureza de su atmósfera. Este anhelo fue recogido por primera vez del marqués de Saint Aubin (1688-1746), quien en su *“Traité de l’opinion”* planteaba *“establecer algunos astrónomos en un Observatorio, plantado sobre la cumbre de este monte [y así] tal vez todas las distancias de los planetas y de las [estrellas] fijas, todas las magnitudes de los globos, toda la forma del universo y la colocación entera de los cielos recibirían una mutación portentosa, por medio de las nuevas observaciones”*.

Igualmente en su conocida *“Descripción de las Islas Canarias”*, George Glas exponía en el año 1764 la necesidad y utilidad que reportaría un observatorio de montaña en Tenerife, pues *“no hay lugar en el mundo más apropiado para un Observatorio que La Estancia [se refiere a La Estancia de los Ingleses]; si se construyera allí un casa caliente y cómoda, o para instalar astrónomos cuando dura el buen tiempo, o sea todo julio, agosto y septiembre, podrían hacer sus observaciones, tomar nota acerca del viento y del tiempo por encima de las nubes, y observar su naturaleza y propiedades”*..

Con idéntico parecer a la opinión de Glas se refiere un comentario del ilustrado canario Viera y Clavijo, escrito en 1776, al decir que *“el destino del Teide ha sido en todos los tiempos el de ser considerado como el sitio del mundo más a propósito para las observaciones del cielo y de la atmósfera”*.

El siglo XVIII culmina, tras una inagotable nómina de naturalistas y viajeros que acudían a las Cañadas del Teide por motivos de índole diversa, con la ascensión al pico del Teide de Alexander von Humboldt el 21 de junio de 1799. Puede considerarse éste como un significativo acontecimiento científico por razones ya bien conocidas. Von Humboldt señaló los diferentes pisos de vegetación de la Isla; fue también el primero en determinar la altitud del mar de nubes -en verano sobre 1170 m- y sus principales causas: la humedad de los vientos alisios del NE y el efecto orográfico de la Isla. Dado que no realizó una serie de medidas intermedias no pudo constatar la inversión del alisio, tan característica de las Islas.

El 6 de enero de 1832 llegó Charles Darwin a Tenerife con la expedición del “Beagle”. A pesar del interés suscitado por las noticias y los datos registrados por Humboldt y otros investigadores europeos, Darwin no conoció la Isla y su famosa cumbre, pues *“no se nos permitió desembarcar por temor a que llevásemos el cólera con nosotros”*.

En 1847 los franceses Arago y Desperay proyectaron establecer un centro de observaciones meteorológicas en Tenerife, proyecto que por las consecuencias de la Revolución francesa de 1848 nunca se llevó a efecto. Para su instalación contaban con la colaboración del conocido naturalista Sabine Berthelot, entonces cónsul de Francia en la isla de Tenerife. Berthelot contaba los detalles sobre su oportunidad basándose en que *“las Islas Canarias, por su latitud casi tropical y la altitud de sus montañas, cuyo punto más elevado ejerce una gran influencia en la atmósfera circundante, se encuentran admirablemente situadas para la observación de fenómenos electromagnéticos que dependen de la meteorología (...)”*.

El británico Charles Piazzi Smyth permaneció durante dos meses del verano de 1856 en el pico de Tenerife. Desde el 16 de julio hasta el 17 de agosto en la montaña de Guajara (2705 m.), y desde el 20 de agosto hasta el 29 de septiembre en Altavista (3240 m.). El fue el primero en establecerse de forma permanente en el Pico, haciendo las primeras observaciones meteorológicas y astronómicas sistemáticas. Descubrió, gracias a las observaciones tomadas durante dos días de rápido ascenso y descenso, la inversión de temperatura producida en la atmósfera por los vientos alisios y el anticiclón de las Azores. Piazzi Smyth vino a Tenerife para corroborar lo que un siglo antes dijera Isaac Newton, en el año 1730. Esto es que *“los telescopios no pueden construirse de tal manera que sean capaces de hacer desaparecer la confusión de rayos producida por la agitación de la atmósfera. El único remedio es un aire lo más sereno e inmóvil, tal como el que puede encontrarse en las cimas de las montañas más altas, por encima de las nubes más espesas”*.

La estancia del astrónomo británico Charles Piazzi Smyth en Tenerife estableció, por diversas razones, un hito en cuanto a la oportunidad de instalar un observatorio en el Teide. Fue hasta la fecha la misión científica más completa realizada en Las Cañadas y el Pico del Teide, llevando a cabo investigaciones astronómicas, meteorológicas, mareométricas y botánicas. Su libro *“Teneriffe, an astronomer's experiment...”* fue enormemente difundido por el éxito de sus investigaciones. Desde entonces la obra de Piazzi Smyth y el Teide aparecieron en numerosos libros geográficos, y en todos los manuales científicos extranjeros que trataban de Meteorología o Astronomía.

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



Izaña





Citemos asimismo la aportación del norteamericano W. Ferrel, quien expuso en el año 1856 una explicación de los vientos del SW y NE en el Pico del Teide, para reafirmar su teoría sobre la circulación general de la atmósfera, según la latitud de la Isla, los máximos de presión y el desplazamiento de los vientos alisios según las estaciones.

El médico francés Gabriel Belcastel publicó en 1862, y por vez primera, un completo estudio climatológico sobre el Valle de La Orotava. Dada la expectación creada por el estudio de Smyth y las condiciones del pico del Teide, Belcastel exhortaba a *“que se ocupe más tarde [el Estado español] en el lujo de las ciencias y construya en las alturas de las Cañadas un Observatorio que por su elevación, su latitud y su cielo constantemente inalterable puede llegar a ser el primer punto astronómico del globo”*.

K. von Fritsch, vicedirector del Instituto Central para la Meteorología y el Magnetismo Terrestre en Viena, como Piazzi Smyth, permaneció durante un prolongado período en Tenerife durante el año 1864. Sus trabajos se dirigieron a estudiar e interpretar el régimen de los vientos alisios y contralisios en la Isla, y desde el pico del Teide en la capa superior de la troposfera.

Setenta y cinco observaciones de nubes, realizadas por el profesor sueco H. Öhrwall, de enero a mayo de 1884, y por el alférez de la marina sueca G. Hultcrantz, de noviembre a diciembre de 1884, fueron recogidas por el meteorólogo alemán Julius von Hann. A través de aquellas observaciones interpretaban el régimen de los vientos en la capa superior de la atmósfera de las islas Canarias.

Ralph Abercromby, del Meteorological Office británico, estuvo en octubre de 1887 en la isla y subió al pico del Teide. Su principal aportación fue la publicación en 1896, junto con el francés Teisserenc de Bort y el alemán Hildebranson, del Atlas Internacional de Nubes por lo que es posible que realizara numerosas fotografías de las nubes desde el Pico. Aunque su mayor interés fuera el estudio de las nubes y su relación con los niveles de los vientos superiores, este británico desarrolló también diversas observaciones meteorológicas y las primeras sobre electricidad atmosférica en todo el territorio español.

El Dr. Biermann, un científico de nacionalidad alemana, expuso detalladamente en una obra exclusivamente dedicada al clima de las islas Canarias las relaciones de vientos alisios en la isla de Tenerife. En un conocido manual de climatología Julius von Hann añadió nuevos trabajos al respecto, dedicando especial atención al de H. Christ. Este último llegó a elaborar de forma más precisa la distribución de climas de Humboldt según las tres categorías de alturas.

Basado en un estudio “*Sobre el límite ultravioleta del espectro solar, a partir de los clichés obtenidos por el Dr. Simony en el pico de Tenerife*”, publicó el francés A. Cornu un trabajo en 1890 en la revista *Comptes Rendues*. Sobre el Dr. Oscar Simony pueden consultarse además otros siete trabajos publicados entre 1890 y 1901, sobre distintos aspectos de la naturaleza de las islas Canarias.

En 1900 el prestigioso científico sueco K. Angström publicaba en Upsala los resultados de sus trabajos realizados en Tenerife sobre “*La intensidad de la radiación solar a diferentes altitudes hechas en Tenerife en los años 1895 y 1896*”. K. Angström y su colaborador O. Edelstamm hicieron una serie de medidas comparativas en la proximidad del pico (3.692 m.), sobre el lugar de observación conocido por Altavista (3.252 m.), en un punto de Las Cañadas del Teide (2.125 m.) y en un lugar de la costa sur de Güímar (360 m.).

Después de esta prolongada aunque necesaria enumeración de trabajos e investigadores extranjeros, puede comprobarse el privilegio del Pico del Teide para la elaboración de estudios meteorológicos, cuyos resultados delimitan un área geográfica más amplia que la estrictamente insular. Dichos estudios surgen desde el siglo XVIII y se mantienen con continuidad hasta principios del siglo XX. Aumentan en número y especialización desde la estancia de Piazzzi Smyth en 1856. La mayor parte de los científicos que realizaron estos estudios fueron extranjeros, británicos y alemanes sobre todos los demás. Todos estos estudios -el viento en la capa superior de la atmósfera, movimiento de las nubes, electricidad atmosférica, radiación solar y otros- fueron llevados a cabo por primera vez en España desde el pico del Teide.

Comenzado el siglo XX el interés por las condiciones climatológicas y geográficas de la isla de Tenerife se extiende y concluye en nuevas expediciones científicas. En el año 1904, un célebre oceanógrafo de la época, el príncipe Alberto de Mónaco, acompañado del catedrático de la universidad de Berlín Hugo Hergesell, realizan desde el yate “*Princesse Alice*” del primero, los primeros sondeos con globos piloto para estudiar el régimen de los vientos alisios en relación con la media y alta troposfera. En 1906 el francés Teisserenc de Bort –el célebre científico que dio en llamar como tal al anticiclón de las Azores- junto al norteamericano Lawrence Rotch, a bordo del buque “*Otaria*”, realizaron desde el norte de Canarias y los 25° N de latitud otra serie de observaciones mediante sondeos meteorológicos. Lanzaron además 40 globos piloto y cautivos desde el pico, durante los días 8, 9 y 10 de agosto de 1906.

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Casa del Observatorio*



En la *Conferencia Internacional sobre Aerostación Científica* celebrada en Milán en el año 1906, y a la luz de los resultados obtenidos en aguas canarias, se sugirió la importancia que tendría el establecimiento de un observatorio de altura en las islas. La instalación de un observatorio en Tenerife iba a ser consecuencia de la proposición hecha por el francés Teisserenc de Bort. El complejo y ambicioso proyecto de Teisserenc de Bort consistía en organizar una red de estaciones aerológicas para el estudio de la alta atmósfera en todo el hemisferio norte. Como el observatorio de la isla de Tenerife propuso establecer otros en Escandinavia y en el norte de Gran Bretaña, en Argelia, El Cairo, las Islas Bermudas, Azores y Jamaica.

El 28 de julio de 1908, el Dr. Wenger desde el valle de la Orotava y el profesor Hergesell desde el buque de la marina alemana "*Victoria Luisa*", efectuaron simultáneamente el primer sondeo conjunto sobre la isla de Tenerife. Al mismo tiempo, también Hergesell en unión de Hildebrandt realizaba estudios de dinámica del viento sobre el mismo pico del Teide.

Hasta tanto comenzara la construcción del observatorio español, el Gobierno autorizó el establecimiento de un observatorio provisional alemán para realizar estudios aerológicos. Así comenzó a funcionar inicialmente en noviembre de 1909 con dos construcciones prefabricadas cedidas por el emperador de Alemania Guillermo II. Este observatorio se ubicó en La Cañada de la Grieta y fue dirigido inicialmente por el Dr. R. Wenger. En este observatorio se alojó el astrónomo francés Jean Mascart y una numerosa expedición de científicos europeos en el verano de 1910, para estudiar el paso junto al sol del cometa Halley y realizar otras investigaciones astronómicas, meteorológicas y médicas.

Rápidamente se suceden nuevas expediciones y proyectos científicos. En marzo de 1913 visitan el observatorio de Las Cañadas del Teide el profesor Ludeling y el Dr. Luyken, del Instituto Meteorológico de Königlich (Alemania), para efectuar medidas de electricidad atmosférica y declinación magnética en el Pico del Teide. En los meses de julio y agosto llega al observatorio otra misión científica dirigida por el Dr. H. Dember, profesor de Física y adjunto del Instituto de Física de Dresde, con el fin de estudiar la extinción en la atmósfera de la radiación solar ultravioleta y la polarización de la luz del cielo; M. Uibe, doctorando de Dember, estudia la distribución de la iluminación del cielo y su comparación con las teorías existentes, y W. Bucheim estudia la curva diaria de ionización de las capas altas de la atmósfera en relación con la radiación solar. Realizan además de medidas de electricidad atmosférica, otras de observaciones de meteorología óptica. Por la calidad de sus resultados, éstos señalan que "*el pico del Teide es mucho más adecuado para investigaciones físicas y astrofísicas que las altas*



montañas de Suiza o del Monte Rosa (Italia), debido al escaso contenido de polvo y de vapor de agua y la mayor altura que el sol alcanza”.

Finalmente, en marzo de 1912 el rey Alfonso XIII firma un real decreto para la creación del observatorio meteorológico de Izaña. En otoño de 1913 el ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes comenzaba a construir el definitivo observatorio de Izaña, a 2.367 m en la cima de la cordillera dorsal que cruza la isla dividiendo los dos valles principales de NE a SW. Fue inaugurado el 1 de enero de 1916. Las circunstancias que acompañan al origen y desarrollo de este observatorio meteorológico, y a su privilegiada posición geoestratégica son del mayor interés político y diplomático, por las tensas relaciones internacionales europeas de la época anterior a la primera guerra mundial.

Pero lo son además por el concurso de personalidades e instituciones que lo hicieron posible. Citemos de forma sumaria al káiser Guillermo II de Alemania, rey Alfonso XIII, príncipe de Mónaco, diferentes presidentes de Gobierno, ministros de Estado, de La Guerra, embajadores respectivos, etc. En cuatro ocasiones pasó el asunto del observatorio del Teide a Consejo de ministros. Fue un asunto político y administrativo en relación con casi todos los ministerios de la Administración. Su construcción se aprobó tras un dictamen del Consejo de Estado, y para su instalación hubo de votarse en las Cortes un crédito extraordinario. Con motivo de su construcción se impulsó la creación del cuerpo de Meteorólogos Facultativos, pues hasta entonces se carecía de personal facultativo para dotar a los observatorios meteorológicos. Fue además el primero de su naturaleza en toda España, si exceptuamos el observatorio meteorológico central de Madrid.

A partir de la primera guerra mundial cesan las expediciones científicas de investigadores extranjeros. Su ausencia se hizo sentir enormemente en la producción científica. Con el inicio de la guerra civil española, y el posterior aislamiento internacional, la investigación atmosférica desapareció por completo. Es desde el año 1958, coincidiendo con la apertura del régimen político franquista, cuando se reinician nuevas investigaciones internacionales, aunque la mayor parte de ellas tratan entonces de astronomía y astrofísica.

Con motivo de la expedición del buque oceanográfico y meteorológico alemán “Meteor”, que iba a desplazarse a la Antártida para realizar medidas de numerosos componentes atmosféricos, se lleva a cabo una prueba preliminar en el observatorio de Izaña de la instrumentación y los equipos de dicho buque. Este proyecto fue respaldado en el año 1968 por el fundador de la química atmosférica moderna, el alemán Dr.

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Observatorio Meteorológico*



Christian E. Junge, y constituyó la causa fundamental para la posterior instalación de una estación de medidas de componentes atmosféricos en el observatorio de Izaña.

Justo un año después se publicaba un informe avalando las excelentes condiciones del emplazamiento de Izaña para la realización y control de medidas de química atmosférica de fondo. Ello es debido una vez más a su excepcional localización geográfica y orográfica, que la sitúan prácticamente en condiciones de atmósfera libre, por su relativo alejamiento de fuentes de contaminación europeas de origen antropogénico, y por encima de la capa de inversión térmica local. Condiciones éstas que han impulsado al observatorio de Izaña en la actualidad, como referencia principal del Atlántico Norte para la medida y vigilancia de la contaminación atmosférica de escala global.

### **El Observatorio Atmosférico de Izaña en el Programa de Vigilancia Atmosférica Mundial**

El Observatorio Atmosférico de Izaña (OAI) depende de la Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología (INM). Esta unidad basa la mayor parte de su actividad investigadora y de vigilancia atmosférica en tres observatorios. El más importante es el Observatorio de Izaña (IZO), que está situado en una zona especial dentro del Parque Nacional del Teide, en la isla de Tenerife, a 2360m sobre el nivel del mar, casi siempre por encima de la inversión de temperatura, y por tanto representativo de la troposfera libre subtropical. Es una de la seis estaciones de Vigilancia Atmosférica Mundial que miden en la troposfera libre.

El Observatorio de Izaña comenzó sus actividades meteorológicas en 1912. En 1984, y gracias a un acuerdo hispano-alemán a nivel de Ministros de Asuntos Exteriores, se convierte en una estación del Programa BAPMoN (Background Atmospheric Pollution Monitoring Network) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Este programa junto con el Programa GO3OS (Global Ozone Observing System) se unifican en 1989 en el actual programa GAW (Global Atmospheric Watch), o en castellano de Vigilancia Atmosférica Mundial (VAM).

Las estaciones VAM de representación mundial, como la de Izaña, están situadas en lugares remotos representativos de grandes áreas geográficas, con niveles de fondo muy bajos de contaminantes, y en ellas se miden numerosos parámetros atmosféricos de forma continua durante décadas. Estas estaciones se encuentran, la mayor parte de su tiempo, libres de efectos de contaminación local o regional. Los datos que se obtienen en estas estaciones son utilizados en modelos y

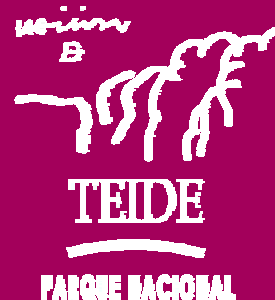
programas de investigación sobre cambio climático y sobre destrucción de la capa de ozono.

En la actualidad, y como parte del Programa VAM en IZO se miden, además de parámetros meteorológicos, O<sub>3</sub> superficial, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, número de partículas en suspensión y su distribución por tamaños, caracterización química de material particulado, espesor óptico de aerosoles, radiación directa, difusa, global y ultravioleta (UV) espectral y ozono total en columna.

IZO se encuentra, asimismo, integrado en la Red para la Detección del Cambio Estratosférico (NDSC: "Network for Detection Stratospheric Change"). Esta red mundial está formada por estaciones de alta calidad con programas de observación e investigación con el objetivo de entender el comportamiento de la estratosfera desde un punto de vista químico y físico, y alertar sobre cambios que se registren en la misma. En el caso de IZO existen cuatro programas de la NDSC. El de ozono total en columna con espectrofotómetros Brewer y el de ozonosondeos, ambos llevados a cabo por el INM. El programa de observación con tres espectrómetros DOAS (UV-VIS) para determinación de NO<sub>2</sub>, BrO, OCIO por parte del Área de Instrumentación e Investigación Atmosférica del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), y el programa de medida de gases traza en la estratosfera (O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, HDO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, HF, HCl, ClONO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, y HNO<sub>3</sub>) así como perfiles verticales de O<sub>3</sub>, NO, HCl y HF mediante la técnica FTIR (Fourier Transform InfraRed) llevado a cabo por el Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) (Forschungszentrum Karlsruhe, Alemania). Estos cuatro programas juegan en estos momentos un papel crucial en validación de sensores atmosféricos a bordo de varios satélites de la Agencia Espacial Europea: GOME (satélite ERS2), GOMOS, SCIAMACHY y MIPAS (satélite ENVISAT).

Desde principios de 1991, y de forma ininterrumpida, se muestrean con frecuencia semanal matraces para la determinación in-situ de CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e isótopos en el Observatorio de Izaña para el "Climate Monitoring & Diagnostics Laboratory-National Oceanic and Atmospheric Organization" (NOAA-CMDL, USA). En Mayo de 2001 se inicia en el Observatorio de Izaña un programa de observación de espesor óptico de aerosoles en colaboración con "World Radiation Center" (WRC; Davos) en el marco de la "high-altitude station global network" coordinada por la OMM. En colaboración con el Grupo de Física Atmosférica de la Universidad de La Laguna (ULL), y en el marco de varios proyectos de investigación del Programa de I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología, se mide desde octubre de 2001 radiación UV espectral en SCO y se realizan estudios sobre el efecto que los aerosoles marinos y africanos ejercen sobre la radiación UV.

PARQUES NACIONALES





En el marco del proyecto nacional I2A2 (Impacto de las Intrusiones Africanas sobre la calidad del Aire en las Islas Canarias) se inicia en enero de 2002 un estrecha colaboración con el Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, Barcelona) para la determinación y caracterización físico-química de material particulado tanto en el Observatorio de Izaña como en Santa Cruz de Tenerife mediante varias técnicas.

El OAI, además de los programas científicos y de observación, lleva a cabo actividades operativas, entre las que cabe ser destacada el diseño, implementación y operación diaria del modelo de predicción nacional del índice ultravioleta. Además el OAI ha implementado la red nacional de espectrofotómetros Brewer y planifica actualmente los programas de medida y de control de calidad de ozono total y radiación UV espectral.

Recientemente (septiembre de 2003), y en el marco de un Convenio entre el Ministerio de Medio Ambiente y el CSIC, el OAI es el encargado en los próximos tres años de detectar y analizar junto con investigadores del Instituto “Jaume Almera” las superaciones en los niveles de partículas establecidos en la normativa española y comunitaria, como consecuencia de invasiones de aire africano.

El Observatorio de Izaña es un lugar privilegiado, tanto por su ubicación geográfica en la región subtropical, de enorme interés tanto a nivel estratosférico como troposférico, como por encontrarse a gran altura en el entorno del Parque Nacional de El Teide. Por esta circunstancia y por el hecho de desarrollarse un amplio programa de medidas, éste Observatorio sea ya considerado lo que se denomina como “super-site”. Si además añadimos las posibilidades casi únicas a nivel mundial de poder disponer a escasa distancia de estaciones complementarias a nivel del mar, hace que este sistema de Observación sea único en el mundo y estratégico para detectar cambios en la atmósfera de la Tierra. Este sistema puede estudiar de forma casi exclusiva las invasiones de aire africano hacia el Atlántico, el transporte estratosférico ecuador-latitudes medias, procesos de intercambio estratosfera-troposfera, etc. Además, las estaciones “super-site” están llamadas a convertirse en centros de calibración y validación de grandes redes de Observación de Tierra. En este sentido, el Observatorio de Izaña es a partir de 2004 el centro de calibración absoluto de ozono de la red europea de espectrofotómetros Brewer.

Realmente donde el Observatorio de Izaña jugará un papel fundamental en las próximas décadas será en la validación y calibración de sensores de satélites, ya que la práctica totalidad de observación de la atmósfera será realizada desde el

espacio, y un número muy pequeño de estaciones elegidas de muy alta calidad y con programas extensos de medida serán las que realicen el control de calidad.

## **Astronomía**

### **El Teide: un ejemplo pionero de astronomía de alta montaña**

A principios del siglo XVII se inventa el telescopio y con él se pone a disposición de la Humanidad una herramienta esencial para comprender el Universo en el que estamos inmersos. Los descubrimientos, que se suceden rápidamente, proporcionan una confirmación de la teoría heliocéntrica de Copérnico, teniendo consecuencias en el saber humano más allá del ámbito científico.

En su famoso tratado "Optiks", publicado en 1730, Isaak Newton describe de una forma clara como la atmósfera terrestre puede perturbar las observaciones astronómicas. A este respecto comentaba "los telescopios no pueden construirse de manera que sean capaces de eliminar la mezcla de radiaciones que se producen como consecuencia de las vibraciones de la atmósfera. El único remedio consiste en utilizarlos en un entorno más sereno y tranquilo, quizás pueda encontrarse en las cumbres de las montañas más elevadas, por encima de las nubes más grandes". Sin embargo, la mayor parte de los observatorios estaban situados en la vecindad de las grandes universidades y su traslado a otros lugares necesitaba unos medios económicos y logísticos de los que no se disponía.

Aún con pequeños telescopios la mayoría de los cuerpos del Sistema Solar nos permiten ver algunos rasgos de su superficie. La necesidad de mejorar la calidad de dichas observaciones impulsó el desarrollo de mayores y mejores telescopios, pero también hizo patente la urgencia de buscar lugares idóneos para la observación. El siglo XIX fue la culminación de la época de los grandes viajes de exploración, facilitados notablemente por la mejora de las técnicas de navegación a cuyo desarrollo la Astronomía no fue ajena. Se puede considerar al alemán Alexander von Humboldt el gran divulgador de la idea de las cumbres de Tenerife como un laboratorio único para las investigaciones científicas de diversa índole.

Con anterioridad se ha descrito el papel que desempeñó el Teide en los trabajos meteorológicos, los cuales formaban parte frecuentemente de las actividades de los astrónomos. La conexión entre las variaciones de los parámetros físicos de la atmósfera y el detalle de los diferentes objetos que se podían observar a través del telescopio permitió avanzar gradualmente

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Estación Óptica Terrestre*





en el desarrollo de técnicas para minimizar la perturbación de la atmósfera terrestre. En el mencionado trabajo se describen las primeras referencias que señalan la zona del Teide como un lugar idóneo para verificar la propuesta de Newton. El régimen de los alisios permite la formación en Tenerife de una capa de nubes a altitudes medias (800 - 1400 metros), sobre las cuales la atmósfera se presenta bastante seca y con una turbulencia muy reducida, típica de las condiciones del aire sobre grandes masas oceánicas. El Parque Nacional del Teide y sus inmediaciones (el propio Teide, Guajara e Izaña) se encuentra en esta capa superior posibilitando la instalación de observatorios. La combinación de todos estos factores transforma a la zona del Parque, no sólo en lo que se ha denominado con frecuencia como una reserva mundial de la Astrofísica, sino también una reserva única para el estudio de la Naturaleza.

Con estos antecedentes el astrónomo escocés Charles Piazzzi-Smyth convenció a las autoridades del Almirantazgo británico de financiar una expedición a Tenerife con el objetivo de verificar las predicciones de Newton. En el verano de 1856 llegan a la isla y instalan su telescopio y equipo auxiliar en Guajara (2715 metros de altura) y Altavista (3250 metros). Allí llevan a cabo observaciones de la Luna (las primeras en el rango del infrarrojo), varios planetas, estrellas dobles, la luz zodiacal y la radiación ultravioleta del Sol. A su regreso Piazzzi-Smyth presentó sus resultados a la Royal Society, antes de publicarlos en 1857 en el libro titulado "Tenerife; An Astronomer's Experiment". En estos trabajos se pusieron claramente de manifiesto las claras ventajas de la alta montaña de las islas atlánticas, destacando la medición y detección de estrellas débiles - no detectables en las Islas Británicas - y la excelente resolución espacial de las observaciones manifestada por los anillos de difracción. Estos resultados impulsaron a numerosos investigadores a trasladarse al macizo del Teide de cara a intentar resolver algunos de los problemas más importantes de la Astronomía.

El Sol es el objeto más brillante del firmamento y el conocimiento de sus propiedades permite extrapolarlas a otros objetos del Universo de los que no podemos ver detalles de su estructura. La medida precisa de la distribución espectral de la radiación solar y cómo la atmósfera terrestre limita su registro constituyó uno de los problemas clave, para cuya solución se escogió de nuevo las cumbres del Teide en la isla de Tenerife. De las diferentes expediciones podemos destacar las siguientes.

El austríaco Oskar Simony se instala en la cumbre del Teide en 1880. Desde dicho emplazamiento obtiene espectros del Sol, con el objetivo de medir cuál es el límite de radiación ultravioleta que se puede registrar en la superficie terrestre. Sus precisas medidas, posibilitadas por la extraordinaria

transparencia de la atmósfera sobre el Pico del Teide, proporcionaron la base empírica necesaria para que físicos como W. Hartley y A. Cornu, entre otros, pudieran explicar el papel que desempeña el ozono en la absorción de la dañina radiación ultravioleta, tema de tanta actualidad en nuestros días.

En 1895, el sueco K. Angström se instala en el emplazamiento de Altavista, comprobando cómo la altura sobre el nivel del mar afectaba las observaciones, mediante la comparación con otros registros obtenidos en otros lugares de la isla. Su trabajo fue publicado por la Sociedad Real de Ciencias de Upsala, en 1900, con el título "Intensité de la radiation solaire a différentes altitudes. Recherches faites a Ténériffe 1895 et 1896". Con el mismo objetivo y técnica de medida se desplazan, en 1910, los alemanes Gustav Müller y Erich Kron publicando sus registros, en 1912, en dos volúmenes bajo el título de "*Die extinktion des lichte in der Erdatmosphäre un die energie verteilung in Sonnenspektrum*". Al mismo tiempo estos astrónomos se dispusieron a observar uno de esos acontecimientos que quedan marcados en la Historia de la Ciencia.

En 1910 se esperaba el paso por las cercanías de la Tierra del conocido cometa Halley. Tal acontecimiento provocó no sólo el interés de los científicos sino del público en general, ya que se habían realizado predicciones de que la cola de cometa iba a rozar nuestra atmósfera y los gases tóxicos que contenía podrían producir un envenenamiento a nivel global. El francés Jean Mascart se traslada a Tenerife donde realiza excelentes observaciones del cometa y de otros objetos. De su equipo formaba parte un grupo de fisiólogos que trataban de comprobar la acción de la luz solar en el tratamiento de enfermedades como la tuberculosis.

En resumen, el Teide ha constituido un elemento único en el inicio de una nueva forma de realizar observaciones astronómicas, con unas consecuencias que en la actualidad se han confirmado plenamente. Todo ello se ha desarrollado en un ambiente de colaboración internacional que fue convirtiendo a Tenerife en un punto de referencia para la Ciencia y, por lo tanto, para el progreso de la Humanidad.

De todos estos trabajos surge la idea de instalar en las cumbres de Tenerife un observatorio internacional para la observación astronómica, cuyo primer director hubiera sido el alemán Hugo Hergesell. Desgraciadamente las dos Guerras Mundiales supusieron una interrupción en estos esfuerzos, pero poco después un acontecimiento como un eclipse total de Sol iba a permitir el desarrollo de un centro de referencia básico para la observación astronómica en nuestros días en la zona del Parque

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Las Pléyades*



Nacional del Teide, verificando de forma espectacular la predicción de Newton.

### **Explotación astronómica del cielo teideano**

Todas las expediciones astronómicas a las cimas de Tenerife habían quedado en el olvido, hasta el eclipse total de Sol que se vio en Canarias en 1958. Los muchos astrónomos que vinieron a observarlo recordaron a las autoridades españolas los antecedentes astronómicos de la Isla de Tenerife. Y como por entonces las principales comunidades científicas andaban buscando emplazamientos idóneos para los nuevos telescopios, animaron a España a realizar una prospección astronómica moderna. Con este objetivo se creó en 1959, por Orden Ministerial, el Observatorio del Teide, dependiente del Rectorado de la Universidad de La Laguna.

El primer telescopio profesional fue un instrumento espectrofotopolarimétrico de la Universidad de Burdeos, instalado en el Observatorio del Teide desde 1964 y destinado al estudio de la “luz zodiacal” (luz solar dispersada por la materia interplanetaria, los micrometeoroides). Con él se empleó por primera vez el modelo de acuerdo: “nosotros ponemos el cielo y vosotros el telescopio”.

La década de los sesenta puede considerarse la de la prospección astronómica española y de la promoción de las bondades del “cielo de Canarias”. Animados por todo ello, diversas instituciones científicas europeas decidieron completar estos trabajos durante la década de los setenta, que puede considerarse como la de la prospección internacional de Canarias.

En 1973 se creó en la Universidad de La Laguna el Instituto Universitario de Astrofísica, consolidándose así el grupo de astrofísica nacido en el Observatorio del Teide, que se convertiría dos años después en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). En estos momentos, el IAC es, además de una organización pública de investigación española, y simultáneamente, el núcleo básico del European Northern Observatory (ENO).

Tras años de negociaciones con las instituciones astronómicas de los países interesados, se firmaron los Acuerdos de Cooperación en Astrofísica en 1979, a través de los cuales se abrieron los Observatorios del IAC a la comunidad científica internacional.

La contrapartida principal que se recibe por el uso astronómico del “cielo de Canarias” es el 20% del tiempo de observación para los astrofísicos españoles (más un 5% para

programas cooperativos) en cada uno de los telescopios instalados en los Observatorios del IAC. Un porcentaje realmente importante. Este tiempo en observatorios de tan buenas condiciones y con telescopios tan avanzados ha sido y sigue siendo un arma muy eficaz para el desarrollo de la Astrofísica en España.

El Instituto de Astrofísica en La Laguna y los Observatorios del IAC fueron inaugurados en 1985 por la Familia Real española y seis jefes de Estado europeos, con la presencia igualmente de ministros y autoridades de toda Europa y astrofísicos de todo el mundo, entre ellos cinco Premios Nóbel. En 1996, SS.MM. los Reyes de España volvieron a estar presentes en los Observatorios del IAC para inaugurar los nuevos telescopios instalados en sus Observatorios.

En 1988, el Parlamento español (a iniciativa del Parlamento Canario) aprobó la Ley para la Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del IAC, conocida como “ley del cielo” (el Reglamento se aprobó en 1992 por Real Decreto). Esta regulación hace de ellos una “reserva astronómica” única en el mundo, que queda legalmente protegida de la contaminación lumínica, la contaminación radioeléctrica, la contaminación atmosférica y los sobrevuelos de aeronaves.

Son muy pocos lugares en la Tierra que reúnen el conjunto de condiciones requeridas para la observación por la moderna Astronomía. Las cumbres de las Islas de Tenerife y La Palma del Archipiélago Canario poseen esas condiciones excepcionales, por lo que siguen siendo un polo de atracción para los más modernos telescopios. Hoy están presentes con sus telescopios e instrumentos en los Observatorios del IAC más de sesenta instituciones científicas pertenecientes a diecinueve países: Alemania, Armenia, Bélgica, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rusia, Suecia, Taiwán y Ucrania. Un Comité Científico Internacional (CCI) permite a las instituciones usuarias de estos observatorios participar en su gestión.



*Observatorio del Teide*

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



TEIDE

PARQUE NACIONAL

El Programa de Investigación del IAC, cuyas líneas generales son definidas a través de una Comisión Asesora de Investigación internacional externa, cubre un amplio espectro temático: universo y cosmología, galaxias, estrellas, el Sol, materia interestelar, sistemas planetarios, óptica atmosférica, alta resolución espacial, diseño y construcción de telescopios, instrumentación óptica e infrarroja y astrofísica desde el espacio.

Producción científica en números (a fecha 16 de marzo de 2004)	
1904	Publicaciones en revistas con árbitros
210	Artículos de revisión
78	Libros
2698	Comunicaciones a congresos
601	Otras publicaciones
148	Tesis doctorales

## EL OBSERVATORIO DEL TEIDE

La Astrofísica en Canarias empezó en este Observatorio, a principios de los años sesenta, en la zona de Izaña (Tenerife). Su situación geográfica y condiciones hacen que este Observatorio tenga una larga tradición en el estudio del Sol y la astronomía infrarroja. En él se concentra el grupo más completo de telescopios e instrumentos solares europeos, entre los que destacan el franco-italiano THEMIS, las torres alemanas GREGOR y VTT e instrumentos para el estudio de la Sismología Solar.

Además de toda esta instrumentación específica para el estudio del Sol, el Observatorio del Teide cuenta con otro tipo de telescopios. Entre ellos figuran el Telescopio para radiación infrarroja “Carlos Sánchez” (TCS), de 1,5 m, un telescopio, muy productivo que ha propiciado que muchos astrofísicos españoles se hayan especializado en la astronomía infrarroja; el Telescopio IAC-80, diseñado y construido en el IAC; un telescopio destinado a prácticas de los estudiantes de la especialidad; la Estación Óptica Terrestre (OGS), de la Agencia Europea del Espacio (ESA), para comunicaciones vía satélite; el Telescopio STARE; y un conjunto de peculiares radiotelescopios, entre ellos el interferómetro de microondas VSA (O. Cambridge-U. Manchester-IAC) para el estudio de la radiación de fondo procedente de la Gran Explosión que dio origen al Universo



*Disco solar*

## DESCUBRIMIENTOS ASTRONÓMICOS DESDE EL OBSERVATORIO DEL TEIDE

La Luz Zodiacal cubre toda la esfera celeste y está determinada por la distribución, naturaleza y dimensiones de la



nube de polvo interplanetario. Las observaciones espectrofotopolarimétricas, realizadas ininterrumpidamente desde 1964 por más de una década, determinaron los parámetros físicos fundamentales del material micro- meteorítico interplanetario, y el modelo empírico producido aun sigue vigente, hasta para las reducciones de las observaciones astronómicas que realiza el telescopio espacial.

El sol vibra. Con la aplicación de técnicas sismológicas al campo de la Física Solar, se obtuvo desde este Observatorio la primera prueba de que el Sol vibraba. Estudiando sus modos de oscilación se pudieron deducir propiedades dinámicas (velocidad del sonido, presión, etc.) en las zonas más profundas (y no visibles), llegando incluso al mismo núcleo solar. Hoy día el Observatorio acoge todas las redes internacionales de Sismología Solar (IRIS, GONG, TON, etc.).

El Universo infrarrojo. Observando en el infrarrojo se puede penetrar a través de las nubes de polvo galácticas y detectar objetos fríos, como estrellas que están naciendo o que se encuentran en las fases últimas de su evolución. Con el telescopio “Carlos Sánchez”, instalado en el Observatorio desde 1972, se han descubierto muchos miles de nuevos objetos celestes y se ha confeccionado un catálogo del plano de nuestra galaxia que multiplica por 2.000 el Universo conocido en el infrarrojo. Asimismo, las medidas en luz infrarroja de Vega – estrella utilizada por los astrónomos como patrón- realizadas con este telescopio demostraron por primera vez la presencia de abundante material frío alrededor de dicha estrella. Esta nube de polvo, similar a la nube de partículas que forma el anillo de Saturno, aunque a distinta escala, hace pensar en el origen de un posible sistema planetario. El satélite IRAS, lanzado al espacio en 1984, confirmó posteriormente estos resultados.

Cosmosomas: las semillas del Universo. La radiación de fondo cósmico es el residuo que quedó de la Gran Explosión que dio origen al Universo. Hasta hace poco, se había encontrado que esta radiación era igual en todas las direcciones, lo que estaba en contradicción con la existencia misma de las galaxias, pues son “inhomogeneidades” del Universo. Gracias al “Experimento de Tenerife” del Observatorio del Teide, se pudo comprobar la existencia de variaciones en la radiación de fondo que recibieron el nombre de “COSMOSOMAS”.

Arcos en el Sol. Se obtiene la estructura tridimensional y dinámica de componentes magnéticas en la corona solar. Con la técnica de espectropolarimetría aplicada en el infrarrojo, se ha medido el campo magnético de los arcos, bucles o lazos solares (loops, en inglés), con lo que será posible estudiar los procesos por los cuales las capas externas (corona y cromosfera) del Sol se calientan. También se ha descubierto el mecanismo por el

PARQUES NACIONALES

TEIDE



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Telescopio de Burdeos*

que se producen los llamados "destellos umbrales", aumentos repentinos y periódicos que se producen en el brillo de las líneas espectrales que se forman en la "umbral" (parte central más oscura de las manchas solares), e importantes señales de polarización en la luz del Sol, en regiones del plasma de la atmósfera solar donde se pensaba previamente que dicha polarización debería de ser insignificante.

Geometría del Universo. Las imágenes obtenidas con el experimento VSA, del Observatorio, sugieren que el Universo es plano a grandes escalas, que la materia exótica es el mayor componente material del Universo y que podría existir la "energía del vacío".

Las primeras "enanas marrones" conocidas se descubrieron con el telescopio IAC-80 del Observatorio del Teide. Hasta entonces, las enanas marrones eran sólo hipótesis teóricas, pero su descubrimiento ha permitido grandes avances en el estudio de la evolución estelar.

Shoemaker-Levy contra Júpiter. La Humanidad fue testigo en 1994 de un fenómeno extraordinario: el choque de un cometa con uno de los planetas del Sistema Solar. Este acontecimiento, que fue predicho con gran exactitud con un año de antelación, produjo uno de los mayores esfuerzos coordinados de observación de la Historia. Los investigadores del IAC, utilizando los telescopios de los Observatorios de Canarias se obtuvieron las primeras imágenes del impacto del cometa P/Shoemaker-Levy 9 con Júpiter. En concreto fue el Telescopio "Carlos Sánchez", del Observatorio del Teide, el primer telescopio en registrar el primer impacto.

Pegaso y Casiopea, galaxias del Grupo Local. Mediante observaciones realizadas en California, y con el telescopio "IAC-80", del Observatorio del Teide, se pudo confirmar que las dos nuevas galaxias (Pegaso y Casiopea) pertenecen, al igual que la Vía Láctea, al Grupo Local de galaxias. Ambas se encuentran aproximadamente a la misma distancia de nosotros que Andrómeda (unos 2,5 millones de años-luz), por lo que cabe pensar que son dos satélites suyos. En ninguna de las dos hay evidencias de formación estelar reciente, lo que indica que se trata de galaxias enanas de las llamadas esferoidales, con muy poco o nada de gas. Las galaxias gigantes, como Andrómeda y la Vía Láctea, se podrían haber formado, al menos en parte, por aglomeración de galaxias enanas de este tipo. Si esto fuera así, Pegaso y Casiopea, junto con otras 15 ó 20 galaxias de similares características del Grupo Local, podrían ser los restos no utilizados en la construcción de las galaxias mayores.

Enlaces con satélites. La excelente calidad de la atmósfera en el Observatorio del Teide permitió establecer con

éxito un enlace por láser con el satélite de comunicaciones ARTEMIS, de la Agencia Europea del Espacio (ESA), desde la Estación Óptica Terrestre (OGS), instalada en el Observatorio del Teide. Actualmente también se están haciendo pruebas de enlace con el futuro satélite SMART-1, la primera misión de la ESA a la Luna. Asimismo, la Agencia Espacial Japonesa (NASDA) ha podido probar gracias a la OGS un nuevo satélite de comunicaciones ópticas en el espacio (OICETS), que se lanzará en el año 2005.

**Basura espacial.** Se denomina “basura espacial” (space debris, en inglés) a cualquier objeto artificial en órbita alrededor de la Tierra que ya no esté operativo. Esta basura está formada por los satélites o cohetes fuera de uso, el material no operativo liberado por operaciones espaciales y los fragmentos generados por satélites o cohetes debido a explosiones o colisiones. Las campañas sistemáticas de observación de esta “basura espacial” desde el Observatorio del Teide pretenden hacer un censo de estos fragmentos tan dañinos para las actividades espaciales.

### ***Biología de la Conservación***

Desde su declaración, la gestión encaminada a compatibilizar el uso y preservación de los recursos en el Parque Nacional del Teide ha contribuido a mejorar el estado de conservación de sus hábitats y ecosistemas, contribuyendo, sin duda a la estabilización de especies vegetales amenazadas. No obstante, la incidencia de herbívoros introducidos así como la herencia de agresiones diversas hoy erradicadas o controladas han provocado la fragmentación de algunas especies cuyas poblaciones exhiben procesos de regresión por inestabilidad demográfica y/o genética.

La labor de recuperar especies amenazadas en el Parque Nacional del Teide se inicia en 1984 cuando se crea una partida presupuestaria denominada “Rescate Genético”. A partir de 1988, dichas actividades comienzan a regularse a través de Planes Sectoriales de Recuperación, que constituyen documentos técnicos que desarrollan la normativa de gestión de recursos naturales plasmada en los Planes Rectores de Uso y Gestión.

Tras la recopilación de la información existente, estos Programas de Recuperación establecen una serie de objetivos y criterios, así como unas directrices de actuación encaminadas a preservar la diversidad genética a escala poblacional y solventar carencias de información de una serie de especies seleccionadas por su grado de amenaza, imperativos científicos y ecológicos, así como por razones de uso y legislación.

PARQUES NACIONALES



TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Muestreos y censos*



*Vivero (interior)*



*Vivero (exterior)*

Garantizar una correcta selección y priorización de las especies a promover en los Programas de Recuperación, así como identificar sus problemas concretos de conservación obligó a desarrollar una serie de técnicas enmarcadas en Biología de la Conservación.

La recopilación de toda la información bibliográfica disponible de las especies y la realización de profundos rastreos de campo, permitió alcanzar un nivel básico de diagnóstico del estado de conservación de las especies en base a la aplicación de los criterios de la UICN. No obstante, la ausencia de estudios en torno a aspectos biológicos cruciales, como son la dinámica poblacional, genética y biología reproductiva de las especies desveló numerosas carencias de información, necesarias en la toma de decisiones al servicio de la conservación.

Es por ello que a partir de 1994 comienzan a promoverse el desarrollo de técnicas demográficas, que mediante la caracterización de parámetros simples como el tamaño de los individuos permitieron obtener una idea preliminar del grado de estabilidad de las poblaciones. Paralelamente, comenzaron a promoverse estudios de comportamiento germinativo con el fin de disponer de protocolos de tratamiento de las semillas que agilizaran el rendimiento de los viveros para la propagación de las especies. El uso de Sistemas de Información Geográfica permitió identificar el hábitat potencial de determinadas especies de cara a potenciar las campañas de prospección florística y planificar futuras campañas de reintroducción. Posteriormente, la realización de estudios genéticos ha permitido valorar el grado de diferenciación genética entre las poblaciones de algunas especies e incluso caracterizar la estructura genética dentro de una misma población; su utilidad de cara a las campañas de reintroducción es crucial, ya que han permitido garantizar un riguroso control de los ejemplares a emplear en este tipo de actuaciones de conservación de cara a mantener los niveles adecuados de variabilidad genética entre y dentro de las poblaciones. Asimismo, estos estudios han desvelado importantes dudas en la sistemática de determinadas especies cuya implementación en los programas de recuperación resultaría pernicioso para otras especies de acertada posición taxonómica.

En una segunda etapa se comenzaron a desarrollar estudios sobre dinámica de las poblaciones. Aunque requieren de una toma de datos relativamente prolongada en el tiempo, estos estudios constituyen una de las herramientas más útiles de cara a la interpretación del estado de conservación de las especies, a la vez que permiten predecir el resultado de nuestras actuaciones de conservación. Esto supuso la selección y establecimiento de cuadrados de muestreo con el objeto de realizar el seguimiento a nivel de individuo durante varios años,



registrándose datos como el estadio vital, las tasas de reproducción (nº de semillas), las tasas de germinación y las tasas de mortalidad. Posteriormente, con el uso de técnicas de análisis se llega a determinar las probabilidades de extinción de las poblaciones, así como el mínimo de individuos requerido para garantizar el mantenimiento o estabilidad de las mismas (Mínimo Viable Poblacional).

Los análisis de la dinámica poblacional han desvelado el buen estado de conservación de algunas especies como es el caso del tajinaste azul del Teide (*Echium auberianum*), dado que la mayoría de sus poblaciones experimentan un incremento potencial de sus efectivos. Por el contrario, estas técnicas han permitido valorar objetivamente la incidencia negativa de los herbívoros sobre las poblaciones del cardo de plata (*Stemmacantha cynaroides*), para el cual se establece como única medida el control exhaustivo de las poblaciones de herbívoros introducidos. Más intrigante aún resulta el proceso de regresión observado para la jarilla de las Cañadas (*Helianthemum juliae*) para el cual se barajan distintas hipótesis, alguna relacionadas con el cambio climático, y así, los trabajos actuales en el Parque Nacional del Teide tratan de identificar hábitats propicios para el mantenimiento de sus efectivos.

Con el apoyo de esta labor de investigación, el Parque Nacional del Teide ha desarrollado numerosas actividades encaminadas a garantizar la conservación de su biota a través de la conservación de semillas en Bancos de germoplasma, de control y erradicación de especies introducidas, de mantenimiento de colecciones vivas en Jardines Botánicos y de la reintroducción de ejemplares en el medio natural.

Especial relevancia han tenido las campañas de reintroducción. Lejos de quedar en un simple intento de incrementar los efectivos naturales de las especies amenazadas, las campañas de reintroducción han estado dirigidas a lograr poblaciones estables con una adecuada estructura demográfica y genética que les permita adaptarse evolutivamente a cualquier circunstancia de cambio. Esto obliga a establecer una definición clara de los objetivos a cumplir a corto y largo plazo, a efectuar una selección apropiada de los lugares de reintroducción, a tomar decisiones en base a los estudios genéticos realizados y finalmente, a efectuar un seguimiento de las reintroducciones realizadas con el objeto de constatar el cumplimiento de los objetivos y documentar los resultados obtenidos.

Varias especies han sido promovidas a través de estos programas. Un interesante ejemplo lo constituyen las labores realizadas con la jara de Las Cañadas (*Cistus osbaeckiaefolius*), cuyo estudio genético identificó qué poblaciones no deben ser

PARQUES NACIONALES

TEIDE

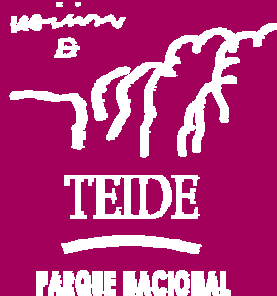
TEIDE

PARQUE NACIONAL



*Cistus osbaeckiaefolius*





objeto de traslocación ya que constituyen entidades que de forma natural no experimentan intercambio genético; asimismo, los estudios realizados permitieron centrar las campañas de recolección de semillas en una única población, ya que albergaba la totalidad de los genotipos de la especie. Otro ejemplo lo constituye el extraordinariamente raro rosal del guancho (*Bencomia exstipulata*) cuyo estudio genético ha permitido potenciar cualitativamente las campañas previas de reintroducción en aras de alcanzar una estructuración de los individuos plantados acorde al patrón de diversificación natural.

En síntesis, el desafortunado hecho de albergar varios taxones en peligro de extinción ha propiciado que en el Parque Nacional del Teide se hayan puesto en marcha una serie de programas de recuperación, que hoy en día constituyen un claro referente en el campo de la Biología de la Conservación. Esto se ha conseguido después de haber integrado con éxito dos ámbitos tradicionalmente desconexos: la gestión del territorio y la investigación científica. De esta forma varias disciplinas como demografía y dinámica de poblaciones, biología reproductiva, genética, etc., proporcionan las herramientas necesarias para a través de numerosos estudios científicos suministrar los argumentos más apropiados de cara a la gestión en materia de conservación.



*Bencomia exstipulata*