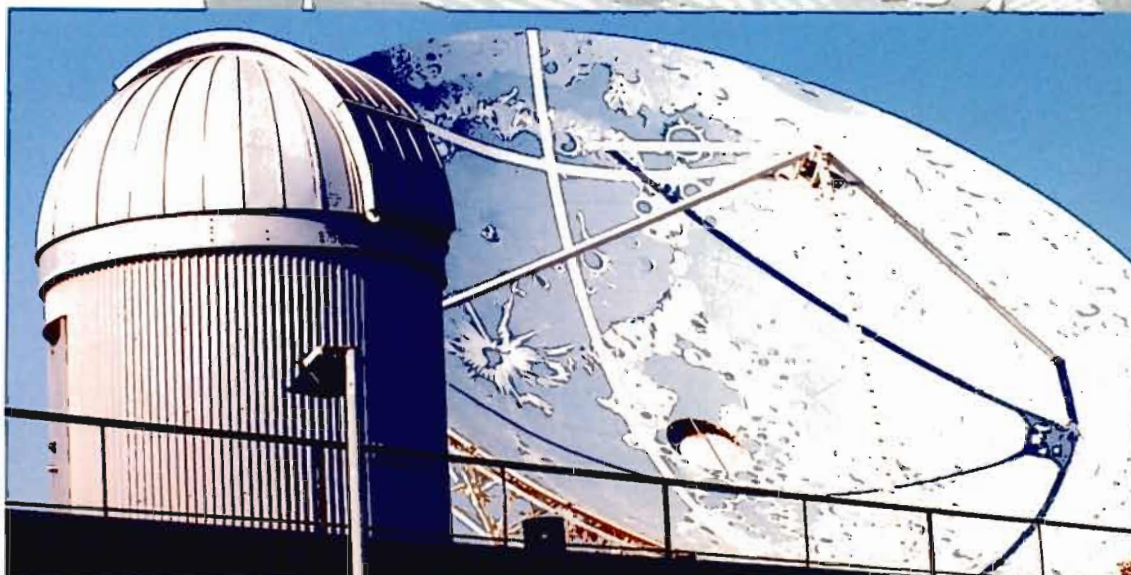
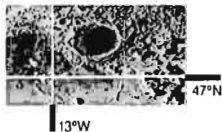




CIENCIA Y CULTURA EN CANARIAS



J. A. Belmonte Avilés, M. Sanz de Lara, J. C. Carracedo, S. J. Day, H. Gillou, E. Rodríguez Badiola, J. A. Canas, F. J. Pérez Torrado, E. Cuevas, F. de Ory, J. M. González Rodríguez, A. Gutiérrez Ravelo, C. Rodríguez Martín, J. Sánchez Navarro, A. Tejera Gaspar, J. Villar, C. Westendorp Plaza



MUSEO
DE LA
CIENCIA Y
EL COSMOS

CIENCIA Y CULTURA EN CANARIAS

Resultado del ciclo de conferencias del curso

5 SIGLOS DE CIENCIA EN CANARIAS

con sede en el
Museo de la Ciencia y el Cosmos en 1997

ORGANISMO
AUTONOMO DE
MUSEOS Y CENTROS



COORDINADORES DE LA OBRA:

Juan Antonio Belmonte Avilés
Jesús Sanchez Navarro

COLABORAN:

Universidad de La Laguna
Centro de Profesores de La Laguna
Instituto de Astrofísica de Canarias

DISEÑO Y MAQUETACION:
Gonzalo Manuel Ruiz Ortega

PREIMPRESIÓN:
Contacto

IMPRESIÓN:
Producciones Gráficas S.L.

© OACIMC
Organismo Autónomo: Complejo Insular de
Museos y Centros

ISBN:
84-88 594-17-8

Depósito legal:
TF 665/98

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO Juan Antonio Belmonte Avilés	7
CANARIAS Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA Jesús Sánchez Navarro	11
LA ARQUEOLOGÍA EN CANARIAS. DE LA CIENCIA AL MITO Antonio Tejera Gaspar	29
CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS DEL PUEBLO CANARIO: LA CIENCIA POPULAR Y TRADICIONAL José Manuel González Rodríguez	37
DE LA MORFOLOGÍA A LA PALEOBILOGÍA: UN SIGLO DE ANTROPOLOGÍA FÍSICA EN CANARIAS Conrado Rodríguez Martín	55
ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL VOLCANISMO DE LAS ISLAS CANARIAS Juan Carlos Carracedo Simon J. Day Hervé Gillou Eduardo Rodríguez Badiola Juan Antonio Canas Francisco J. Pérez Torrado	67
CIENCIA, INFORMACIÓN Y SOCIEDAD: VIAJANDO POR INTERNET Carlos Westendorp Plaza	91
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y CAMBIO CLIMÁTICO Emilo Cuevas Fernando de Ory	103
LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA EN CANARIAS: ¿PROHIBIDO INVESTIGAR? Jesús Villar	123
CINCUENTA AÑOS DE INVESTIGACIÓN QUÍMICO ORGÁNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA Angel Gutiérrez Ravelo	131
ESTRELLAS, SEÑAS Y CABAÑUELAS: TIEMPO ASTRONÓMICO Y METEOROLÓGICO EN LA CULTURA TRADICIONAL CANARIA Juan Antonio Belmonte Avilés Margarita Sanz de Lara	141

PROLOGO

Juan Antonio Belmonte Avilés

Director del Museo de la Ciencia y el Cosmos
Investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias

San Cristobal de La Laguna, 27 de julio de 1997

En el momento de escribir estas líneas, la ciudad de La Laguna celebra el día de su santo patrón y sus 501 años de existencia. Desde el 27 de julio de 1996 y hasta el 20 de octubre de 1997, esta bella ciudad, de plano ortogonal (una de las primeras del Renacimiento) y edificios coloniales ha celebrado numerosos actos que han recordado su fundación hace 500 años por los colonos castellanos y canarios que acababan de finalizar la conquista de la isla. En los cinco siglos de mestizaje y fusión cultural que han transcurrido desde entonces, las Islas Canarias en general, y su antigua capital La Laguna, en particular, han jugado un papel nada desdeñable en el desarrollo de la cultura occidental.

Las islas fueron parada obligada de muchas expediciones científicas que iban a explorar "el Mundo", donde los nombres de Darwin o Cook son sólo unos pocos ejemplos destacados. En muchas ocasiones ellas mismas fueron el objeto de este estudio y personajes como Humbolt o Verneau hicieron de ellas uno de sus principales laboratorios de investigación. Así, la isla del Hierro actuó como Meridiano Cero hasta que los avatares de la política hicieran que éste se trasladara a un barrio de la capital de la potencia hegemónica en el S. XIX (Greenwich).

De igual forma, el majestuoso Pico del Teide fue objeto de los más diversos intereses científicos desde la topografía hasta la vulcanología, pasando por la astronomía, siendo Tenerife uno de los sitios en que se demostró que las cumbres de las montañas eran los lugares ideales para la observación astronómica. El Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife rememora este hecho al haber elegido la región de la Luna conocida como Montes de Tenerife y su montaña más alta, el Monte Pico, como símbolo del mismo. Por tanto, que mejor lugar que éste para la celebración de un ciclo de conferencias que recordase el papel jugado por el Archipiélago Canario en el desarrollo científico durante los últimos 500 años.

El libro que el lector tiene ahora mismo entre las manos recoge los ensayos resultantes de aquel ciclo en que algunos de los mejores investigadores que trabajan actualmente en las islas explican de un modo lo más accesible posible la importancia de Canarias en campos científicos tan diversos como la arqueología o, dentro de su especial problemática, la medicina. Por otra parte, sendas conferencias sobre astronomía, vulcanología, meteorología o química orgánica mostraron el formidable grado de desarrollo alcanzado por estas disciplinas; campos científicos en que Canarias es, actualmente, un referente a nivel mundial.

A parte de la Gran Ciencia, en estos últimos 5 siglos en las islas se ha venido utilizando otra, digamos, pequeña ciencia, recogida en la sabiduría popular de los artesanos y campesinos canarios, que no podemos obviar. Aunque no esté recogida en los libros de texto, esta "ciencia", transmitida de padres a hijos, ha permitido obtener el mejor partido posible a una tierra no siempre tan amable como se quisiera.

Desde estas páginas quiero agradecer a todos los profesores del ciclo y a los autores de los ensayos el gran esfuerzo realizado por acercar la Ciencia al gran público, hecho que no siempre resulta sencillo. En especial quiero recordar al Profesor Antonio González que con su sola presencia nos hizo sentir que la investigación científica en Canarias era no sólo un logro posible, sino también una puerta abierta hacia el futuro por la que todos debíamos entrar.

Cuando hace dos años decidimos comenzar el ciclo de cursos de divulgación científica y publicar los libros correspondientes, del que ahora ve la luz el segundo, no sabíamos si íbamos a tener éxito o no. Hoy, preparando ya el tercer ciclo en colaboración con el Departamento de Ecología de la Universidad de La Laguna y el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, bajo el nombre: "Canarias y la Ecología: un reto para el Siglo XXI", creemos que hemos logrado la mayoría de los objetivos que nos propusimos.

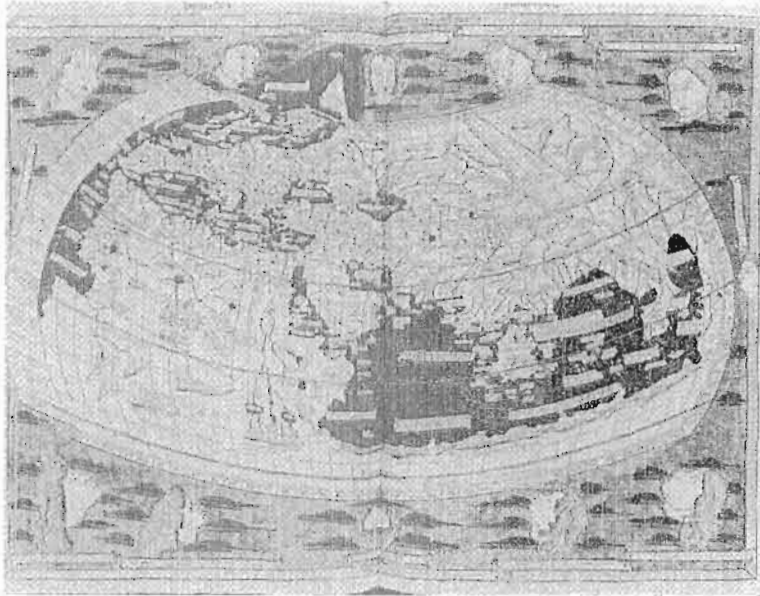
Este logro se lo debemos a todo el personal del Museo de la Ciencia y el Cosmos y de su órgano rector, el Organismo Autónomo de Museos del Cabildo de Tenerife, con su presidenta, Carmen Rosa García Montenegro, al frente. Sin embargo, quiero hacer una mención especial a los secretarios del curso, José Benjamín Navarro y, sobre todo, a María José Aleman, que con su buen quehacer diario ha conseguido que la organización de este tipo de actividades, más que una obligación, se haya convertido en un placer.

CANARIAS Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Jesús Sánchez Navarro

Profesor de Historia y Filosofía de la Ciencia, Universidad de La Laguna

La relación entre Canarias y la Historia de la Ciencia es antigua, rica y, en ciertos aspectos, sorprendente. Lugar legendario; restos de la Atlántida para Platón, pero también para Bory de Saint Vincent; punto de referencia para la geografía del mundo durante 1500 años; sede según Adanson de la montaña más alta del mundo, que durante mucho tiempo se consideró también la boca del infierno, laboratorio natural en el océano; tierra donde Humboldt hubiera deseado retirarse y cuna de un héroe nacional ruso por sus contribuciones científicas, las conexiones de Canarias con la Historia de la Ciencia son múltiples y apasionantes. En este ensayo haremos un rápido recorrido a través de ellas hasta mediados del siglo XIX, centrándonos en tres puntos fundamentales: el problema del primer meridiano, las expediciones científicas y la introducción de la ciencia en Canarias.



Geografía de Ptolomeo

EL PRIMER MERIDIANO

Desde la más remota antigüedad, las Islas Canarias han sido objeto de atención, sea como lugar legendario, sea como confín del Universo. Estrabón, Marino de Tiro, Plinio, Pomponio Mela, M. Capellán etc. hacen referencia a las Islas en sus obras. Pero, sin duda, la referencia más interesante desde el punto de vista de la historia de la ciencia es la de Ptolomeo, que en su Geografía las sitúa en el extremo occidental del mundo y hace pasar por ellas el primer meridiano.

La Geographias Hyphegesis (Guía de Geografía), como se denomina la obra de Ptolomeo, es una guía para la elaboración de mapas formada por 8 libros, el primero de los cuales trata sobre técnicas de proyección, los seis siguientes establecen por primera vez las coordenadas en latitud y longitud de casi 8.000 lugares del mundo conocido en su época y el último da instrucciones para elaborar un mapa mundi, así como distintos mapas regionales a

mayor escala. Además estudia diversas cuestiones de geografía matemática.

Para determinar las coordenadas utiliza un sistema doble: algunas veces determina la latitud y la longitud en grados, pero en la mayoría de los casos fija la latitud mediante la duración del día más largo y la longitud por tiempo a partir de un primer meridiano (equivaliendo una hora a quince grados). La razón del recurso a este doble método está en las diferentes peculiaridades de la latitud y la longitud.

La latitud es el arco subtendido por un ángulo desde el centro de la Tierra en dirección Norte-Sur entre un punto de la superficie terrestre y el Ecuador. Puede establecerse de manera absoluta observando la altitud del Sol al mediodía, es decir, su posición respecto al horizonte, el día del equinoccio vernal, y expresarse en grados (de 0 para el Ecuador a 90 Norte o Sur para los Polos Norte y Sur, respectivamente). El ángulo entre el zenith (el punto situado encima del observador) y el Sol daría directamente la latitud, aunque también se puede medir el ángulo entre el Sol y el horizonte y restarlo de 90. Para determinar la latitud cualquier otro día habría que hacer las correcciones oportunas derivadas de la inclinación del eje de la Tierra y de su movimiento alrededor del Sol (en el caso de Ptolomeo, la inclinación del eje de la eclíptica y el movimiento anual del Sol).

Pero también puede determinarse la latitud de una manera más intuitiva para quien no posea instrumentos de medición, mediante la duración del día más largo, como hace Ptolomeo. En su teoría geocéntrica, el día más largo del año para el hemisferio norte de la Tierra, el solsticio de verano, el Sol se encontrará en su punto más alto sobre el Trópico de Cáncer. Dada la inclinación del eje de la eclíptica, el Sol será visible durante más tiempo cuanto más al norte se encuentre un lugar, hasta llegar al Polo Norte donde, teóricamente, será visible

todo el día (el Sol de medianoche). Por el contrario, cuanto más al Sur más corto será el día hasta llegar al Polo Sur, donde el Sol no será visible en ningún momento. Al Ecuador le asigna Ptolomeo el punto medio, 12 horas de día y 12 de noche. Así se puede determinar la latitud comparando la duración del día más largo del año en cada lugar. De la misma forma, conocida la diferencia en la duración del día más largo entre dos lugares y el rumbo y la distancia que los separa, se puede calcular la duración del día y la latitud de un tercer lugar conociendo su rumbo y su distancia.

Por su parte, la longitud sólo puede determinarse relativamente respecto a un punto de referencia, pues sería el arco subtendido por un ángulo desde el centro de la Tierra entre los puntos donde el Ecuador corta el círculo máximo que pasa por los Polos y el punto de referencia y el que pasa por el lugar cuya longitud se está calculando. Se mide comparando las distintas posiciones en que se observan los astros en un momento dado en el punto de referencia y en el lugar cuya longitud se quiere determinar o comparando la hora local en que se observa un fenómeno celeste, como un eclipse, en ambos lugares. El problema es fácil de resolver si se poseen cronómetros de precisión y tablas astronómicas e instrumentos de observación lo suficientemente precisos para, por ejemplo, determinar con cierta exactitud las distancias angulares de la Luna respecto a las estrellas.

Pero nada de esto estaba disponible en la época de Ptolomeo, que sólo en unos pocos casos pudo determinar las coordenadas astronómicamente, fijando la de la mayoría de los lugares por aproximación a partir de mapas anteriores e informes de viajeros, es decir, a partir de rumbos y distancias. Sin embargo, la solución que encontró fue tan brillante que, pese a los errores que contenía, su libro constituyó el paradigma de la geografía matemática hasta el siglo XVII en el mismo sentido en que su otro gran libro, el *Almagesto*, lo fue de la astronomía hasta la misma época.

Dicha solución, derivada de los trabajos de Eratóstenes, Menelao y Marino de Tiro entre otros, consistía en suponer 12 círculos máximos que pasaran por el Polo Norte y el Polo Sur de la esfera terrestre y que distaran en el ecuador quince grados entre sí, de manera que dividieran la circunferencia de la Tierra en 24 partes iguales de 15 grados cada una. Estos círculos 'meridianos' podían prolongarse, si se deseaba, hasta cortar la esfera celeste. Esa diferencia de 15 grados equivalía a una hora de tiempo local, de manera que, por ejemplo, el Sol observado en un lugar del Ecuador el día del equinoccio de primavera a cierta altura respecto a su punto de salida, supongamos 75 grados, se observaría en otro lugar con la misma latitud, pero en el siguiente meridiano hacia el oeste, desviado 15 grados hacia el este, es decir, a una altura de 60 grados y tendría que transcurrir una hora hasta que se situara a la misma altura (75 grados) que en el lugar de referencia del primer meridiano. Al contrario ocurriría si el lugar se situara en el siguiente meridiano hacia el este: el Sol se observaría desviado 15 grados hacia el oeste, a una altura de 90 grados sobre el horizonte, y habría transcurrido una hora desde que ocupó la posición en que en ese momento se observa en el primer meridiano. Ambos lugares tendrían, respectivamente, una hora menos y una hora más que el lugar del primer meridiano. A su vez, dos puntos situados en los extremos este y oeste del mismo meridiano estarían separados por 180 grados, es decir, tendrían una diferencia de 12 horas, de manera que cuando en uno fuera el mediodía en el otro sería la medianoche.

Lo mismo puede hacerse basándose en la distancia entre los lugares. Una vez calculado el tamaño de la circunferencia terrestre, es posible establecer la distancia equivalente a la separación de 15 grados entre meridianos, de manera que un lugar situado a esa distancia al este del primer meridiano tendría una hora menos y estaría situado en el siguiente meridiano hacia el este y un lugar distante esa misma cantidad hacia el oeste tendría una hora más y estaría en el siguiente meridiano al oeste. De esta manera, es posible determinar la longitud de cualquier lugar del ecuador respecto a un primer meridiano simplemente conociendo las efemérides, la hora local o la distancia.

El problema se complica, sin embargo, cuando los lugares se alejan del Ecuador. Al cortarse los meridianos en los Polos, la distancia entre ellos disminuye a medida que se acercan allí. Para resolver el problema es necesario recurrir a la latitud y los 'paralelos'. Estos son círculos paralelos al Ecuador y perpendiculares a los meridianos, de manera que dos lugares con la misma latitud se encontrarían en el mismo paralelo. Así, la separación entre dos meridianos sería siempre de 15 grados fijada sobre el paralelo correspondiente y la disminución de la distancia entre ellos se puede calcular a

partir de la relación entre el Ecuador y el paralelo (o la latitud).

Ptolomeo determina generalmente la latitud a partir de la duración del día más largo del año, como se ha señalado más arriba. En consecuencia, expresa la latitud en horas (*climata*) a partir de 12, indicando la primera una hora más de luz diurna que el Ecuador durante el día más largo del año (clima 1, la de Meroe y las Islas Afortunadas que Ptolomeo sitúa cerca del Ecuador, 13) y cada una de las restantes media hora más (clima 2, la del Trópico de Cáncer, 13 1/2; clima 3, la de Alejandría, 14; etc), hasta el clima número 7 (aunque continúa aumentando las horas hasta llegar a 20 en el Círculo Polar, pero sin especificar *climata*), y lo completa con una escala de 65 grados desde el Ecuador al Círculo Polar (con tres paralelos de referencia: el de Meroe, el de Syena y el de Rodas). De esta manera, dado un punto de referencia es posible expresar las coordenadas de un lugar indicando la duración de su día más largo y su tiempo local y, si se quiere, traducirlo en grados. Ptolomeo lo hace alfabéticamente con 8000 lugares.

Una vez fijadas de este modo la latitud y la longitud de uno de estos lugares, es posible situarlo en la esfera terrestre con toda precisión en relación con un meridiano de origen determinado de antemano. A su vez, es posible representar esa esfera en un plano mediante las técnicas de proyección (cónica, subcónica, clámide o cordiforme) que él mismo expone en su libro, construyendo un mapa del mundo.

Como puede verse, las técnicas que desarrolla Ptolomeo son muy parecidas a las astronómicas elaboradas en el *Almagesto* y el primer meridiano viene a desempeñar un papel tan importante como la eclíptica, con la diferencia de que puede situarse convencionalmente donde se quiera. En su libro, Ptolomeo establece que este primer meridiano debe pasar por las 'Islas Afortunadas' (Makaron Nesoi) y a partir de él se fijan los restantes y, con ellos, todos los lugares del mundo conocido (*Geographia*, I, XXII).

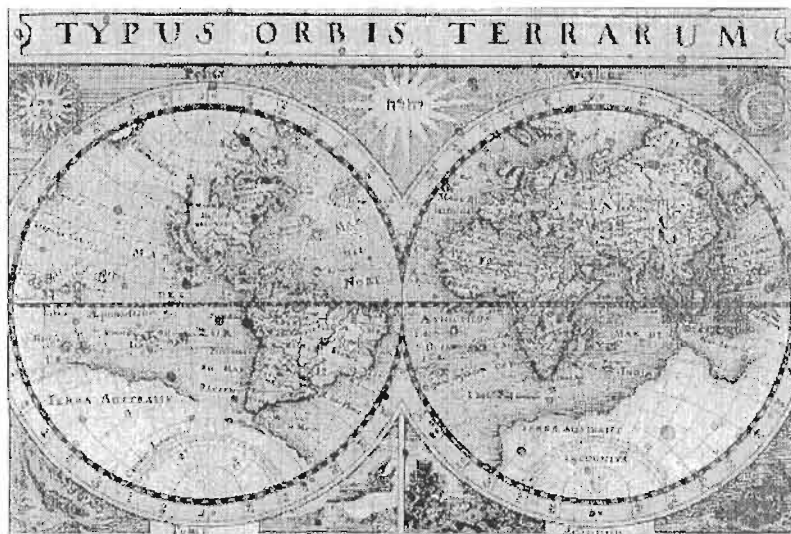
Las razones para esta elección son eminentemente prácticas y de simplicidad. Puesto que las Islas constituían el extremo más occidental del mundo conocido, el resto de meridianos podían situarse hacia el este de manera que el tiempo local se definía sumando siempre una hora. Además, según los cálculos de Ptolomeo, basados en los de Posidonio, la circunferencia de la Tierra medía en torno a los 180.000 estadios y el mundo del que tenía noticia algo más de 80.000, así que toda la tierra conocida quedaría incluida en los 180 grados de la semiesfera determinada por ese meridiano y con una diferencia de 12 horas entre sus extremos oeste y este. Igualmente, dado que Ptolomeo sitúa las Islas al Sur del Trópico de Cáncer y mucho más cerca del Ecuador de lo que realmente están (sólo 15 grados al Norte del Ecuador, casi donde se encuentra Cabo Verde), prácticamente todos los lugares conocidos se hallarían al Norte de ellas (con la excepción de las fuentes del Nilo y la gran isla de Taprobana-Ceilán). Así, el meridiano y el paralelo de las Islas (en el que sitúa el primer clima) funcionarían como una especie de eje de coordenadas efectivo en el que situar toda el mundo conocido, lo que simplificaría la elaboración de un mapa. Aunque no está claro si el original de Ptolomeo incluía mapas, éstos podían construirse fácilmente siguiendo sus instrucciones.

Copias del texto de Ptolomeo se conservaron en el Imperio Bizantino de donde pasaron a los árabes en el s. IX. Estos aceptaron en lo esencial la autoridad de Ptolomeo, señalando al mismo tiempo algunos de sus errores (por ejemplo, la extensión del Mar Mediterráneo que Ptolomeo había fijado en 62 grados y que Al-Khwarizmi reduce a 52 y posteriormente Al-Zarqali a 42). El libro llega a la Europa medieval desde Constantinopla en el s. XIII y se traduce al latín en torno a 1405. En 1475 se lleva a cabo la primera edición impresa sin mapas y en 1477 se publica otra edición que incluye ya 26 mapas parciales (12 de Asia, 10 de Europa y 4 de Africa). En la edición de Berlinghiere, entre 1478 y 1482, se incluye un Mapa Mundi en el que aparecen las Islas Afortunadas en número de 6 alineadas de Norte a Sur en el primer meridiano y con los nombres de Aprositus, Here, Pluitala, Casperia, Canaria y Pintuaría. Aunque en el mapa de la edición de Ulm de 1482 estos nombres desaparecen, figurando sólo el de Islas Afortunadas, vuelven a aparecer en la de Roma de 1490.

El éxito del libro fue tal que en los 100 años siguientes, hasta finales del s. XVI se publicaron casi 50 ediciones. Esto no impidió que los mapas se fueran modificando y perfeccionando en las sucesivas ediciones, utilizando los conocimientos anteriores incluidos en los portulanos y los que se iban adquiriendo como consecuencia de las expediciones marítimas de la segunda mitad del s. XV y el S. XVI (por ejemplo, la edición de Wandseemuller de 1504 incluye 20 mapas 'modernos'). Al fin y al cabo, la superioridad de la Geografía de Ptolomeo no residía en la exactitud de sus detalles, en las que los portulanos eran mucho más precisos, sino

en el método de representación y localización mediante la longitud y la latitud. Precisamente, los portulanos recogían desde finales del s. XIV buenas representaciones de las Islas Canarias, lo que permitió completar y corregir los mapas ptolemaicos (la posición de las islas, su latitud, etc) y fijar el primer meridiano en torno a la isla del Hierro.

De este modo, mientras se mantuvo la autoridad de Ptolomeo, las Islas constituyeron el punto de referencia de la cartografía científica. Sin embargo, el paulatino abandono de la teoría astronómica ptolemaica en favor de la copernicana minó considerablemente ese reconocimiento. Además, con el desarrollo del conocimiento geográfico, se desvelaron errores importantes en la Geografía de Ptolomeo que no se limitaban a cuestiones de detalle. Así, por ejemplo, no sólo concedía un tamaño excesivo al Mar Mediterráneo, como ya habían observado los árabes, o se equivocaba al representar el Océano Índico como un mar interior sin comunicación con el Atlántico, como probaron los marinos portugueses, sino que al determinar la circunferencia de la Tierra a partir de los cálculos erróneos de Posidonio, le asignaba un tamaño mucho menor que el real (aproximadamente las 3/4 partes). Así, Europa y Asia, hasta Indochina, ocupaban la mitad del hemisferio norte (180 grados en lugar de los aproximadamente 135 grados reales) y la costa occidental de Europa se situaba considerablemente más cerca de la costa asiática en dirección oeste. A medida que se producía la expansión europea hacia el este y el oeste y los viajes de circunnavegación, estos errores llegaron a ser cada vez más evidentes. En lo que respecta a las Islas, Ptolomeo había cometido un error importante: las había situado a 2° 30' al oeste del cabo de San Vicente, en lugar de los más de 7° a los que realmente están, lo que situaba el primer meridiano bastante más cerca de Europa. Al determinar correctamente la situación de las Islas sólo quedaban dos caminos: o se desplazaban al oeste, dejando el primer meridiano en el mismo sitio, pero sin referencia geográfica, o el meridiano se desplazaba con ellas y se redefinían las coordenadas de todos los demás lugares (e incluso en este caso quedaba por determinar en qué isla se situaba el meridiano: ¿el Hierro? ¿Lanzarote? ¿el Teide?) Eso planteó la posibilidad de situar el primer meridiano en otro lugar diferente.



Atlas Mercator, publicado por Hondius en 1630

La autoridad de Ptolomeo se abandona definitivamente en 1569 cuando Mercator presenta su mapa del mundo con proyección cilíndrica, que se convierte en el nuevo paradigma cartográfico. El trabajo de Mercator no sólo afectó a la Geografía de Ptolomeo, sino también a la ubicación del primer meridiano. Habiendo observado el tamaño excesivo concedido al Mediterráneo en los mapas ptolemaicos, Mercator lo reduce a 52 grados de longitud y desplaza el primer meridiano a las Azores (una idea que ya había insinuado Juan de la Cosa en su mapa de 1501). Dado que el mapa de Mercator, al contrario que el de Ptolomeo, está pensado más para la navegación que para la representación gráfica (aunque también en este sentido es muy superior), centrar el mapa en el Atlántico le permite una distribución más simétrica de Europa y América, posibilita una mejor representación

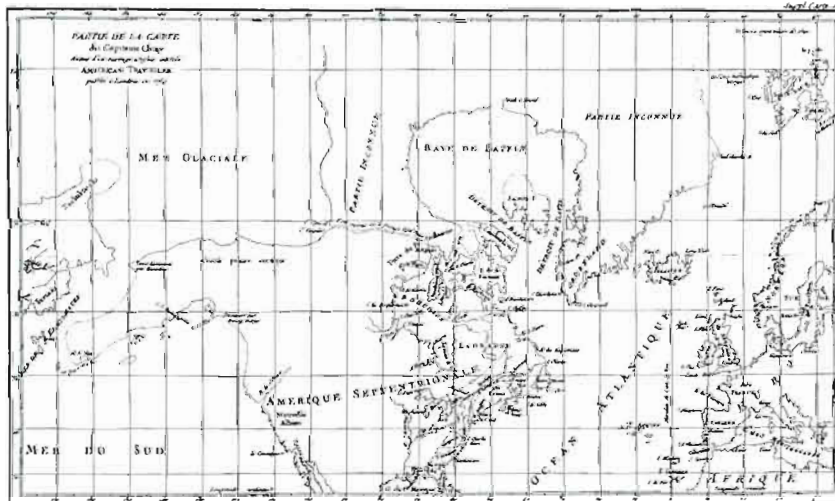
del nuevo continente y, sobre todo, facilita su uso para la navegación y la determinación del rumbo. La ubicación en las Azores se mantendrá en las siguientes ediciones, así como en los atlas publicados por sus descendientes y por Hondius, y en otros mapas como los de Saxton (1584) o Davis (1594).

Si las razones para fijar el meridiano en las Islas habían sido prácticas y basadas en el reconocimiento de Ptolomeo, una vez perdida esa autoridad nada impedía cambiarlo de sitio por razones igualmente prácticas. E incluso podía hacerse por razones políticas. Así, por ejemplo, como en el Tratado de Tordesillas el Papado había utilizado las islas de Cabo Verde como punto de referencia para delimitar las esferas de influencia de españoles y portugueses,

algunos mapas posteriores situaban el primer meridiano en Cabo Verde (como el de Ortelius de 1570 o el de Blaeu de 1631). En el mismo sentido puede entenderse la declaración de 1634 de Luis XIII de Francia ordenando (y consiguiendo hasta 1800) que el primer meridiano volviera a fijarse en el Hierro como había hecho Ptolomeo, pues no está claro si tal decisión obedece a razones de respeto científico o político-comerciales (los franceses reivindicaban como zona abierta a la navegación y al comercio, incluyendo las actividades corsarias, toda la situada al oeste del primer meridiano, por lo que les interesaba que estuviera lo más cerca posible de Europa). Incluso en el caso de mantenerlo en las Islas, había diferencias sobre el lugar concreto. Así, mientras la mayoría de los mapas franceses lo sitúan en El Hierro, Blaeu y los holandeses proponen el Teide.

A todo esto vino a unirse el antiguo problema de la determinación precisa de la longitud. Mientras la navegación había sido costera esta dificultad se había podido soslayar mediante las cartas portulanas y los conocimientos astronómicos. Sin embargo, la navegación al Sur del Ecuador y, sobre todo, los viajes transoceánicos volvían a poner el problema de actualidad. La cuestión no era ya sólo determinar con mayor o menor exactitud las coordenadas de un lugar, sino poder fijar en cada momento la posición de un barco en movimiento sin más punto de referencia que el Sol y unas estrellas que se convertían en desconocidas al cruzar el Ecuador. Hasta tal punto llegó a ser acuciante el problema que, en diversos momentos de los siglos XVII y XVIII, el Rey de España, el Gobierno de Holanda, el Almirantazgo Británico o la Academia de Ciencias de Francia ofrecieron sustanciosos premios a quien lograra resolverlo. La solución requería disponer de buenas tablas estelares, almanaques náuticos y efemérides locales con los que comparar las posiciones de los astros observadas desde el barco y, lo que era más difícil, algún método para determinar independientemente la diferencia horaria.

El primer requisito se había venido atacando desde mediados del s. XV no sólo por razones nauticas, sino por una combinación de circunstancias que incluían desde la reforma del calendario a necesidades astronómicas e incluso astrológicas, y fue uno de los elementos que contribuyó de manera notable al triunfo de la astronomía copernicana. Así, Regiomontano publicó su Ephemerides en 1474 mientras aún estaba vigente la astronomía ptolemaica y, posteriormente, ya dentro de la astronomía copernicana, Képler consiguió publicar en 1627 las Tablas Rudolfinas que había elaborado en 1617 a partir de las observaciones de T. Brahe. A su vez, Bayer, en su Uranometria de 1603, y Hevelius, en su Uranographia de 1687, construyeron catálogos estelares que incluían buena parte de las estrellas del Hemisferio Sur.



A partir de la mitad del s. XVII la creciente competencia entre los países europeos en su carrera expansionista se combina con el desarrollo de las 'ciencias nacionales' impulsadas por sociedades científicas como la Academie des Sciences o la Royal Society, lo que acabará convirtiendo a la ciencia y las expediciones científicas en razones de estado. Una de las consecuencias más inmediatas de este proceso será la fundación de los Observatorios nacionales, primero el de París, en 1671, dirigido por Cassini y luego el de Greenwich, en 1675, dirigido por Flamsteed. En estos Observatorios se institucionaliza la publicación continuada de efemérides y almanaques náuticos, primero de nuevo en París, a partir de 1679, con el título *Connaissance des Temps*, editado por Picard y luego por Lalande, y más tarde en Londres/Greenwich, a partir de 1766, el famoso *Nautical Almanac* elaborado por Maskelyne. Igualmente, se completarán en estos Observatorios los catálogos estelares de ambos hemisferios. Esta vez, el primero lo realiza en Londres Flamsteed en 1725, incluyendo prácticamente todas las estrellas observables

sin telescopio, y poco después, en 1750, Lacaille completa el de París tras una expedición al Cabo de Buena Esperanza en la que cataloga 7 nuevas constelaciones. A partir de 1700 otros países como España, Holanda, Prusia, etc, imitarán estos modelos creando sus propios Observatorios nacionales (y editando sus propias efemérides, como el *Astronomische Jahrbuch* de Berlín desde 1776 o el *Anuario del Observatorio de Cádiz* desde 1791).

El segundo requisito necesario para determinar la longitud con precisión resultó más difícil de alcanzar. En último término, la solución del problema consistía, simplemente, en encontrar algún método que permitiera conocer, con la mayor exactitud posible, la posición de los astros en el lugar correspondiente del primer meridiano en el preciso momento en que se hacían las observaciones astronómicas en el otro lugar cuya longitud se quería establecer o, lo que es lo mismo, saber cual era la hora exacta en el primer meridiano en el momento en que se observaba el cielo en otro lugar, identificar mediante las efemérides la posición de los astros correspondiente a esa hora en el primer meridiano y compararla con la que se estaba observando. Los intentos de solución más antiguos, utilizados incluso por Ptolomeo, se basaban en los eclipses e incluso en los tránsitos de Venus. La diferente posición en que se observan estos fenómenos desde diferentes lugares permitiría identificar su longitud, pero son tan poco frecuentes que sólo ocasionalmente puede recurrirse a ellos.

En su *Ephemerides*, Regiomontano había apuntado al movimiento de la Luna respecto a las estrellas como posible solución y Kepler había utilizado las distancias lunares en las *Tablas Rudolfinas*. La variación en la distancia angular de la Luna a una estrella cuando la estrella ocupa la misma posición en el cielo, observada desde lugares diferentes, permitiría determinar la longitud. O, lo que es lo mismo, si cuando la Luna y una estrella están a una distancia angular dada, se observan en sitios del cielo diferentes desde lugares distintos, se puede determinar la diferencia horaria y la longitud entre ambos lugares.

Desgraciadamente, para que los resultados fueran suficientemente exactos era necesario disponer de instrumentos de observación muy precisos, como el sextante de Campbell construido después de 1730, y de tablas lunares anuales, como las elaboradas por Mayer en 1750. Precisamente ésta fue la solución elegida en el Observatorio de Greenwich. Basándose en las tablas lunares de Mayer, Maskelyne publicó desde 1766 el *Nautical Almanac* en el que recogía el desplazamiento angular de la Luna respecto a 9 estrellas y al Sol cada tres horas a lo largo del año. El problema era que las variaciones angulares recogidas en el *Almanac* se calculaban respecto al centro de la Tierra, por lo que la determinación de la longitud a partir de las observaciones realizadas desde la irregular superficie terrestre requería correcciones mediante cálculos matemáticos complejos.

Otra solución fue propuesta por Galileo a partir de los eclipses de los satélites de Júpiter. Esta fue la solución adoptada por el Observatorio de París para realizar las efemérides de *Connaissance des Temps*, basándose en las tablas de los satélites de Júpiter elaboradas por Cassini en 1668. Se esperaba al eclipse del primer satélite de Júpiter y se comparaba la hora local en que ocurría con la que señalaba la efemérides; la diferencia determinaba la longitud respecto al Observatorio de París. Aunque este método era mucho más simple matemáticamente que el anterior, tenía graves problemas, especialmente la necesidad de recurrir a telescopios y la imposibilidad práctica de utilizarlo en barcos en movimiento.

Por último, la solución más fecunda era diseñar un reloj isócrono que registrara en cada momento la hora exacta del primer meridiano. También Galileo había hablado de esta posibilidad a partir de sus estudios sobre el péndulo, pero no empieza a tomar cuerpo hasta que Huygens desarrolla la ley del péndulo compuesto y la utiliza para construir un reloj de precisión en 1656. No obstante, aunque los relojes de Huygens eran muy útiles en tierra, no conservaban la isocronía en los barcos, donde eran afectados por el movimiento, los cambios de temperatura, las variaciones gravitatorias, etc. Sólo después de 1728 Harrison logró construir su primer cronómetro marino, al que siguieron otros cuatro cada vez más precisos. Después de numerosas pruebas en tierra y en alta mar en las que se utilizó el método de la variación angular lunar para comprobar su exactitud, y a pesar de la feroz oposición de Maskelyne, el cronómetro de Harrison fue aceptado oficialmente por la Marina Británica en torno a 1770.

Curiosamente, esta larga batalla para resolver el problema de la longitud afectó aún más a la ubicación del primer meridiano. Dado el papel fundamental que jugaban las efemérides y almanaques náuticos, muchos mapas situaban el primer meridiano en el lugar

cuyas efemérides tomaban como base. Así, por ejemplo, Eckebrecht construye en 1630 un mapa del mundo basado en las Tablas Rodolfinas de Kepler y sitúa el primer meridiano en Uraniborg, cerca de Copenhague, donde T. Brahe había tenido su observatorio.

Esta tendencia se acentúa con los Observatorios nacionales que pasan a convertirse en la referencia científica oficial, en parte por razones políticas, en parte por razones técnicas. Puesto que las efemérides anuales se realizan respecto a la hora local del Observatorio, las longitudes basadas en esas efemérides se establecen respecto al meridiano donde está ese Observatorio. El paso inmediatamente siguiente es convertir oficialmente ese meridiano en el primer meridiano. Así, en lo que respecta a los ingleses el primer meridiano se sitúa en Londres/Greenwich ya en el mapa de Seller de 1676 y la Carta Atlántica de Halley de 1701, mientras algunos mapas franceses, como el de Delisle de 1700, lo colocan en París (tendencia que se generalizará después de 1800). Otros países se unen a esta 'nacionalización' del primer meridiano, como Rusia, que en los mapas de las costas del Ártico trazados a partir de la expedición de Behring en 1733 lo pone en San Petersburgo, o Estados Unidos, que lo coloca en Philadelphia a partir de la expedición de Lewis y Clark de 1804 y, sobre todo, de la publicación del *American Ephemeris* en 1852.

Aunque el primer meridiano seguirá manteniéndose en el Hierro en diversos mapas españoles, alemanes y franceses, como los recogidos en la Enciclopedia de Diderot y D'Alembert, lo hará de una manera cada vez más precaria. Incluso en esos casos, las coordenadas, incluyendo las de la propia isla del Hierro, se fijan realmente respecto a los Observatorios de Cádiz, Madrid o París, aunque en los mapas el primer meridiano se sitúe nominalmente en el Hierro. Finalmente, después de tres siglos en los que el primer meridiano se había situado en lugares tan dispares como el Hierro, Cabo Verde, Azores, Copenhague, Pisa, Londres, París, San Petersburgo, Filadelfia, etc, se llega en 1884 al acuerdo de fijarlo definitivamente en Greenwich.

LAS EXPEDICIONES CIENTÍFICAS

Precisamente, uno de los factores que más influyeron en el traslado del primer meridiano de Canarias a Greenwich, el desarrollo de las ciencias nacionales y la consiguiente institucionalización de la investigación científica, será el que sitúe definitivamente las Islas Canarias dentro del contexto científico europeo. A lo largo del siglo XVII las monarquías europeas van constatando que el progreso científico puede mejorar las condiciones de vida, favorecer el desarrollo económico e incluso aumentar el prestigio y la influencia política. El movimiento ilustrado y, posteriormente, la Revolución Industrial acabarán llevando a las monarquías y gobiernos europeos a lo largo del Siglo XVIII a comprometerse explícitamente con el conocimiento científico hasta convertir la ciencia en una empresa nacional.

Igualmente, desde los descubrimientos geográficos de los siglos XVI y XVII existía la clara conciencia de que los viajes de exploración no sólo suponían una posible expansión territorial, sino el acceso a una enorme variedad de riquezas naturales, muchas de ellas desconocidas hasta entonces, cuya sistematización y clasificación podía permitir su explotación sistemática. Un caso representativo fue la introducción por Clusius a mediados del s. XVI del cultivo de tulipanes en el Jardín Botánico de la Universidad de Leiden que condujo al rápido enriquecimiento de Holanda. En consecuencia, la historia natural experimenta un gran auge a lo largo de los siglos XVII y XVIII, desde Ray y Tournefort hasta Humboldt, Cuvier o Lamarck, pasando por Adanson, Linneo o Buffon.

Este creciente interés en la historia natural tiene su reflejo institucional en la aparición de las colecciones de historia natural y en los jardines botánicos. Aunque en un primer momento son colecciones privadas o jardines de plantas para uso médico creados por las universidades, como el de la Universidad de Padua de 1545, pronto se convertirán en fundaciones estatales a medida que los distintos países vayan descubriendo el potencial económico de los nuevos productos naturales. En 1600 se funda el Jardín Botánico de Londres, que un siglo después se convertirá en el Jardín Botánico de Kew, y en 1626 el Jardín des Plantes de París, a los que seguirán Berlín y Edimburgo.

Estos grandes jardines funcionarán no sólo como centros de investigación y clasificación, sino también como centros de recepción, aclimatación y distribución de plantas. El

descubrimiento de las llamadas 'plantas económicas' (café, té, cacao, caucho, quinina, etc) disparará su importancia económica. El caso más representativo es el de Kew que, bajo la dirección de Banks, se convertirá en el principal centro mundial de distribución de plantas e introducción de nuevos cultivos. El éxito es tan fulgurante que el número de jardines botánicos en Europa pasa de 5 a finales del S. XVII a 1.600 a finales del s. XVIII. Siguiendo el mismo modelo, se crearán Gabinetes de Historia Natural, Herbarios y, a partir de la segunda mitad del s. XVIII, Jardines Zoológicos (primero en Viena en 1752, luego en Madrid en 1775 y París en 1793), con frecuencia como anexos a los Jardines Botánicos.

Como consecuencia de todo esto, a lo largo del s. XVIII serán frecuentes las expediciones científicas que difieren de las exploraciones anteriores en que se llevan a cabo con el patrocinio y la financiación de los gobiernos, están organizadas y planificadas por sociedades científicas, tienen objetivos científicos precisos e incluyen personal especializado en distintas ramas de la ciencia. Incluso los barcos empleados en estas expediciones irán especializándose, hasta convertirse en una especie de laboratorios flotantes, cuyo arquetipo serán el *Endeavour* de Cook y, más adelante, L'*Astrolabe*, el *Beagle* o el *Challenger*.

Muchas de estas expediciones harán escala en las Islas Canarias no sólo para abastecerse, sino también como una primera toma de contacto con el clima y la naturaleza de los lugares a que se dirigen. Precisamente, ese carácter de 'puertas del Trópico' hará que las expediciones comiencen sus estudios científicos en las Islas. Estos estudios girarán en torno a tres grandes cuestiones:

1. En una primera etapa, el principal punto de atención es la determinación exacta de las coordenadas de las distintas islas y su descripción geográfica.

2. Un segundo punto de atención es el Teide. Considerado durante muchos años la montaña más alta del mundo por su aspecto impresionante visto desde el mar, el cálculo de su altura y la ascensión a la cumbre, con la consiguiente descripción del paisaje volcánico, serán casi un rito obligado de todas las expediciones. Desde comienzos del s. XIX se llevarán a cabo estudios geológicos y vulcanológicos y se intentará explicar su origen.

3. El último gran foco de atención es la historia natural, desde las descripciones de la vegetación y la recogida de plantas de las primeras expediciones a los estudios botánicos y zoológicos de finales del s. XVIII, como los de Humboldt o Ledru, hasta culminar en la monumental Historia Natural de las Islas Canarias de Webb y Berthelot.

Aunque las referencias científicas a las Islas Canarias, distintas a las cartográficas, se remontan al s. XVI, como la descripción del drago y el uso medicinal de su sangre realizada por Charles de l'Escluse en 1576 o las descripciones de Torriani de 1590, las primeras noticias referentes a expediciones relacionadas con sociedades científicas son británicas y comienzan a mediados del S. XVII. Así, Scory incluye una descripción del Teide en sus *Observations* de 1626 recogida por Purchass; también Spratt recoge en la Historia de la Royal Society una ascensión al Teide en 1650 (*Relation of the Pico Teneriffe*). En 1697 el botánico Cunningham recoge plantas en Tenerife, Baker hace escala en 1700 y en 1715 Edens publica en las *Philosophical Transactions*, revista de la Royal Society, una nueva ascensión al Teide en la que se realizan experiencias barométricas, al modo de las de Pascal en el Puy de Dome.

Sin embargo, la primera gran expedición, y una de las pocas dedicadas exclusivamente al estudio de las Islas, es la de L. Feuillée. Tras una primera escala en Canarias en 1708 camino de Perú y Chile, Feuillée regresa en 1724 comisionado por la Academia de Ciencias de París para determinar la diferencia en longitud entre el primer meridiano y el Observatorio de París. Durante casi 6 meses estudia todos los aspectos que serán característicos de las escalas científicas en Canarias: calcula las coordenadas del Hierro y Tenerife (La Laguna y La Orotava) mediante los eclipses del primer satélite de Júpiter y un reloj de péndulo, hace descripciones geográficas y levanta mapas de ambas islas, calcula la altura del Teide por triangulación (asignándole más de 4.300 metros), realiza una excursión al Teide y aprovecha para volver a calcular la altura mediante mediciones barométricas y lleva a cabo estudios botánicos en los que describe y clasifica diversas plantas endémicas de las Islas, así como algunos animales. Algunos años después, el botánico inglés Adanson recoge plantas en las Islas en su viaje a Senegal en 1749 y se refiere al Teide como una de las montañas más altas del mundo (achacándole unos 3.900 metros). Poco antes, en 1735, Jorge Juan y Ulloa habían fijado sus coordenadas respecto al Observatorio de Cádiz en su viaje a la Martinica para unirse a la expedición de Maupertuis.

En la segunda mitad del s. XVIII, ante el éxito alcanzado por los cronómetros de Harrison en Gran Bretaña, Francia opta también por el recurso a los relojes marinos para determinar la longitud. Así, en 1769 la Academia de Ciencias organiza una expedición al mando de Fleurieu para comprobar la exactitud de diversos relojes marinos de fabricación francesa en un periplo por Canarias, Cabo Verde, las Antillas y Terranova. La expedición aprovecha la escala en Canarias para completar las investigaciones de Feuillée, determinando las coordenadas del archipiélago y su extensión en longitud, cartografiando las islas orientales, etc. En 1771 la Academia organiza una segunda expedición con la fragata La Flore en la que viajan Borda, Pingré y Verdun de la Crenne para comprobar nuevamente el funcionamiento de los relojes marinos y otros instrumentos (sextantes, octantes, etc), así como para resolver otros problemas específicos de la navegación (la declinación de las agujas magnéticas, mareas, etc). Como en la anterior, aprovechan la escala en las Islas para completar los datos conocidos, calculando las coordenadas de diversas ciudades y describiendo las distintas islas. Borda regresará otra vez en 1776, dirigiendo la expedición conjunta hispano-francesa de La Boussole encargada de cartografiar las costas hispanoportuguesas y establecer las coordenadas de la costa africana. En este viaje calculará la altura del Teide por triangulación fijándola en 3.712 metros.

Un año después, en 1777, Masson llega a las Islas comisionado por Banks, a la sazón director del Jardín Botánico de Kew, para llevar a cabo la mayor recolección sistemática de plantas realizada hasta entonces. Tras completar su viaje por Madeira, Azores y las Antillas, la colección será utilizada por el propio Banks, los Linneo, Solander, Aiton, L'Heritier y los principales botánicos de la época. Unos años después, en 1785, llega La Perouse al mando de La Boussole y L'Astrolabe camino del Pacífico, en la que será la primera de las grandes expediciones científicas que haga escala en las islas (aunque ya en 1776, al comienzo de su tercer viaje, Cook había hecho una breve escala en Santa Cruz para aprovisionarse, pero sin llevar a cabo ninguna investigación). En esta expedición viajaban numerosos científicos como Monge, De la Martiniere, Lamanon, Monges, Defresne, etc, que aprovechan la escala para recoger plantas y minerales, ascender al Teide y realizar diversas experiencias barométricas, medir la longitud y latitud de Santa Cruz, etc. Precisamente, De la Martiniere llamará la atención sobre los distintos estratos de vegetación por alturas, aunque los achacará a cambios en la composición del suelo. En 1788 hace escala la expedición de Churrua que se dirige al estrecho de Magallanes y en 1789 la mayor expedición científica española, la de Malaspina, con destino al Pacífico. Ambas llevan a cabo diversas mediciones en las Islas, en especial la determinación de la longitud del Teide. En 1791 llega la expedición de D'Entrecasteaux al mando de La Recherche y L'Esperance que se dirige al Pacífico, en busca de la malograda expedición de La Perouse, y en la que viajan Labillardiere, Bertrand, Deschamps y otros científicos que llevarán a cabo la consabida excursión al Teide y recogerán plantas y minerales volcánicos. El año siguiente, 1792, la que hace escala es la expedición inglesa a China y Cochinchina, en la que viajan Staunton y Barrow.

Más importantes para las Islas serán tres viajes de finales del s. XVIII que se alejan del modelo de las grandes expediciones. El primero es la escala accidental de Baudin en 1796 obligado a refugiarse en Tenerife al ser sorprendido por una tormenta cuando se dirigía a las Antillas para recoger una colección de historia natural. Durante 4 meses permanecerán en la isla reparando el barco, lo que aprovecharán los naturalistas Ledru, Mauger y Advenier, que acompañaban a Baudin como especialistas en botánica, zoología y mineralogía, para realizar numerosas observaciones sobre la flora y la fauna y, sobre todo, para llevar a cabo la primera recogida sistemática de muestras zoológicas (insectos, moluscos, reptiles y más de 60 especies de aves) y minerales. Ledru, además, tuvo tiempo para redactar el catálogo de plantas del recién creado Jardín de Aclimatación de La Orotava por encargo de Nava y Grimón.

El segundo, y quizá el más importante, es el de Humboldt y Bonpland en 1799 camino de Sudamérica. Durante su breve estancia, realizaron la tradicional excursión al Teide, estudios botánicos, como la descripción y clasificación de la violeta del Teide (aunque ya había sido descrita por Feuillée), y análisis geológicos y vulcanológicos, inaugurando la larga serie de estudios de este tipo que se harán en el s. XIX. La impresión que la isla causó a Humboldt fue tal que le dedicó todo el primer volumen y parte del segundo de su obra 'Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente' publicados en 1815 y 1816. Entre los muchos comentarios y reflexiones de Humboldt destacan la detallada evaluación de las distintos

cálculos de la altura del Teide realizados hasta ese momento, incluyendo los suyos propios, de la que concluye que los más exactos son los de Borda, y sus descripciones y estudios geológicos y vulcanológicos en los que, por primera vez, analiza la estructura de las rocas e intenta dar una explicación de la naturaleza y origen del edificio volcánico del Teide. Más importantes aún son sus estudios botánicos en los que relaciona la vegetación con el medio y el clima, distinguiendo distintos estratos de vegetación por altura (las zonas de viñas, laureles, pinares, retamas y gramíneas).

El tercero es la llegada de Broussonet a Tenerife en torno a 1800, donde permanecerá durante más de tres años como cónsul francés hasta su regreso a Francia como director del Jardín des Plantes de Montpellier. A lo largo de su larga estadía envía muestras vegetales a Banks, Desfontaines, Candolle o Cavanilles, colabora en la ordenación del Jardín de Aclimatación de La Orotava y lleva a cabo él mismo numerosos estudios botánicos con vistas a la realización de un catálogo de la flora canaria (*Florilegium Canariensis*), que no llegó a publicar, pero que fue la base del catálogo realizado más adelante por Bory de St. Vincent. Todavía en 1800 regresa Baudin al mando de una expedición que se dirige a Australia para seguir buscando la desaparecida expedición de La Perouse y en la que van Peron, Freycenet, Milbert y Bory de St. Vincent. La expedición será famosa por su accidentado final y por las distintas relaciones del viaje realizadas por todos sus componentes. A raíz de este viaje, Bory de St. Vincent publicará también su extraño y sorprendente 'Ensayo sobre las Islas Afortunadas y la antigua Atlántida', en el que incluye un catálogo de más de 400 especies de plantas a partir de las investigaciones de Broussonet.

La erupción de 1798 en Chahorra, cuya descripción por B. Cologan recoge Bory de St. Vincent, atrae la atención general sobre el Teide y su naturaleza volcánica que ya había despertado el interés de Humboldt. Así, en 1803 Cordier lleva a cabo una descripción del cráter y de las nuevas bocas, además de volver a calcular su altura. En 1815 llegan a la isla Von Buch y C. Smith para llevar a cabo una serie de estudios geológicos y vulcanológicos, el primero, y botánicos, el segundo. Precisamente, Von Buch, que había comenzado siendo un neptunista seguidor de Werner para cambiar luego al plutonismo, dará la primera explicación del origen y formación del Teide mediante su hipótesis de los 'cráteres de levantamiento' y popularizará el término 'caldera'. También Webb y Berthelot recogerán esta hipótesis de elevación, al igual que Sainte-Claire Deville en su viaje de 1842 procedente de Martinica y camino de Cabo Verde. El propio Charles Lyell llega hasta Canarias en su viaje a Madeira de 1854 y explica su origen por acumulación de productos volcánicos, incluyendo un esquema de Las Cañadas en la edición de 1855 de sus 'Elementos de Geología'. Más tarde, Fritsch y Reiss visitan Tenerife de 1860 a 1863 para estudiar la estructura geológica de la isla. Al mismo tiempo, siguen pasando por las Islas las grandes expediciones, como la de Krusensterd de 1804, Freycenet en 1817, Duperrey con Dumont d'Urville en 1822, D'Orbigny en 1826, etc.

Pero el suceso más importante para Canarias será la llegada de Berthelot en 1820 y Webb en 1828. Marino de profesión, Berthelot llegó a Tenerife en 1820 tras un accidentado viaje que se dirigía a Lanzarote y a punto estuvo de naufragar en las costas africanas. Afincado en la isla, intenta crear un Liceo en La Orotava, realiza varios estudios botánicos y se convierte en corresponsal de algunas sociedades europeas, como la Sociedad Linneana de París. En torno a 1825 y hasta 1827 fue director del Jardín de Aclimatación de La Orotava. En 1828 llega a Tenerife el naturalista inglés Webb camino de Brasil, proyecto que abandona tras entrar en contacto con Berthelot. A partir de ese momento, ambos se dedican a estudiar la historia natural de las Islas durante dos años. El resultado de sus investigaciones es la monumental 'Historia Natural de las Islas Canarias' publicada en París entre 1835 y 1850 y en la que contribuyen otros ilustres naturalistas como D'Orbigny, Valenciennes, etc. Editada en 9 tomos, consta de 3 partes con 2 volúmenes cada una: I, vol. 1, Etnografía y Anales de la Conquista (1840); I, vol. 2, Misceláneas Canarias (1839); II, vol. 1, Geografía Descriptiva, Estadística y Geología (1835); II, vol. 2, Zoología (1836-43); III, vol. 1, Geografía Botánica (1840) y III, vol. 2, Fitografía Canaria (1836-50) con 4 secciones en 4 fascículos. La 'Historia Natural' constituye el estudio de las Islas más completo realizado hasta ese momento e influyó de manera notable en todas las investigaciones posteriores. Igualmente, contribuyó a aumentar el flujo de investigadores hacia las Islas, empezando por Bourgeau, que hace dos viajes en 1845-6 y 1855, y continuando con Hillebrand, Bornmuller, Bolle, etc. Pero sobre todo fue, junto con los trabajos de Viera y Clavijo, el punto de partida de la investigación científica en Canarias, y no

sólo sobre Canarias. En 1847 Berthelot regresó a Tenerife como cónsul de Francia, permaneciendo allí hasta su muerte en 1880.

LA CIENCIA EN CANARIAS

Como se ha visto, las Islas Canarias han despertado siempre un fuerte interés por motivos muy diversos. Ese interés contrasta con la escasa producción científica llevada a cabo dentro de ellas, al menos hasta mediados del s. XIX. En buena medida, éste es un problema general que afecta a toda la ciencia española. La política de impermeabilización de fronteras y defensa de la ortodoxia llevada a cabo por los Austrias y que alcanza su máximo exponente con el edicto de Felipe II de 1559, en el que se establece la censura de libros y se prohíbe salir a estudiar al extranjero, dejará a España al margen de las corrientes científicas europeas durante más de 150 años. De esta manera, el proceso de identificación de la ciencia con una empresa nacional, que cristalizará en la creación de las ciencias nacionales con el consiguiente apoyo social y económico a la investigación científica y su institucionalización, no comenzará en España hasta bien entrado el s. XVIII. Será Felipe V quien, a mediados de este siglo, establezca becas de estudios para españoles en el extranjero y quien apoye la llegada a España de científicos como Proust, Loeffling, Bowles, etc, o la traducción de las obras de Linneo, Lavoisier, Buffon, etc. Será también en la segunda mitad del s. XVIII cuando se establezcan instituciones científicas como la Academia de Ciencias de Barcelona o los Reales Estudios de San Isidro de Madrid y centros de investigación como el Gabinete de Historia Natural de Madrid o los Jardines Botánicos de Madrid y Valencia. El precio a pagar por este retraso será que la ciencia en España carecerá durante muchos años de la base social alcanzada en los restantes países de Europa, con la consiguiente fractura entre la ciencia y la sociedad.

Esta tardía incorporación a las corrientes científicas europeas será aún más ostensible en Canarias, donde se vivirá de manera peculiar. Es cierto que su situación geográfica, dentro de las grandes rutas comerciales, así como las escalas de viajeros y científicos, habían mantenido siempre un cierto contacto de las Islas con la ciencia europea y habían facilitado la circulación de libros prohibidos y la formación de buenas bibliotecas privadas, pero ese contacto había sido siempre a nivel particular y sin ningún apoyo institucional. Los naturalistas que visitan las Islas a lo largo del s. XVIII y la primera mitad del s. XIX entran en contacto con autoridades, nobles y comerciantes, como los Porlier, Casalón, Franqui, Cologan o Cambreleng, pero tales contactos serán siempre personales y privados.

El resultado será un creciente interés en la ciencia por parte de las clases más pudientes, pero ese interés quedará limitado a la esfera personal. El ejemplo característico de este comportamiento es la Tertulia de Nava. Desde poco antes de 1760 comienzan a reunirse periódicamente en el Palacio de Nava de La Laguna algunos nobles, terratenientes y ricos comerciantes que comparten el gusto por las artes y las ciencias con su compromiso con el movimiento ilustrado. Entre ellos se encuentran Cristóbal del Hoyo-Solórzano, marqués de San Andrés, que será miembro de la tertulia hasta su muerte en 1762; Tomás Nava y Grimón, marqués de Villanueva del Prado y organizador de las reuniones; Juan Antonio Franchi y Juan Bautista Franchi; Fernando de la Guerra; Fernando de Molina y Quesada; Agustín de Betancourt y Castro; José Viera y Clavijo; Bernardo de Valois; Juan A. de Urtusaüstegui, etc. Aunque alcanzará su máximo apogeo a mediados de los sesenta, las reuniones se mantendrán hasta 1777.

Como su nombre indica, es una tertulia social entre amigos en la que se combinan las discusiones filosóficas sobre Bacon o Voltaire y las investigaciones científicas sobre la aurora boreal o la declinación de la aguja magnética con las sátiras y polémicas sobre las costumbres tradicionales, los juegos de ingenio o las excursiones festivas. De este modo, los contertulios alternan sin problemas el estudio del tránsito de Venus de 1769 mediante tres telescopios de reflexión, con la defensa apasionada del uso de zapatos de terciopelo negro. Su aproximación a la ciencia es una combinación de dilettantismo, curiosidad científica e interés en la modernización de la sociedad. Eso no disminuye el mérito de la Tertulia de Nava, sólo muestra que la relación de sus integrantes con la ciencia obedece exclusivamente a un compromiso personal en un medio muy poco propicio a la investigación científica y sin ningún apoyo institucional. Conviene recordar que la primera imprenta de Canarias se fundó en Santa Cruz

de Tenerife en 1751 o que los 'periódicos' elaborados por Viera y Clavijo para la Tertulia de Nava, como el Papel Hebdomadario, eran manuscritos, e incluso el viaje de Viera a Madrid en 1770 tuvo como principal objetivo la publicación de su 'Noticia de la Historia General de las Islas Canarias'.

De la misma manera, aunque en 1701 Gaspar de Herrera había obtenido una Bula Papal concediendo a los agustinos la fundación de una Universidad en La Laguna para la enseñanza de Teología, Gramática, Lógica y Filosofía, no será hasta la Real Cédula de Felipe V de 1742 que reciba el pase regio condicionado para funcionar como Universidad de Estudios Generales (capacitada para la enseñanza de Derecho, Medicina, Matemáticas y Filosofía), pero será suprimida casi inmediatamente, en 1747, ante la oposición del Cabildo Catedralicio y los dominicos. Sólo en 1817, tras una oscura disputa en torno a su ubicación, volverá a ser refundada como Universidad de San Fernando de La Laguna, aunque su situación continuará siendo inestable a lo largo de todo el s. XIX con continuos cierres y reaperturas (se suprime en 1830, vuelve a abrirse en 1835, nueva supresión en 1845, restablecimiento parcial en 1868, nueva clausura en 1875 y reapertura definitiva en 1914).

Es muy difícil, sino imposible, que pueda desarrollarse algún tipo de investigación científica en tales condiciones. Por eso, la contribución de la Tertulia de Nava a la ciencia en Canarias será sólo indirecta. De ella saldrá José Viera y Clavijo; otro de sus contertulios, Agustín de Betancourt y Castro, será el padre del ingeniero Agustín de Betancourt y Molina, de la misma forma que Tomás Nava y Grimón, 'director' del grupo, será el padre de Alonso Nava y Grimón, fundador del Jardín de Aclimatación de La Orotava. Igualmente, los miembros de la tertulia se encuentran entre los fundadores de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de La Laguna en 1777. Un papel hasta cierto punto semejante al de la Tertulia de Nava desempeñará el Seminario Conciliar de Las Palmas, fundado en 1777, aunque al ser éste un centro eclesiástico oficial padecerá el acoso continuo del Santo Oficio.

La situación mejorará ligeramente con la creación de las Sociedades Económicas de La Laguna, Las Palmas, La Palma y la Gomera (las dos últimas desaparecerán poco después). Aunque el motivo fundamental de su fundación era favorecer el desarrollo de todos los elementos relacionados con el incremento de la riqueza pública y la prosperidad general, su vinculación con los principios ilustrados las llevará a prestar atención al progreso científico y técnico como motor de ese desarrollo económico y social. En este sentido, contribuirán a la consecución de las condiciones materiales y culturales mínimas necesarias para el despegue de la investigación científica. Así, la Sociedad Económica de La Laguna instala en 1780 la segunda imprenta de Canarias y la Sociedad Económica de Las Palmas la tercera en 1801. Además, ambas sociedades fundarán bibliotecas propias, intentarán potenciar la enseñanza pública, establecerán reuniones periódicas para la presentación y discusión de investigaciones y proyectos y, poco a poco, propiciarán la aparición de un ambiente favorable al estudio de la ciencia. Todo ello cristalizará en la segunda mitad del s. XIX en la creación de instituciones como el Gabinete Literario de Las Palmas de 1844, el Gabinete Instructivo de Santa Cruz de 1869, el Museo Canario de 1879, etc, y con ellos el comienzo de la investigación científica normal en Canarias durante el último cuarto de siglo.

Esto explica que las contribuciones a la ciencia en Canarias, antes de finales del s. XIX, se deban a iniciativas individuales y discontinuas o que los científicos canarios más brillantes lleven a cabo su trabajo fuera de las Islas. Este es el caso del Jardín de Aclimatación de La Orotava, Viera y Clavijo, Clavijo y Fajardo o Agustín de Betancourt.

El Jardín de Aclimatación de La Orotava fue una iniciativa de Alonso Nava y Grimón, sexto Marqués de Villanueva del Prado, y pretendía ser una estación botánica en la que se recogieran plantas exóticas de todo el mundo con el fin de aclimatarlas, aprovechando las suaves temperaturas del Archipiélago e introducirlas posteriormente para su cultivo en Europa. Esta idea, aplaudida por el propio Humboldt, habría permitido no sólo el desarrollo económico, sino también la creación de un centro de investigación de primer orden en las Islas. En 1788 se autoriza su creación y en 1791 se aprueba el proyecto presentado por Nava y Grimón. Sin embargo, los problemas administrativos, la falta de personal especializado y, sobre todo, la falta de financiación impedirán desde el principio no sólo que cumpla los ambiciosos objetivos propuestos, sino incluso su funcionamiento regular (todavía en 1814, el marqués de Villanueva se queja de que sigue pagando de su bolsillo los gastos para el mantenimiento mínimo del Jardín). Aún así, será el punto de referencia científico a lo largo del s. XIX y naturalistas como

Ledru, Broussonet, Berthelot, etc, colaborarán en distintos momentos en su ordenamiento y catalogación. Volverá a tomar importancia a medida que se institucionalice la investigación sistemática en Canarias desde finales del s. XIX, aunque con objetivos mucho más modestos.



José de Viera y Clavijo

En cuanto a Viera y Clavijo, Clavijo y Fajardo y Agustín de Betancourt constituyen los tres científicos canarios más importantes de este periodo. José Viera y Clavijo (1731-1813), natural de Los Realejos, fue miembro de la Tertulia de Nava y su principal animador hasta su marcha de Tenerife. Viera es el autor de los 'periódicos' de la Tertulia: el Síndico Personero, el Papel Hebdomadario y La Gaceta de Daute, pero también de descripciones científicas como las 'Observaciones del paso de Venus sobre el disco solar del día 3 de Junio de 1769' o la 'Carta filosófica de la Aurora Boreal observada en la ciudad de La Laguna en la noche del 18 de Enero de 1770', poemas como el 'Poema de los Vasconautas' y escritos satíricos como el 'Elogio del Baron de Pun'. En esta misma época, en torno a 1763, comienza a escribir su obra fundamental, la 'Noticia de la Historia General de las Islas Canarias' en 4 volúmenes, que le convertirá con todo derecho en uno de los padres de la historiografía de Canarias.

En 1770, habiendo terminado el primer volumen, Viera marcha a Madrid para intentar su publicación. Allí permanecerá hasta 1784 al servicio del marqués de Santa Cruz. Durante esa larga estancia, completará y publicará su magna obra, el primer volumen en 1772, el segundo en 1773, el tercero en 1776 y el último en 1783. El título completo, que incluye casi un índice, ofrece una idea clara del contenido de la obra: 'Noticias de la Historia General de las Islas Canarias. Contiene la descripción geográfica de todas. Una idea del origen, carácter, usos y costumbres de sus antiguos habitantes; de los descubrimientos y conquistas que sobre ellas hicieron los Europeos; de su Gobierno eclesiástico, político y militar; del establecimiento y sucesión de su primera nobleza; de sus varones ilustres por dignidades, empleos, armas, letras y santidad; de sus fábricas, producciones naturales y comercio;

con los principales sucesos de los últimos siglos'. También viaja, acompañando al marqués o a su hijo, por España (su 'Viaje a la Mancha') y sobre todo por diversos países europeos, primero en 1777-8 por Francia y Bélgica (el 'Viaje a Francia y Flandes') y después en 1780-1 por Italia, Alemania y Austria (el 'Viaje a Italia y Alemania').

Aprovecha esos viajes, especialmente las estancias en París, para asistir a cursos científicos, visitar gabinetes y jardines botánicos, etc. El resultado es una mezcla de ansia de conocimiento, entusiasmo didáctico y esnobismo que lo llevan a organizar en 1781 varios cursos y experimentos sobre física de los gases en el gabinete de historia natural del palacio del marqués de Santa Cruz en Madrid o a escribir el 'Poema sobre los Aires Fijos', donde en 6 cantos en octavas reales glosa los distintos tipos de gases de la química inmediatamente anterior a Lavoisier (desde el aire fijo o el aire nítro a los gases vegetales, con el último canto dedicado a los globos aerostáticos de moda en Europa tras las experiencias de los Montgolfier). Durante toda su vida conservará esta vena lírico-didáctica, de modo que tras su regreso a Canarias escribirá otros poemas científicos, como 'La Boda de las Plantas' (sobre la botánica y el sistema de clasificación de Linneo), 'Los Cometas' y 'Las Noticias del Cielo' (sobre astronomía y el sistema copernicano), aunque este último está dirigido a niños.

En 1784 regresa a Canarias como arcediano de Fuerteventura en la Catedral de Las Palmas, donde permanecerá hasta su muerte. En 1785 es nombrado socio honorario de la Sociedad Económica de Las Palmas y director desde 1790. Para ella montará un gabinete de historia natural, conseguirá la instalación de una imprenta en 1801 y realizará más de 20 memorias sobre plantas económicas y otras cuestiones de utilidad pública (memorias sobre la barrilla, la orchilla, el tazaigo, la granza, el tártago, las papas, la seda, el carbón de leña,

diversos análisis de aguas, etc). En 1790 comienza su trabajo científico más importante, el 'Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias', que terminará en 1799 y en el cual pretende hacer una descripción de toda la naturaleza de las Islas, minerales, plantas y animales. La parte más completa, la botánica, describe con precisión todo tipo de plantas, endémicas o no, con referencias a su utilización medicinal, artesanal o industrial e incluyendo las plantas cultivadas.



José Clavijo y Fajardo

José Clavijo y Fajardo (1726-1806), nacido en Tegui y primo de Viera y Clavijo, sólo se dedicará al trabajo científico durante la segunda mitad de su vida. Tras estudiar en Las Palmas, deja las Islas a los 19 años y ya no regresará nunca. En 1745 consigue un puesto como oficial en la Secretaría de Marina, primero en Ceuta y luego en San Roque, comenzando una larga carrera como funcionario que alternará con el periodismo hasta dedicarse a la organización científica después de cumplir 50 años. En 1750 ocupa la Secretaría del Despacho de la Guerra y empieza a redactar el 'Estudio general, histórico y cronológico del ejército' que se publicará en 1761. Poco después, en 1755 lleva a cabo sus primeras actividades periodísticas con 'El Tribunal de las Damas' y la 'Pragmática del Zelo', en las que muestra sus dotes como agitador social y cultural. Tras viajar por España y Francia, donde conoce a Buffon, comienza a publicar en 1762 el semanario 'El Pensador' en el que expondrá sus ideas sobre las costumbres, las artes y la educación, así como su campaña contra los autos sacramentales.

Continuará la publicación del semanario hasta 1770, con una interrupción de tres años debida a los problemas derivados de su litigio con Beaumarchais. Casi al mismo tiempo, en 1763, es nombrado Oficial del Archivo de Estado. El año siguiente, 1764, tiene lugar el affaire amoroso entre Clavijo y Lisset Caron, la hermana del dramaturgo francés Beaumarchais. El acoso de éste no sólo acarreará la suspensión del Pensador hasta 1767, sino que convertirá a Clavijo y Fajardo en un odioso personaje teatral, tanto en 'Eugenie', del propio Beaumarchais, como en 'Clavijo' de Goethe. Olvidado el incidente, Clavijo es nombrado

en 1767 Oficial Mayor para los asuntos relativos a la adjudicación de los bienes de los jesuitas y escribe 'Los jesuitas reos de lesa majestad divina y humana', al mismo tiempo que reanuda la publicación del Pensador. En 1770 es nombrado Director de los teatros de los Reales Sitios con la misión de reformar el teatro en la línea que había propuesto en sus críticas a los autos sacramentales. Paralelamente, en 1773 es designado director del Mercurio Histórico y Político de Madrid en sustitución de Tomás de Iriarte, cargo que desempeñará hasta 1779.

Finalmente, en 1777 es nombrado Secretario del recién fundado Gabinete de Historia Natural. A partir de ese momento, abandona su actividad de agitador social y cultural para dedicarse exclusivamente a la organización científica y a la consolidación de la Historia Natural en España. Desde 1777 trabaja en la edición de 105 Indices y Catálogos del Gabinete y, sobre todo, en la elaboración del Diccionario Castellano de Historia Natural, a partir de los trabajos de Buffon, con el que pretende dotar a los científicos españoles de una terminología de historia natural propia combinando términos en español, latín y francés. En 1786 pasa a ser Vicedirector del Gabinete y en 1794 Director en funciones. Nombrado finalmente Director titular en 1799, poco antes de su jubilación, multiplica su actividad. Funda la Escuela de Mineralogía, ingresa en las Academias de Historia Natural de Berlín y Copenhague y, lo más importante, crea los Anales de Historia Natural, en los que colaborarán Cavanilles, Herrgen, Proust, etc, hasta su desaparición en 1804 y que serán el punto de referencia de la Historia Natural española.

Igualmente, entre 1785 y 1805 traduce y publica la monumental 'Historia Natural, General y Particular del Conde de Buffon' en 21 volúmenes, que constituye su aportación particular a la ciencia española. La traducción incluye un largo prólogo, casi un libro, original del propio Clavijo y Fajardo. Este prólogo, dividido en 6 artículos, constituye una especie de tratado de filosofía de la ciencia en la línea de Bacon, Diderot o el mismo Buffon. A lo largo de los seis artículos, Clavijo y Fajardo analiza la naturaleza de la ciencia y su relación con la sociedad; la diferencia entre las 'ciencias matemáticas' y las 'ciencias físicas' (entendiendo por

tales las ciencias de la naturaleza en el mismo sentido en que lo habían hecho Marat y los revolucionarios franceses al cerrar la Academie des Sciences en favor del Jardin des Plantes); el método científico y la naturaleza de la realidad; el objeto y los límites de la Historia Natural, así como su carácter holista paralelo a la unidad de la naturaleza; la utilidad de la Historia Natural tanto desde el punto de vista físico, como moral y su situación como ciencia básica indispensable por su contribución a las restantes ciencias, desde la Física o la Química hasta la Medicina, la Geografía o la Agricultura e incluyendo las artes, etc. Como puede verse, la dedicación de Clavijo y Fajardo a la ciencia fue tardía, pero enormemente fructífera.

Finalmente, Agustín de Betancourt y Molina (1758-1825) fue uno de los ingenieros más prestigiosos de Europa. Nacido en el Puerto de la Cruz, era hijo de Agustín de Betancourt y Castro, asiduo participante en la Tertulia de Nava y miembro fundador de la Sociedad Económica de La Laguna. Precisamente en la recién creada Sociedad presentó en 1778 su primer diseño, una máquina epicilíndrica para entorchar seda, realizada en colaboración con sus hermanos José de Betancourt y Castro y María de Betancourt y Molina, de la que parece había surgido la idea. María de Betancourt presentaría también a la Sociedad Económica de La Laguna una 'Memoria sobre la forma de obtener el color carmesí', muy probablemente la primera memoria científica firmada por una mujer en Canarias.

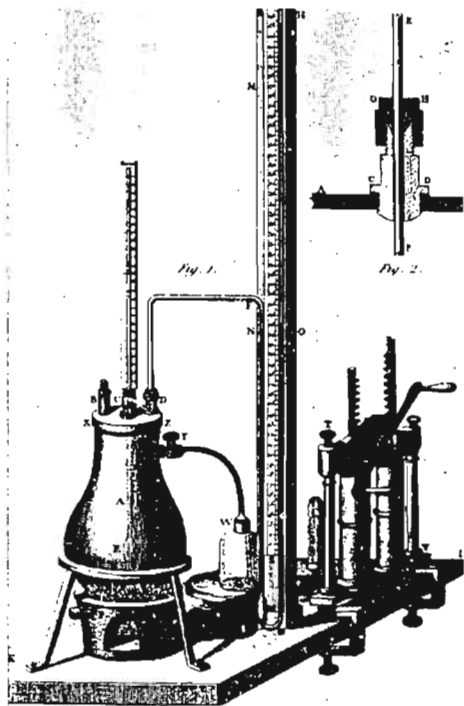


Agustín de Betancourt y Molina

En 1778, Agustín de Betancourt marcha a Madrid a estudiar en los Reales Estudios de San Isidro y, como Clavijo y Fajardo, ya no regresará a las Islas. Sus primeros encargos para la Corona, en 1783, son la inspección del Canal Imperial de Aragón y el estudio de las minas de Almadén, sobre cuyo estado redacta tres detalladas memorias. En 1784 viaja a París a la Escuela de Puentes y Caminos. A partir de 1785 lleva a cabo numerosas investigaciones técnicas ('Memoria sobre la purificación del carbón de piedra', 'Memoria sobre el mejor modo de blanquear la seda', 'Memoria sobre el método de construir y usar los hornos para extraer el betún que tiene el carbón de piedra', etc) y comienza a realizar estudios sobre hidráulica y mecánica y a diseñar y adquirir máquinas por encargo de Floridablanca con vistas a la futura creación en Madrid de un Gabinete de Máquinas. En el otoño de 1788 realiza su primer viaje a Inglaterra donde permanece dos meses observando máquinas a mitad de camino entre la investigación científica y el espionaje industrial. Entre otros lugares, visita la empresa de Boulton y Watt, que en 1782 habían patentado la máquina de doble efecto, pero no consigue ver la nueva máquina perfeccionada en que estaban trabajando. Sin embargo, en Londres observa una máquina de doble efecto funcionando en una fábrica de harinas y un nuevo modelo de telar mecánico (probablemente el de Cartwright). A su regreso a París, en 1789 escribe para la Academia de Ciencias de París una 'Memoria sobre una máquina de vapor de doble efecto' y, al mismo tiempo, diseña una bomba de doble efecto que se instala en la recién construida fábrica de harinas de los hermanos Perier. Poco después, diseña un modelo de telar mecánico. El mismo año construye una máquina eólica para desaguar terrenos pantanosos, que

incorpora, junto con el telar, a la colección de máquinas con destino al futuro Gabinete. También se encarga del diseño o la adquisición de los instrumentos para la expedición de Malaspina. En 1790 presenta a la Academia de Ciencias de París la 'Memoria sobre la fuerza expansiva del vapor de agua' (tal vez no sea casual que en esas mismas fechas Watt escribiera a Boulton aconsejándole desconfiar de los visitantes extranjeros). El año siguiente, 1791, escribe su estudio sobre la manera de fundir y barrenar cañones de hierro (la 'Descripción del Real establecimiento de Yndrid donde se funden y barrenan los cañones de hierro para la Marina Real Francesa', en la que propone diversas mejoras a los métodos empleados) y la 'Memoria sobre la draga mecánica', cuya construcción intentará llevar a cabo en España, aunque sin resultado, y que construirá finalmente en Krondstadt en 1812. Ante el cariz revolucionario que empieza a tomar la situación en Francia, regresa a Madrid con la colección de máquinas.

En 1792 se inaugura el Real Gabinete de Máquinas, del que es nombrado director, y se hace público el primer Catálogo de modelos, planos y manuscritos del Gabinete que incluye



Dibujo de la "Memorie sur la force expansive de la vapeur de l'eau", de D. Agustín de Betancourt

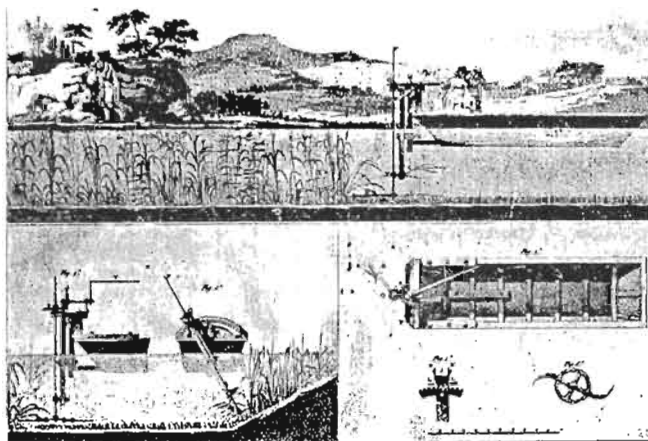
270 máquinas, 358 planos y más de 100 memorias con 92 gráficos, todos los cuales había recogido o diseñado durante su estancia en París. En 1793 viaja a Inglaterra donde permanece tres años investigando sobre teoría de las máquinas y donde presenta en 1795 el diseño de una máquina de cortar hierba en ríos y canales. En 1796, ante la ruptura de relaciones entre España e Inglaterra como consecuencia de la firma del Tratado de San Ildefonso entre Francia y España, viaja a París. Allí, junto con Breguet, presenta al Directorio el prototipo y los planos de un telégrafo óptico (la 'Memoria sobre un nuevo telégrafo y algunas ideas sobre la lengua telegráfica'), en el que venían trabajando desde 1787, y comienza la polémica con Chappe acerca de las ventajas e inconvenientes del telégrafo de Breguet y Betancourt, polémica que no se resolverá hasta el definitivo informe favorable de la Academia de Ciencias en 1796. En 1797 patenta junto con Perier una prensa hidráulica para uso industrial y la incorpora al Gabinete de Máquinas (como en el caso de la máquina de doble efecto y el telar mecánico, esta prensa era muy parecida a otra inventada por Bramah que Betancourt había visto en Inglaterra).

Este mismo año regresa a España, donde es nombrado Inspector General de Puertos y Caminos. En 1802 consigue que se cree la Escuela de Ingenieros, de la que es el primer director y en 1803 empieza a escribir con Lanz el 'Ensayo sobre la composición de las máquinas', que se publicaría en París en 1808 convirtiéndose en un libro de texto de gran difusión en toda Europa. En 1807, Betancourt es nombrado corresponsal de la Academia de Ciencias de París (irónicamente, también J. Watt fue nombrado corresponsal en esa misma sesión). Poco después abandona definitivamente España, trasladándose a París donde presenta a la Academia de Ciencias su 'Memoria sobre un nuevo sistema de navegación interior', en la cual describe una esclusa de émbolo que había inventado en 1801, e inventa con Breguet el termómetro metálico. A finales de 1807 viaja a San Petersburgo invitado por el Zar Alejandro I y permanece allí durante 6 meses. Tras regresar a París para presentar con Lanz el 'Ensayo', regresa a Rusia donde permanecerá hasta su muerte al servicio de Alejandro I.

Nombrado mariscal del ejército ruso, queda adscrito al Consejo Asesor del Departamento de Vías de Comunicación, posteriormente es nombrado Inspector del Instituto del Cuerpo de Ingenieros y, en 1819, Director del Departamento de Vías de Comunicación. A lo largo de los 16 años de su estancia en Rusia alternará la dirección académica del Instituto de Ingenieros con numerosas obras públicas, como el puente sobre el Nevka, la modernización de la fábrica de armas de Tula o la fábrica de cañones de Kazan, la draga de Krondstadt, el canal Betancourt de San Petersburgo, la feria de Nizhni Nóvgorod la fábrica de papel moneda, el picadero de Moscú, la navegación a vapor en el Volga, sistemas de abastecimiento de aguas, ferrocarriles, etc. A partir de 1822 comienza a tener problemas con el Zar y es sustituido en la dirección del Instituto, quedando relegado hasta su muerte en 1824.

Como se ve, las condiciones para hacer ciencia en Canarias no eran fáciles en esta primera

época. Ni siquiera era fácil aprender de los científicos y viajeros extranjeros que visitaban las Islas. Para que avance la ciencia no basta con iniciativas individuales, ni con la creatividad sólo, sino que es necesario el apoyo institucional que constituye el motor fundamental de la investigación científica. Esas instituciones sólo empiezan a crearse en el s. XIX y su consolidación requerirá tiempo. La situación de la ciencia en Canarias irá cambiando poco a poco a lo largo del siglo. Su progresiva implantación y reconocimiento público, la aparición de nuevas instituciones científicas y culturales a partir de 1850, la consolidación de centros de enseñanza a finales de siglo y, posteriormente, la de centros de investigación, permitirán una normalización del trabajo científico en unas circunstancias radicalmente diferentes a las del s. XVIII y primera mitad del XIX. Pero ese será el objeto de los restantes ensayos de este libro.



Máquina para cortar hierba en los ríos y canales, inventada por D. Agustín de Betancourt.

LA ARQUEOLOGÍA CANARIA. DE LA CIENCIA AL MITO

Antonio Tejera Gaspar

Catedrático de Arqueología de la U.L.L.

El prof. J.A. Belmonte, a quien agradezco su invitación a participar en esta empresa, ha sido el artífice del título de este ensayo, al que yo no le he puesto reparos, bien es cierto, a pesar de que en él pudiera existir una aparente contradicción, ya que lo frecuente es que el proceso histórico en el que surge la ciencia se fije precisamente a partir del mito, como forma peculiar de relatar la historia oral, tradicional y legendaria, frente a una fase más avanzada en donde la verificación y el contraste de los datos señala el surgimiento del verdadero saber científico.

El título ofrecido he querido interpretarlo a mi manera, en el sentido de que un conocimiento basado en una analítica muy estricta no tendría por qué perder de vista aspecto tan singular de cualquier cultura, como es todo lo referido a su mitología, a su concepción del mundo y a sus manifestaciones espirituales, que si bien con dificultades, estos hechos pueden ser también analizados, aunque su verificación y contraste no deje de estar frizado de dificultades. Pero intentarlo puede permitirnos desentrañar estos mundos complejos.

Frente a lo que pudiera parecer, la investigación de las culturas aborígenes de las Islas Canarias no ha gozado normalmente del sosiego que requiere la revisión del pasado. Resulta evidente que el pasado, en este caso, ha terminado por transformarse en un constante presente, porque los antiguos canarios, o *guanches*, si se quiere utilizar una denominación que aunque diferenciada, es harto generalizada a todas las culturas insulares, han sido y son *"al mismo tiempo, los "otros" y nosotros. Los guanches nos han unido y nos han dividido. En cualquier caso, siempre han estado presentes y forman parte de nuestro sentido común histórico. Vivos o muertos, degradados o enaltecidos, reivindicados o renegados, cristalizan las tensiones históricas de este pueblo. Nos hemos preguntado, una y otra vez, quiénes fueron, "ellos"; para otros, quiénes fuimos o quiénes somos, "nosotros". Pero en el presente, en cualquier presente, los aborígenes canarios son lo que queremos que sean, lo que quisimos que fueran, pretendiendo ver en el pasado la confirmación de nuestras visiones de hoy. De sus diferentes negativos queremos obtener nuestra propia imagen en positivo. Porque, mirando hacia atrás en la historia de las islas, el guanche no fue casi nunca un problema del pasado sino del presente y del futuro"*, según la precisa reflexión que recogen estas palabras hermosas de Fernando Estévez.

Esta realidad, como acabamos de ver, se halla fuertemente arraigada en la conciencia de los canarios, hasta el extremo de que A. Cioranescu ha querido encontrar una cierta esquizofrenia en el comportamiento de los insulares, comparándolos con los cristianos, ya que *"el canario se siente dividido entre la inocencia pisoteada por la invasión, y la conciencia de haber sido pisoteador"*. El sinsabor de ser verdugo y víctima al tiempo contribuye poco a la reflexión sosegada a la que me refería al comienzo. Bien al contrario, ésta se halla cargada de un fuerte maniqueísmo que, en la mayoría de las ocasiones, distorsiona cualquier lectura desapasionada y rigurosa que, es sin duda, el espíritu con el que uno debe acercarse al conocimiento.

Las culturas canarias aparecen desde el siglo XIV, el siglo de su *"descubrimiento"* por los europeos, llenas de una fuerte carga de exotismo por el desconocimiento que Europa poseía de la existencia de habitantes en unas islas perdidas en el Atlántico, de las que se poseían vagas referencias procedentes sólo del conocimiento erudito, transmitido por los textos clásicos, aunque revividos durante el medievo. Su hallazgo casual, debido a las primeras exploraciones de los genoveses, resultaría trascendental para la expansión europea del Atlántico, aunque el resultado no fuera obviamente el mismo para sus habitantes. Lo más destacado de los siglos XIV y XV es la información liminar contenida en las primeras Crónicas de Canarias en las que no sabemos qué resulta más destacable, si el relato de lo que ven por primera vez, o su sorpresa constante ante un mundo exótico y a la vez desconocido.

Una buena parte de la información más detallada que nos ha llegado de las culturas canarias hay que situarla en el siglo XVI, a través de nombres tan conocidos como los de Espinosa, Torriani o Abreu Galindo, tríada imprescindible para su conocimiento, hasta tal punto que sus nombres son tanto para el mundo aborígen como los de Herodoto, Estrabón o Tito Livio para el mundo grecorromano; o los de Cristóbal Colón, Bartolomé de las Casas, Pedro Mártir de Anglería o Gonzalo Fernández de

Oviedo para las primeras culturas caribeñas. Son aquéllos un buen punto de partida para conocer aspectos con los que de otro modo no resulta fácil llegar a través de la Arqueología; y en otros casos, se puede con ellas contribuir al enriquecimiento de los que proceden del uso de esta metodología.

En ocasiones, en cambio, se ha olvidado el siglo XVII por considerar que sus autores sólo han sido una suerte de epígonos, meros repetidores de lo dicho por sus antecesores, antes que creadores de un conocimiento autónomo. Como tantos hechos del s. XVII canario, éste se halla falto aún de un mejor análisis y de una revisión detallada para autores como Núñez de la Peña, T. Arias Marín de Cubas, José de Sosa o A. de Viana, por citar sólo los más conocidos. En ellos existen algunas informaciones de extraordinario interés que, a mi juicio, procederían de las conocidas por ellos mismos sobre cuestiones aún vivas en la sociedad canaria, como recuerdo de otras pertenecientes a sus antepasados.

El siglo XVIII es, sin duda, para éste como para tantos aspectos de la cultura de las Islas, una referencia obligada. Y lo es más para el conocimiento específico de las culturas canarias la obra de José de Viera y Clavijo *"Noticias de la Historia General de las Islas de Canaria"*. Viera es el autor puente entre la vieja y la nueva generación de los estudiosos del pasado isleño. Desde 1772-1773, fechas que corresponden a la primera edición de su obra, fuente obligada de consulta. El siglo XVIII es definitivamente la superación de la visión de un pasado estático sólo reconocible a través de los cronistas, para entrar poco a poco en una aproximación crítica y científica de la realidad histórica que, sin solución de continuidad a todo lo largo del siglo XIX, se puede decir, con las debidas reservas, que llega hasta nuestros días.

El siglo XIX ve aparecer una serie de claves sobre las antiguas poblaciones canarias que, de un modo u otro marcarán, en unos casos más que en otros, una buena parte de los ítem científicos que ocuparán a quienes trabajan sobre estas culturas. Me refiero al problema de los orígenes. Unas veces basados éstos en problemas antropológicos, otras en temas lingüísticos; en ocasiones, en análisis arqueológicos, y aunque menos, pero tampoco nada desdeñable, en aspectos relacionados con la etnografía comparada, en especial con las culturas norteafricanas del Magreb. Como digo, se hallan en ellos un buen puñado de los presupuestos básicos sobre el conocimiento de nuestros antepasados, cuyas premisas abarcan prácticamente hasta el último cuarto del siglo actual.

De todas ellas, probablemente la antropología física sea la piedra angular de este edificio teórico y científico. Y por qué no decirlo abiertamente, una buena rémora también a la hora de intentar cualquier interpretación del pasado insular. La coincidencia en fechas del hallazgo del hombre de Cro-Magnon, localizado en la Dordoña francesa en 1868, y las semejanzas apreciadas entre este espécimen con los cráneos y huesos largos de los habitantes de las Islas Canarias determinan de manera concluyente una antigüedad indebida para estas gentes. Y como eran épocas en que la raza era inseparable de la cultura, lo más lógico era buscar sus testimonios materiales para asociárselos. Y éstos los encontró G. Chil y Naranjo, quien realizaba sus trabajos científicos en la isla de Gran Canaria, cuando presentó una comunicación al Congreso Internacional de Ciencias Antropológicas con el título de *"Memoires sur l'origine des Guanches ou habitants primitifs des Iles Canaries"* (1878), en el que se proponía un origen neolítico para las poblaciones canarias. Esta nueva hipótesis que coexistirá con la de Sabino Berthelot, ha planteado una discusión científica que, en parte sigue vigente, y que, dicho de otro modo, generaría una dialéctica entre un poblamiento muy antiguo de las islas, en parte neolítico, versus otro más reciente, vinculado a las poblaciones bereberes norteafricanas, que podría datarse en torno a la mitad del primer milenio a.C. (c.500).

Una definición de Neolítico, o más precisamente de cultura neolítica, debería incluir al menos los siguientes rasgos: economía pastoril, agricultura escasa, vivienda y enterramiento en cuevas, cerámicas hechas a mano, con predominio de formas cónicas, con útiles líticos de morfología poco definida, junto a un tipo racial antiguo. Este ambiente cultural era fácil encontrarlo en casi todas las islas y podía utilizarse como modelo para emparentarlas con culturas más antiguas, de procedencias heterogéneas,

que igual podían ser africanas, mediterráneas o europeas. Si bien es cierto que estas hipótesis se hallan hoy superadas, no lo es menos, que gran parte de la bibliografía científica sobre los antiguos canarios, hasta la década de los años sesenta del siglo actual, están impregnadas de estas hipótesis de las que han participado tanto los estudiosos que trabajaban en Canarias, como los que procedían de otros centros españoles de investigación. Estas viejas raíces cromañoides se hallan en efecto en las primitivas poblaciones bereberes del Magreb, pero nada tienen que ver con la antigüedad que antaño se les había propugnado. Por su parte, al Neolitismo y al poblamiento Neolítico, la Arqueología científica, con la aportación de las técnicas del carbono 14 le asestó el primer golpe del futuro cambio. La antigüedad de los 3.000-2.000 años a.C., se vio poco a poco relegada a los 700-800 y hasta los 1.300 años de la era. Aquél Neolítico ya no daba para más.

En este contexto del siglo XIX merece señalarse, como he dicho, la aportación de Sabino Berthelot que no se reduce sólo a sus investigaciones en el campo de la antropología física. Tanto por sus estudios, como por los que sus colegas realizaran sobre los restos humanos de Tenerife, su obra es una contribución rigurosa, especialmente destinada a la recuperación integral del pasado de esta isla, aunque lo es también para el resto del Archipiélago en lo que se refiere a la antropología física, a la lengua y a la cultura de estas sociedades. Sus trabajos en la determinación de la procedencia de estas culturas, no son de menor importancia que las señaladas en los otros campos. Su conexión con la ciencia europea de la época, así como el conocimiento que sus conciudadanos estaban aportando en el Norte de África, le permiten emparentar a estas poblaciones con las culturas bereberes norteafricanas y saharianas, sobre la base de una semejanza lingüística y, sobre todo, del conocimiento que en ambos territorios se empezaba a tener acerca de las inscripciones denominadas libico-bereberes. Las primeras conocidas de las Islas Canarias procedían de los hallazgos herreños de D. Aquilino Padrón (1870-1873).

Con la introducción del análisis arqueológico en los estudios sobre el pasado insular, se perfilan de manera definitiva los tres ejes fundamentales sobre los que girará gran parte de la investigación posterior sobre las culturas canarias: la antropología física, la arqueología y la lingüística; y en contra de lo que pudiera parecer, el ensayo de estas estrategias de investigación, no sólo no se complementarían, sino que en la mayoría de las ocasiones entraban en una contradicción manifiesta.

Llegados a este punto, me parece interesante destacar que algunas de las propuestas de Sabino Berthelot surgieron con la misma fuerza con la que se han ocultado en reiteradas ocasiones, en un vaivén curioso, porque algunos de sus presupuestos básicos, como la comparación de la escritura libico-bereber de las islas Canarias con otras semejantes del Magreb eran claramente asimilables, así como la relación establecida entre las culturas insulares y continentales, es decir, las canarias y las berberófonas norteafricanas.

Estos planteamientos rigurosos, basados en la evidencia de los datos, contrastaba con la distorsión que produjo la lectura de unos hipotéticos caracteres fenicios, hebreos, entre otras lenguas, que se dice contenía la denominada "*Piedra de Anaga*". Tales caracteres a la postre eran sólo cortes caprichosos del aragonito, la roca del soporte. Se trataba en realidad de reivindicar unos supuestos emparentamientos de origen de estas poblaciones con otras procedentes del Oriente. Nada más lejos de la realidad. De nuevo reaparecían los fantasmas recurrentes conocidos ya desde la primera historiografía en donde los orígenes orientales, especialmente de las denominadas poblaciones bíblicas, habían dado pie a las explicaciones liminares de las gentes de estas islas.

La causa de sus orígenes, su procedencia, sus fechas de llegada, cómo alcanzaron las islas. En este apartado caben, desde la hipótesis más razonada hasta la especulación más sofisticada. Tiene cabida pues un poblamiento de iberos, de celtas, de vikingos, de fenicios, de romanos, de árabes....Y por supuesto, los míticos habitantes de la Atlántida. Todo parece posible, sin duda, pero si se analizan conjuntos culturales, atendiendo paralelamente a las singularidades más destacadas, en donde entran a formar parte los ítem materiales de la cultura, como la escritura, la lengua, o los hechos

sociales, entre otros aspectos que no pueden desligarse de los fenómenos históricos de la realidad cercana del continente africano, junto a lo que en él ocurre durante el primer milenio, probablemente estemos en mejor disposición para entender unos hechos que, a no dudar, están erizados de problemas de explicación nada fáciles, pero que me parece factible obtener por esta vía resultados relativamente certeros. Con dificultad, qué duda cabe. Pero puede ser un buen modo de avanzar.

En lo que se refiere a estos problemas, y de manera singular a la gran antigüedad del poblamiento primevo de las islas, no poseo ningún argumento de peso para pensar que se hubieran poblado antes del año 600 a.C. En realidad a inicios del s. VI, cuando sabemos, creo que con toda certeza, que los fenicios costearon por vez primera el Océano Índico, doblaron el Cabo de Buena Esperanza, ascendieron por la costa atlántica africana y llegaron a Cartago en la ribera tunecina. O más tarde aún, si se quiere, en torno al 425 a.C., cuando Hannon lleva a cabo su conocido Periplo Atlántico. Antes de esas fechas no me parece probable que ningún pueblo se atreviese a internarse por este Océano, por el hecho simple de no contar con medios técnicos precisos para llevar a cabo tales singladuras. Los avances técnicos en la antigüedad se conocen bastante bien. Y en especial el de las artes náuticas. Atribuir pues estos conocimientos sofisticados a otras comunidades en fechas anteriores a las señaladas, a mi entender, entra más dentro de la especulación, o del mundo imaginado, que de los hechos propiamente contrastables.

Un medio útil, por otra parte, para establecer conexiones entre las sociedades canarias y las culturas prerromanas, es el de la comparación de la lengua y la escritura de las sociedades insulares y continentales. Con la publicación del trabajo de Abercromby "*A Study of the ancient speech of the Canary Islands*" en 1917, se le da un impulso a los estudios lingüísticos, aunque como en otras disciplinas, tampoco ésta conoció la continuidad necesaria en su investigación posterior. Con planteamientos diferentes existen tres estudiosos, cuyos nombres, entre otros, se asocian a dichos trabajos: George Marcy, Dominik Joseph Wölfel y Juan Álvarez Delgado. El primero de ellos explicaba las lenguas prehistóricas canarias a través del bereber, e incluía las Islas en lo que denominaba *una provincia lejana del mundo bereber*. Esta idea contrastaba con la de D.J. Wölfel en el sentido de que no todo podía explicarse a través de aquéllas lenguas, ya que participaba de la idea, desarrollada también por la Arqueología, de la existencia en las islas de un sustrato fósil de población que debía relacionarse con viejas culturas europeas, emparentadas con el denominado megalitismo mediterráneo, base lingüística de una comunidad de culturas de las riberas del *Mare Nostrum*. Por su parte, el berberólogo Lionel Galand, aunque explica las lenguas canarias a través de las correspondientes bereberes, plantea asimismo algunas reservas respecto a un panberberismo lingüístico en estas poblaciones, aunque sin proponer ninguna otra alternativa.

Sobre la lengua existen algunas obras imprescindibles como los materiales recogidos en los "MONUMENTA LINGUAE CANARIAE", diccionario traducido ahora al español, en donde resulta evidente la familiaridad de las antiguas lenguas canarias y las que se hablaban y se hablan en el Norte del Continente. En todo caso, las hipótesis de los lingüistas no parecieron tener mucho eco entre los arqueólogos que, de forma paralela, se afanaban en conocer las culturas insulares. Se estaba lejos aún de entender el estudio de una comunidad prehistórica como un conjunto, valorando todas y cada una de sus manifestaciones culturales, como partes de un Sistema.

Esto mismo se puede decir de la escritura. Las similitudes entre los caracteres líbico-bereberes del Magreb y los canarios fueron puestos en evidencia, como decíamos, desde S. Berthelot. El avance del conocimiento en este aspecto no ha hecho sino caminar en la misma dirección, enriqueciendo aquélla primera valoración. Bien distinto es, sin embargo, el problema que ha rodeado a los hallazgos de una supuesta escritura "latina" en las islas orientales de Lanzarote y Fuerteventura. Digo supuestas, aunque debería ser más explícito y decir que no son en realidad latinas. Y si en efecto se confirmara se contribuiría a clarificar mejor el problema del poblamiento de las islas, realizado, a mi entender, en fechas cercanas al cambio de Era, o poco antes. El principal problema, entre otros muchos, que se derivan de estos hallazgos es que los ejemplos

conocidos en el Norte de África, p. ej., los libios de *Bu Njem*, bien semejantes a los canarios, tampoco se hallan bien definidos, de manera que la polémica está planteada del siguiente modo: Quienes piensan, entre los que me cuento, que podría tratarse de una escritura prelatina, atribuible a los pueblos prerromanos que ocupan el Norte de África en torno al primer milenio, y cuyos caracteres parecen semejarse a los de la escritura tartésica. O Ibérica. Y otros que piensan en su origen latino.

A lo largo de mi exposición he ido espigando aquí y allá, aquellos aspectos que personalmente he considerado que podrían interesar más. Han sido más que nada una serie de esbozos, puesto que el espacio no da para mucho más.

En las últimas décadas, pero en especial en la de los ochenta, la Arqueología canaria ha hecho una gran aportación al conocimiento del pasado, al haberle dado un gran impulso a la sistematización de las manifestaciones rupestres. En algunas islas, como Lanzarote, Tenerife y La Gomera, descubriéndolas por vez primera, y en otras como Fuerteventura, consiguiendo que su Catálogo o Corpus se multiplicara en número hasta hace poco insospechado.

Con este impulso se ha contribuido a un mejor conocimiento de los dos tipos de escritura a los que ya me he referido. Pero de manera singular, y seguramente porque el tema me resulta especialmente de interés, en lo que se refiere al conocimiento de las manifestaciones religiosas, ya que a través de ellas hemos podido comprobar arqueológicamente algunos aspectos recogidos en las fuentes, como todo lo relativo a los cultos solilunares, así como a la existencia de “*santuarios*”, lugares en donde se realizaban sacrificios a estas mismas manifestaciones astrales, consideradas como sus Seres Supremos por excelencia. Los hallazgos en estas zonas de recipientes excavados en las rocas, lo que conocemos como cazoletas, conectadas entre sí por canalillos, parecen relacionarse con las referencias de las fuentes sobre el derramamiento de leche, manteca, agua y, probablemente sangre, que en ellos serían vertidas durante las celebraciones de los ritos.

El análisis y correcta valoración de tales manifestaciones, siempre hechas con dificultades evidentes, parte de su asociación con otros elementos arqueológicos, ya sean de carácter funerario, o simbólicos, cuando están ligados a algún fenómeno orográfico de especial relevancia. La comparación de estos aspectos, con otros similares del Norte de África o de la Península Ibérica, p. ej., son un buen complemento para comprender mejor los que se conocen aquí. Estos nuevos hallazgos no sólo nos han posibilitado verificar algunas hipótesis de trabajo, sino que al tiempo han permitido revisar de nuevo muchas de las propuestas sobre la religión de los antiguos canarios, en especial todo lo relativo al mundo funerario.

Y es probablemente en este sentido en el que cabe la referencia a los mitos, a los que me refería en el proemio de mi intervención, como consecuencia del título que me había regalado el profesor y amigo J.A. Belmonte. No en todos los casos es posible, pero en algunos mitos, como los denominados mitos del retorno, del retorno de los espíritus de sus antepasados, los estudios de arqueoastronomía de J.A. Belmonte y C. Esteban, han comenzado a aportarnos alguna luz, nunca mejor dicho en este caso, en el que su llegada es observada por el mar. “*Parece que por lo que los Maxoreros i Canarios, admitían la inmortalidad de el alma, que no sabían luego explicar. Tenían los de Lançarote y Fuerte Ventura unos lugares o cuebas a modo de templos, onde hacían sacrificios o agüeros [...], onde haciendo humo de ciertas cosas de comer, que eran los diesmos, quemándolos tomaban agüero en lo hauian de emprender mirando a el jumo, i dicen que llamaban a los Majos que eran los spiritus de sus antepasados que andaban por los mares i uenían allí a darle auiso quando los llamaban, i estos i todos los isleños llamaban encantados, i dicen que los veían en forma de nuuecitas a las orillas de el mar, los días maiores de el año, quando hacían grandes fiestas, i veíanlos a la madrugada el día de el maior apartamiento del sol en el signo de Cáncer, que a nosotros corresponde el día de San Juan Bautista*”.

Sobre la base de la discusión propiciada en las dos décadas precedentes, a pesar de distintos criterios utilizados para una mejor comprensión del pasado de las Islas, nos encontramos en un proceso de reflexión y de autocritica, orientado, entre otras cosas, a la puesta en práctica de diferentes estrategias de investigación que, sin ser

contrapuestas, tuvieran como finalidad un conocimiento más preciso de la realidad social e histórica de las islas Canarias. Un punto de partida básico ha sido considerar que, sin dejar de ser importante el estudio acerca del origen de las poblaciones canarias, cabría esperar mejores resultados intentando conocer cómo se desarrolló su historia en las islas desde su llegada, aún por determinar, hasta fines del siglo XV (1496), la fecha de la conquista de Tenerife, en que se produce el inicio de la desaparición de su identidad como etnias. Esos 1.500 ó 2.000 años de la vida de esta Comunidad exigían un tratamiento distinto en los modelos explicativos, llevados a cabo sobre su Prehistoria. No eran válidos ya los criterios tradicionales de la Arqueología, basados sólo en una determinación tipológica de los materiales cerámicos, líticos, óseos, etc. y su correlación estratigráfica, con la finalidad de establecer secuencias desde lo más antiguo a lo más reciente. Era necesario, por contra, que la Arqueología diese respuesta al uso social del espacio ocupado por el hombre, ya fuera en cuevas, en asentamientos al aire libre, o en lugares destinados a enterramientos.

Las nuevas corrientes de investigación, que habían propiciado en la década de los sesenta en Estados Unidos de América la denominada *Nueva Arqueología*, posibilitaron que el análisis arqueológico sirviera para obtener una información complementaria, pero fundamental para reconocer cuestiones sobre el medio ecológico y el desarrollo de la vida humana en este contexto, los sistemas de explotación de los recursos que lleva siempre aparejada la subsistencia humana; la funcionalidad de los útiles y un buen número de posibilidades que daban respuesta a las incógnitas planteadas por el prehistoriador. Habían confluido de forma conjunta, viejas técnicas de análisis ahora remozadas, junto a otras nuevas, que han comenzado a dar una nueva dimensión a la disciplina y, desde luego, a un conocimiento más preciso en el futuro a tantos y tantos interrogantes acumulados en estos cinco siglos de Historia de las islas.

CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS DEL PUEBLO CANARIO: LA CIENCIA POPULAR Y TRADICIONAL

José Manuel González Rodríguez

Profesor Titular de Economía Aplicada
Universidad de La Laguna

1. CIENCIA POPULAR Y CULTURA TRADICIONAL

El saber popular, esto es la ciencia que conoce y practica el pueblo llano, a pesar de comprender uno de los apartados de toda encuesta etnográfica seria, poco o nada ha sido estudiado tanto por parte de los investigadores de Canarias como por el resto del cuerpo antropológico occidental. Aún en la actualidad continúan vigentes las apreciaciones del folklorista español, D. Luis de Hoyos Sainz, quien afirmaba en su reconocido manual sobre el folklore español, editado por primera vez en 1.947, que:

De la interpretación del cosmos en sus diversas manifestaciones del firmamento, como astros y constelaciones con su influencia en el nacimiento y vida de los hombres, así como el sol, la luna, las estrellas errantes, lluvias de estrellas, cometas y el culto a estos fenómenos, poderes a ellos atribuidos y frases precatorias respecto a los mismos, apenas hay datos en España por falta de una recogida sistemática, que tal vez ya no pueda realizarse.

Y este estado de cosas, relativo al conocimiento popular de los fenómenos astronómicos y meteorológicos, afecta de igual modo al saber tradicional sobre geofísica, metrología, cronología y demás ciencias de la naturaleza.

1. Una **posible causa** de este abandono secular se explica por el **carácter meramente descriptivo de gran parte de la investigación folklórica** y etnográfica, que, hasta hace poco tiempo, descuidó el análisis de los fundamentos científicos que subyacen en toda manifestación tradicional (ver los comentarios de A. Galván, 1.987 al respecto); mas, en todo caso, el estudio de las ubicaciones teóricas de la sabiduría popular tropieza siempre con la dificultad de los interlocutores encuestados para explicarse y hallar fundamentos en sus conocimientos y creencias. Así, según recogemos de C. R. Hallpike, 1.986; identificando conocimiento ágrafo y primitivo:

... parece justo afirmar que la habilidad para dar explicaciones verbales explícitas de la conducta cotidiana, de coordinar un conjunto de razones para explicar una secuencia de conducta o una actitud, y para manejar los problemas de lógica y lingüísticos como elementos separados del contexto social y práctico son habilidades cognoscitivas sin desarrollo en los pueblos ágrafos y a las que afecta grandemente la escolaridad.

2. Justamente, la **incapacidad para discernir** sobre las causas remotas que ocasionan los fenómenos naturales, inclina a la mayoría de los investigadores al rechazo de las explicaciones no enteramente racionales que encuentra en las respuestas de interlocutores carentes de educación. En este sentido, el folklorista o etnógrafo no se aparta en demasía de aquellos que han sido instruidos en los principios racionalistas de la educación occidental, y que desechan toda interpretación animista, supersticiosa o subjetiva de la realidad física.

3. Más no siempre ha adoptado el investigador de la Cultura Tradicional un **talante excluyente** en el análisis de la fenomenología del conocimiento del pueblo. Así, partiendo de los primeros tratadistas renacentistas, encontramos eruditos que inciden en la sabiduría intrínseca del conocimiento tácito. Gabriel Alonso de Herrera, Lope de Deza o Alonso de Chaves, entre otros; recomiendan idílicamente la práctica de la Agricultura o de la Navegación, hacen acopio en sus tratados de todo el entramado metodológico greco-latino sobre el conocimiento tradicional de la Naturaleza y proponen un buen número de "recetas" o procedimientos prácticos para recabar información de los astros en las prácticas cotidianas de agricultores y navegantes.

En todo caso ocurre que hasta el advenimiento de las investigaciones folklóricas de finales del siglo XIX, que vieron contaminadas sus observaciones por el mito del "buen salvaje" y el regreso a la Naturaleza, los sabios enciclopedistas y dieciochescos despreciaron y/o infravaloraron la sabiduría popular, tal como se refleja en las siguientes sentencias que formulara en torno al año 1.739 el padre Feijóo:

Opondr seme [...], que la agricultura se aprende con la experiencia e inspección ocular de sus ejercicios, mediante la cual, de padres a hijos se van derivando sucesivamente sus preceptos. Respondo que también se van derivando sucesivamente de padres a hijos los errores. Es así que no hay otra enseñanza de la agricultura que la que señala el argumento; pero eso mismo es lo que yo acuso. Es esa una enseñanza defectuos sima. Los labradores no son gente de reflexión ni observación; de sus mayores van tomando lo malo como lo bueno, y en ello insisten si de afuera no les viene alguna luz.

4. En nuestro siglo, las primeras investigaciones etnográficas que promoviera el Ateneo de Madrid en 1.901 se mantuvieron fuertemente impregnadas por el romanticismo inicial de la Ciencia del Folklore. Así sucedió en Canarias con los trabajos de los eruditos A. Bethencourt Alfonso y Valentín Grau Bassas, recopiladores de las tradiciones insulares en busca de la identidad nacional canaria, que ellos asociaron al legado aborigen. Mas, los trabajos de los llamados difusionistas -(José Pérez Vidal entre los procedentes del Archipiélago)- volvieron a entablar la discusión seria sobre la procedencia y la universalidad de las manifestaciones autóctonas de cada región. Recientemente, los investigadores de la Antropología, de la Etnografía y del Folklore, manifiestan una **evidente dispersión** en lo que respecta a la **intencionalidad de sus estudios**. La descripción de manifestaciones tradicionales a veces no consigue alcanzar el riguroso análisis de las técnicas y procedimientos pues cuenta con la evidente disposición argumental de otorgar a éstos orígenes y procedencias dispares.

Justamente, esta contaminación subjetiva del investigador de la Tradición Oral oculta a menudo el auténtico análisis de los fundamentos rigurosos del saber popular e incide en la carencia de estudios profundos e imparciales de todo el entramado científico subyacente en esa forma de conocimiento.

5. Por último, la comprensión objetiva y científica del conocimiento propio del pueblo queda perturbada por **su propia estructura cognitiva**. El labrador o el pastor de Canarias y de toda la geografía occidental no elabora sus pautas de comprensión de la realidad física de igual modo que opera un investigador instruido en los principios educativos. Como reconoce C. R. Hallpike, 1.986:

El pensamiento primitivo, en sus aspectos colectivos, representa una sistematización complicada del conocimiento con ayuda de procesos cognoscitivos más sencillos de los que suelen utilizar los miembros alfabetizados de nuestra sociedad.

Esto es:

En las sociedades primitivas, por haber menos estímulo al crecimiento cognoscitivo por parte del ambiente social y natural, el crecimiento cognoscitivo cesa antes, según afirmación de la psicología del desarrollo, no desarrollándose en absoluto el pensamiento formal y las operaciones concretas más avanzadas. A falta de una terminología mejor, podemos llamar al crecimiento cognoscitivo del tipo estudiado por Piaget desarrollo "v rtical", y al crecimiento de la experiencia y del juicio desarrollo "horizontal". El primero variará de acuerdo con el medio ambiente; el "horizontal -la acumulación de experiencia y de sabiduría- distinguir  siempre el pensamiento del adulto al del niño, sea en las sociedades primitivas o en las nuestras.

Y en consecuencia:

No se est  sugiriendo que los adultos de las sociedades primitivas sean, en lo intelectual, meros equivalentes de los niños de la nuestra; se dice que en aquéllas se desarrollarán las habilidades cognoscitivas, predominantemente del tipo operatorio, en un grado muy elevado de habilidad, y que estarán complementadas, a todo lo largo de la vida del individuo, por la acumulación de experiencia y de sabiduría.

6. Visto de este modo, no nos debe extrañar que una buena parte de la población instruida entienda "las ideas" populares con buena dosis de incredulidad o desprecio; pues son

En todo caso, si bien son numerosos los factores que inciden en la veracidad y consistencia científica de las prácticas asociadas con el saber popular, no faltan de igual modo **elementos que conducen al rechazo de sus fundamentos racionales**.

1). En primer lugar, las apreciaciones de los sabios populares **no siempre cuentan con el refrendo práctico**. Como bien nos recuerda D. J. Padrón Machín, pág. 195.

No siempre aciertan los perlos, pero la verdad es que se les tienen más en cuenta los aciertos que los fallos.

Y es precisamente esta última circunstancia la que invalida muchas veces las predicciones del pueblo. Éste, al igual que ocurre con la consulta de los horóscopos, presta más atención y concede mayor grado de veracidad a aquellos pronósticos que coinciden con sus propios deseos que a los que contradicen sus esperanzas. Como nos afirmara D^a M^a Nieves Acosta, artesana de Tazacorte, "se dice allí, y hay veces que se acierta".

2). Otras veces, **se confunde** en el conocimiento del medio, **la causa con el efecto**. Así, considerar señal de lluvia que aparezcan lombrices en la tierra, o que las hormigas caminen en línea recta o que las arañas se aposten a cazar no responde al advenimiento inmediato de la borrasca, sino más bien confirma su presencia previa. Justamente el refranero popular también sentencia sobre la necedad de creer a rajatabla en dichos predictivos como los señalados y así nos advierte que "no hay mayor señal de lluvia que cuando llueve".

3). Precisamente, la **ambigüedad socarrona** propia de los dichos, aberruntos y del refranero invalida un buen número de saberes prácticos que se asocian a su consulta cotidiana. Son innumerables los casos en los que un acierto se sigue de otro que afirma lo contrario, proponiendo una interpretación de los fenómenos naturales al gusto de todos. Como muestra reproducimos una relación de señas del tiempo extraído del libro de D. J. Francisco Blanco sobre meteorología popular salmantina:

Hormigas

- Cuando salen y atraviesan un camino, significa que va a llover.
- Cuando salen y hacen un "carril", significa que va a llover
- Cuando se refugian en el hormiguero, significa que va a llover.

Lombrices

- Cuando salen, significa que va a llover.
- Cuando se ve un abultamiento en la tierra por donde ella va, significa que va a llover
- Cuando al salir se hacen una espiral, significa que va a llover.
- Cuando salen y se revuelcan en la tierra, significa que va a llover.
- Salen fuera al venir el buen tiempo.

4). **El conocimiento tácito del pueblo carece casi por completo de originalidad** y no muestra nunca vocación innovadora. Así, no existen refranes, dichos o aberruntos únicos y exclusivos en una región y tampoco se conocen interpretaciones novedosas de hechos generales. Por difícil que nos parezca la repetición de algún modelo de sabiduría que hayamos rescatado como propio y original del informante, siempre es posible aventurar una procedencia lejana en el tiempo o en la geografía. De D. Juan Ramírez, artesano de Santa Lucía de Tirajana, oímos el dicho: "por Santa Lucía los días crecen el tumbo de un piojo", dicho que D. Juan recogió de boca de su abuela y que no hemos encontrado en otros lugares isleños. En un primer momento, le otorgamos certificado de originalidad, más recientemente hemos encontrado un refrán similar en la tradición oral francesa: "a la Sainte-Luce, le jour croît du sant d'ume puce" (J. Dutourd, 1.986) que si bien no reproduce con exactitud lo encontrado en el sur de Gran Canaria, evidencia un origen común.

5). Por último, la causa principal que determina la escasa "respetabilidad" científica de la sabiduría del pueblo reside en su **contaminación** constante por **explicaciones**

supersticiosas, animistas, bruñeriles y mágicas. Como bien reconoce J. C. R. Hallpidke, 1.986, pág. 130.

Los rasgos específicos de la sociedad primitiva que aparecen en especial trascendentes en la inhibición del desarrollo de las operaciones concretas y formales, son los siguientes:

- 1. Existe una asociación rígida de los rasgos del ambiente natural en asociaciones "globales".*
- 2. Existe una asociación entre los ciclos natural y humano y los procesos de la vida en general.*
- 3. Los procesos naturales y sociales se muestran resistentes al análisis casual de tipo mecánico, en especial porque no hay máquinas o recursos mecánicos que permitan aprender ese tipo de análisis.*
- 4. Sólo se experimenta el mundo natural en tanto que afecta al hombre, no a otros objetos; por tanto, sus propiedades quedan subjetivizadas y atadas a los atributos sensoriales.*

Y estas carencias del conocimiento ágrafo ocasionan la aparición de interpretaciones falaces y sobrenaturales de la realidad física. Pensar que el Sol baila en el cielo en la mañana de San Juan, que se introduce en la cabeza y que se puede sacar con la ayuda de un vaso de agua invertido o que las verrugas aparecen por contar estrellas, son todas apreciaciones corrientes y generales que se dan en toda la tradición oral hispánica. Se caracterizan por otorgar a los entes naturales alma y existencia propia o por recurrir a la tradición católica, que contamina todo el acervo cultural del pueblo. Como ejemplo, podemos destacar el mito de las corrientes de lava que se detienen ante la presencia de la Cruz, mito bien extendido en todo el Archipiélago y que sirve para justificar y explicar fenómenos naturales de difícil comprensión para la mentalidad popular, (F. Pérez Saavedra, 1.995).

3. DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS SABERES POPULARES: TÉCNICAS MÁS QUE TEORÍAS

Como ya hemos anotado, el pueblo reconoce y se reconoce en unos sencillos principios de conocimiento cuando debe afrontar las necesidades prácticas en sus labores. Como explica C. Hallpidke, en este modelo de sabiduría no intervienen ni la especulación científica ni la elaboración de teorías que fundamenten el rigor de tales prácticas. Esto es, el campesino no sabe explicitar, ni tampoco tiene interés en averiguar, las causas que ocasionan un determinado fenómeno, el flujo de la savia tras las paradas estival o invernal, por ejemplo. Sólo le importa ejecutar los procedimientos adecuados de tal forma que, en nuestro caso, la poda de árboles y frutales le depare los deseados frutos en la época de cosecha. Sabe por la experiencia y por el acervo tradicional que ha recogido de las enseñanzas de sus mayores que conviene realizar dicha poda "por la Candelaria, en la primera luna tras el 2 de Febrero"; y no se cuestiona la existencia de relación causal entre el estado de la luna y la circulación del líquido vital. En todo caso, cuando se le solicita explicación de esta relación o bien no encuentra respuesta o bien se reafirma en la opinión del entrevistador: "si usted lo dice, así debe ser".

La explicación científica no cabe en las ideas sencillas de los hombres de nuestros campos. Como bien lo reconoce Jean Cuisemier, Conservador Jefe del Museo Nacional de Artes y Tradiciones Populares de París, p. 99.

Mille pratiques se sont instituées et se sont perpétuées, sans qu'il soit possible de décider si elles ont dû leur succès à des efforts empiriquement constatables ou à des croyances indéracinables, parce qu'à jamais incontrôlables.

Y el fundamento causal que permite entender tales prácticas sigue de la siguiente discusión:

Car une seule et même logique préside à la médecine traditionnelle, à la magie et à la divination: la logique de l'interprétation ou, si l'on préfère, l'art de déchiffrer les signes en leur appliquant des codes. Des Chaldéens aux Stoïciens grecs et latins, des médecins de la Renaissance aux mages, aux devins et aux reboteurs d'aujourd'hui, un même mode de raisonner prévaut. Si le foie de l'animal sacrifié a telle figure, alors tel événement surviendra; si les carnads sauvages arrivent tel jour du calendrier, alors tel temps s'ensuivra; si les cartes tirées forment telle configuration, alors tel destin arrivera. Et il advient parfois, en effet, qu'après avoir prédit l'imprévisible, l'imprévisible se produise.

Según todo lo anterior, son escasos los ejemplos de teorías que expliquen la naturaleza. Sólo en contadas ocasiones podemos encontrar alguna interpretación mítica de los fenómenos asociados con el movimiento de la Tierra y de los astros, de la composición y estructura de nuestro Planeta o de las causas y efectos de la transmisión del calor o de la propagación de la luz, entre otros fenómenos. Estas interpretaciones, que los etnólogos vascos y catalanes han recopilado en el Norte de la Península (ver Julio Caro Baroja o Ramón Violant i Simora, 1.986) no han sido contrastadas entre los campesinos y marineros canarios, por cuanto éstos, además de mostrarse recios a exponer sus ideas sobre la realidad física, se encuentran enteramente contaminados por la mitología católica y en poco, o en nada, han atesorado tradiciones paganas ajenas a la doctrina eclesial. La investigación de las creencias, mitologías y supersticiones en Canarias aún sin realizar, exige un esfuerzo y exhaustivo rigor científico, y habrá de comprender también el análisis de las influencias de las antiguas tradiciones aborígenes.

En todo caso, podemos centrar nuestra atención sólo en la descripción de las prácticas y técnicas que, cotidianamente, ejecuta nuestro pueblo. Son estas estrategias productivas o formas de actuación sobre el medio, carentes de cuestionamientos especulativos, pero de fácil aplicación y comprensión. Dichos procedimientos atañen fundamentalmente a las Ciencias Aplicadas del estudio de la Naturaleza: Meteorología, Cronología, Geofísica, Metrología, y otras; y entre ellos sobresalen los relativos a esta ciencia auxiliar de la Historia.

Las pesas y medidas tradicionales, aunque han desaparecido casi por completo en el entorno geográfico isleño, perduran en la memoria de los que, aún no siendo mayores, tampoco somos jóvenes. La práctica de la medida con estos patrones se reconoce aún hoy en día en numerosas facetas de la actividad cotidiana en Canarias, atesora un buen número de principios físico-matemáticos y permite una perfecta adaptación del hombre canario al medio físico que lo circunda, posibilitando la resolución de las necesidades de cálculo inherentes a toda práctica de contabilidad, tabulación, reparto o medición (ver J.M. González., 1.997).

Entre estas prácticas destacan los recursos metrológicos que se utilizan en las faenas agrícolas. Desconociendo el uso del metro cuadrado y sus múltiplos, aún en la actualidad, las tierras de cultivo se valoran en fanegadas, almudes o celemines y cadenas. Éstas tres unidades premétricas no se explican por su materialización física, esto es, por la extensión del área que suponen, sino en relación con las antiguas unidades de capacidad de áridos: la fanega y el almud o celemin. Es conocimiento generalizado entre los campesinos isleños que: "la fanegada de terreno representa la cantidad de suelo de cultivo que se precisa para plantar una fanega de trigo". La fanegada varía en extensión según las distintas comarcas e islas del Archipiélago. Es mayor en Fuerteventura y Lanzarote (alrededor de 13.000 m²) que en Tenerife (en torno a los 5.000 m²); y esta dispersión de magnitudes se explica por las diversas condiciones agroclimáticas de las Islas. En las más orientales, la lluvia es más escasa y se precisa, por tanto, mayor cantidad de terreno para asegurar la correcta germinación de la misma cantidad de cereal. La fanegada se divide en cuatro cuartillas o doce almudes (celemines en Gran Canaria) y esta estructura métrica permite siempre la división exacta por 3, 4, 6 y 12. Queda, por tanto, facilitada la ejecución de repartos proporcionales entre medianeros, dueños y grupos de labriegos.

Anotemos que la práctica de la medición por fanegadas forma parte del acervo común de todos los campesinos canarios. Mas, no ocurre igual con el uso de medidas equivalentes en la siembra de la papa o el cultivo de la viña. Si bien es patrimonio de todos la equivalencia fanega de trigo = fanegada (así lo hemos recogido recientemente en Fuerteventura de boca de D. Miguel Ángel Concepción, último campesino de la isla que sigue utilizando el camello en todas las faenas del campo); no es común el conocimiento de una equivalencia con igual grado de operatividad en los otros trabajos del campo.

Sabemos que los agricultores del sur de Tenerife miden el terreno por almudes, almudes que quedan materializados en grandes cestos de 50 y 60 kilos con los cuales se ayudan en las labores de roturación del terreno y recuperación del jable, arrastrado por la acción de las escorrentías. Encontramos así un procedimiento de valoración contable o metrológico más elaborado que el que hemos descrito; mas, ningún modelo de cálculo más preciso y elaborado que aquél que recogíramos en 1.989 de boca de D. Pedro Díaz Díaz (el "veguero"), agricultor de Las Llamadas en Los Realejos, y reconocido "hombre sabio" entre sus vecinos. Nos informó D. Pedro que:

"Una raposa (cesta de madera de castaño con forma de botella) supone un total de 25 almudes de trigo";

"Una raposa colmada de papas bonitas pesa un quintal y medio, esto es, 69 kgs.";

"Una raposa de papas debe plantarse en el terreno que ocupa un octavo de fanegada"; y

"Un almud de trigo pesa cuatro kilos y medio"(J.M. González., 1.992).

Estas relaciones metrológicas reproducen con exactitud las equivalencias que se dan entre las unidades tradicionales de peso, capacidad y superficie; y suponen un conocimiento o sabiduría más elaborado que refrenda el predicamento del que goza D. Pedro entre sus paisanos. Representa, por tanto, un saber tradicional propio de la segunda línea de transmisión de conocimientos; conocimientos que no se encuentran al alcance de todos los campesinos de las medianías del Valle de La Orotava, donde reside D. Pedro.

En el Valle de Güimar y en la isla de El Hierro, el terreno abancalado y disponible para el cultivo se contabiliza por "cadenas". Es opinión de D. José Padrón Machín que:

Se llaman cadenas porque se hacen para fijar la tierra y "encadenarla" en los canteros y hacer posible su roturación en las tareas de siembra.

El "encadenado" se empieza al pie de la finca cuando forma ladera, con esos trozos de pared, rectos y separados convenientemente. Y así sucesivamente hasta llegar a la cabecera de la finca, si hasta ésta llega su inclinación. Si la tierra, arrastrada por las lluvias corre por la apertura establecida entre dos paredes, queda retenida al llegar a la otra y de esta manera se logra el "encadenamiento" completo en los canteros, llamados así las porciones de tierra contenida entre dos paredes.

Mas, para nosotros, el término cadena se muestra más próximo al oficio de Agrimensura, pues el antiguo uso de las cadenas de medición posibilitó el adecuado cómputo de las tierras que se adquirían por compraventa o herencia (Lecciones de Geometría de la Editorial Bruño, 1.970).

Del uso práctico de la Agrimensura proviene una técnica de medición de distancias inaccesibles que se ha difundido en Canarias gracias a la instrucción impartida en escuelas antiguas y al aprendizaje extraído de manuales como los de Dalmau Carles y Bruño. Conocida con el nombre de "Fragüero", fue recogida a comienzos del siglo por D. Cipriano de Arribas y Sánchez en Vilaflor. Permite medir la altura de árboles o edificios sólo con la ayuda del cuerpo del observador y se explica como sigue:

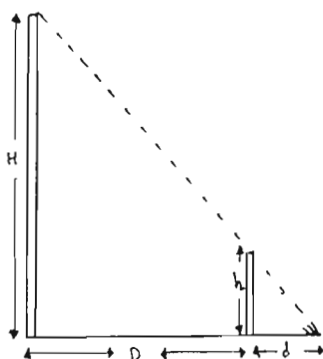
El pino de la madre del agua tiene 66 metros de altura con 7'80 metros de circunferencia.

Como carecia de medios a propósito para medirlos, una persona que me acompañaba sacóme del apuro, diciéndome: - Dé V. la espalda al pino, vaya marchando de frente y mirando por entre las piernas lo más posible, con la cabeza cercana a la tierra hasta que vea la copa del árbol; verificando así, mida la distancia que exista desde donde V. está hasta el tronco del árbol y ésta será la medida absoluta de su altura.

El método de fragüero aparece anotado en numerosos tratados de Geometría, junto con otros procedimientos de medición (ver José Estévez Méndez, 1.959), se reconoce como uno de los procedimientos más antiguos pues ya fue recogido por Oroncio Fineo en 1.553 en la traducción del texto de Jerónimo Girava (M^a Isabel Vicente, 1.993) y su fundamento científico se basa en la aplicación correcta del Teorema de Tales. Sólo ha perdurado en la memoria de esos hombres sabios, destacados entre sus pares por su sabiduría, aunque su práctica y uso no exigen ni determinan conocimiento matemático avanzado.

Para explicar sus fundamentos recurrimos al texto de Jerónimo Girava:

"Hínquese el palo al nivel en el llano terrestre: el qual hace rectos ángulos de todas partes con la altura dada. Metiendo después el ojo en tierra, acercándose y apartándose del mismo palo hasta tanto que por la cima del palo parezca justamente lo más alto de la altura dada y midiendo la distancia entre el pie del palo y el ojo: con la misma medida en que fue dicho palo partido, se alcanzará la altura".



Gráficamente, encontramos que el ojo del observador, situado en tierra, divide el extremo más alto de la torre o árbol, de altura "H" alineado con el de la vara, de altura "h".

Por el Teorema de Tales se da la siguiente relación:

$$\frac{H}{h} = \frac{D}{d}$$

razón de distancias desde la vara al objeto y desde ésta al ojo del observador. Por tanto, la altura buscada, "D", equivale a:

$$H = \frac{D}{d} \times h$$

En el método del fragüero, "h" y "d" se corresponden con dos de los lados del triángulo que forma el observador inclinado. Se suponen iguales en la máxima inclinación y, por consiguiente, "D" y "H" habrán de ser igualmente equivalentes.

La ejecución de las tareas agrícolas: siembra, abono y recolección nos propone un nuevo modelo de uso metrológico popular. Tanto para la siembra como en la recolección, el campesino se vale de diferentes recipientes que le permite contabilizar con precisión el fruto de su cosecha o la cantidad de semilla que debe sembrar en cada huerta o cantero. Estos cestos y sacos son propios y característicos de cada isla y comarca. Mas, tanto el serón, la barqueta y la "reposa" en El Hierro, como los cestos abarcados y los "barriles de a cinco y de a siete" en el norte de Tenerife, o la raposa, canasto y cesto de mano en el Valle de La Orotava, desempeñan la misma función, actuando como unidades elementales de medida y facilitando, por tanto, las contabilidades y recuentos.

Con la raposa de un quintal y medio (69 kilogramos) y sus divisores: la canasta o cuarto de raposa y el cesto de mano, la sexta parte, el agricultor de las medianías del Valle de La Orotava reparte la semilla en la siembra y sabe calcular con precisión la cantidad de

tubérculo que debe plantar en cada huerta y “fajana”. A cada pedazo de terreno cultivable le corresponde entonces una cantidad precisa de “papas de semilla” que el labrador evalúa con los recipientes de cestería apropiados.

En la recolección, los hombres se disponen en diagonal en el terreno, en surcos contiguos y, avanzando pausadamente de derecha a izquierda, recorren cada uno su surco “sachando” de abajo a arriba la totalidad de la huerta. Mientras, las mujeres y chiquillos recogen los tubérculos, las “papas bonitas”, clasificándolos en menudas, grandes y semilla. Las vacían en primer término en pequeños cestos de mano o canastas de dimensión mayor y, cuando éstos queden “encolmados”, las introducen en la raposa. Cuando la raposa queda a su vez “encolmada”, se vacía su contenido en un saco de “tres listas” y entonces, tanto el dueño como el medianero, saben que han recolectado exactamente 69 kilogramos o un quintal y medio. Con dos raposas de papas grandes se carga una bestia, colocando cada uno de los sacos a cada lado del animal. El procedimiento de reparto suele valorarse por “cargas de bestia”: “una para el amo y otra para el medianero” y estas cargas se contabilizan en improvisados libros de cuentas que bien pueden ser pequeños tallos de codeso o de brezo, donde se anota la producción de cada huerta con pequeñas marcas o muescas. Puede darse el caso de que en el reparto final la papa cosechada no dé para una raposa entera. Entonces se distribuirá el tubérculo con ayuda de las canastas y de los cestos; partiendo el resto de la cosecha en dos canastas, si caben, o en cestos de mano cuando son pocas las papas bonitas que faltan por repartir.

La operatividad de la raposa se fundamenta en el hecho de que los 70 kilogramos que supone se pueden distribuir en la forma:

$$\begin{aligned} 70 &= 69 + 1 = \\ &= 3 \times 23 + 1 = \\ &= 3 \times 2 \times 11'5 + 1 \text{ ó} \\ 70 &= 4 \times 17'5 \end{aligned}$$

de tal manera que una raposa reporta:

3 medidas de medio quintal, más lo que pesa el saco

4 canastas grandes cada una de 17'5 kilogramos de papas; ó

6 arrobas, más el peso del saco de tres listas; certificado preciso de la exactitud de la

medida.

Estas equivalencias son conocidas por todos los agricultores, no precisan esfuerzos operatorios y certifican con toda precisión la exactitud de los repartos y de las cuentas.

Cabe destacar que, al igual que sucede en otras actividades productivas: faenas de pesca, vendimia, siega de los cereales, ... la contabilización del resultado de la cosecha no exige el uso de romanas o básculas que certifiquen la exactitud de los cálculos. Éstas han aparecido tardíamente en la geografía económica isleña y, hasta épocas recientes, las raposas de papas, las “barcas” y cajas para el pescado o las ceretas para los tomates representaron las unidades de medida aceptadas como patrones fiables en las transacciones y trueques.

Estos recipientes de cestería son elaborados aún en la actualidad por afamados cesteros del Noroeste de Tenerife: hermanos González González en Barroso, La Orotava; D. Domingo Grillo y D. Marcelino Reyes, en San Juan de la Rambla y D. Norberto Perdigón en La Florida, La Orotava; entre otros. Sus conocimientos son elementales, de tal modo que consiguen la exactitud de los aforos contando sólo con su pericia y los conocimientos de sus antepasados, también cesteros como ellos. No conocen ninguna aproximación del número “pi”, necesario para valorar las dimensiones de las bases y bocas circulares y sólo se valen de las dimensiones de sus extremidades para determinar con precisión la capacidad exacta que desean alcanzar. Proceden de igual forma que sus compañeros de la isla de Gran Canaria quienes:

Emplean una varita al modo de escala de proporción fija y única cuando quieren repetir una misma forma varias veces.

Los artesanos de la caña utilizan la cuarta, que equivale a un palmo. Esta escala, que también es de proporción fija y única, suele acompañarse de otras, como, por ejemplo, el jeme, que es una extremidad del dedo índice y la del dedo corazón. (Esta medida, en otros lugares, se entiende a la distancia que hay desde la extremidad del dedo pulgar a la del índice). Conocen también la vara para reproducir tamaños que se repiten sucesivas veces.

E igual ocurre entre los artesanos del pirgano. Éstos, además, reconocen que el fondo de una cesta pedrera debe medir una cuarta (un palmo), y la cesta grande una cuarta y tres dedos. El alto de la cesta pedrera se corresponde con una cuarta más un jeme, y las cestas grandes, dos cuartas. (C. Rodríguez, J. R. Santana, 1989, p. 52)

Solamente D. Marcelino Reyes enfrenta la elaboración de algunas piezas ayudándose del principio elemental que relaciona aforo o capacidad con su medida ponderal precisa. Esto es, cuando construye una canasta, parte de la equivalencia ponderal de dicho cesto, valorable en 17'5 kilogramos, y procede a elaborar la pieza de acuerdo a esa equivalencia. No es este procedimiento generalizado, por cuanto implica un reconocimiento implícito de la relación sistémica que subyace en la estructura de todo modelo metrológico avanzado, y, si bien en el S.M.D., el metro explica y determina la capacidad del litro y el peso del kilogramo, en los antiguos sistemas metrológicos no ocurría lo mismo. Podemos afirmar que dicho principio sólo se desarrolló tras la invención del S.M.D. (ver J.M. González, Puerto de la Cruz, 1.993).

Aparece así una forma de conocimiento o sabiduría metrológica popular no asequible para la mayor parte de aquellos que manipulan cestos, raposas y canastas. También en el cultivo de la vid encontramos aún más evidente esta bifurcación de saberes ligados con la ciencia tradicional. Al igual que ocurre con la papa bonita, el fruto de las viñas se recoge en grandes cestos ligeramente oblongos: más largos que anchos, "cestos abarcados" o en forma de "barqueta". Estos cestos pueden contener una cantidad variable de racimos, pesando entre 60 y 65 kilogramos. Se cargan en bestias, disponiendo un cesto a cada lado del animal. Y las cargas se contabilizan cuando abandona la bestia el terreno, anotando su número en varas con ayuda de trazos o muescas. Conocido el número total de cargas de cestos, el agricultor reconoce la cantidad de mosto que recogerá en el lagar, pues cada cesto da un barril de 40 litros de mosto; esto es, un "barril de cuentas". La exactitud de la equivalencia depende del estado de los racimos, de la calidad de la uva y, en definitiva, de las condiciones climáticas en las que se ha desarrollado su maduración, mas no ocasiona en ningún caso disputa entre cosechero y bodeguero.

Para trasegar el mosto desde el lagar a la bodega se ha venido utilizando el "camino, juego o carga de barriles". Este procedimiento se encuentra ya en desuso y sólo hemos identificado su práctica en los lugares más apartados del Norte de Tenerife .

Una "carga", "camino" o "juego" de barriles comprende en el Noroeste de Tenerife un conjunto de cuatro barriles: dos de a siete, y dos de a cinco, acarreo habitual de una mula cargada de mosto. No hemos podido valorar con exactitud, la capacidad precisa que supone uno de tales juegos por cuanto los barriles de a cinco y de a siete no son barriles de cuenta, y se confeccionan sin demasiadas concesiones a la precisión. Sus capacidades varían entonces notablemente, estableciéndose la primera entre los bien apartados valores de 105 litros en la capacidad mínima y 120 litros en lo que respecta a la máxima. En todo caso, una tal medida la podemos anotar entre los patrones de las estructuras metrológicas catalana y levantina; e incluso argentina. Así, en tales sistemas se aprecia la presencia de una cantidad denominada pipa, cuya capacidad supone 485'6 litros en Barcelona y algo menos en Valencia. En Cataluña una pipa se divide en cuatro unidades de una medida inferior, denominada carga, patrón, que a su vez comprende cuatro barriles. (J. M. González, 1992, pp. 178-179)

Sabemos por D. Juan González García, tonelero de Los Realejos, que los barriles de a cinco miden 22 pulgadas de longitud, mientras que los de a siete alcanzan las 27 pulgadas. Estas dimensiones suponen una capacidad total del camino en torno a los 110 litros. De acuerdo con el convenio tácito por el cual el bodeguero se queda con el 10% del mosto, por “la merma” de éste; el comerciante sólo paga al cosechero 100 litros por cada carga, esto es 2 barriles y medio de los “de cuenta”. Estos convenios varios, que establecen equivalencias entre unidades de capacidad y de peso, son patrimonio común de la totalidad de las personas que participan en la vendimia y el comercio del vino. No ocurre lo mismo con la técnica que usualmente se practica para valorar la capacidad de los barriles.

El procedimiento adoptado, recogido también en las encuestas que hemos realizado a D. Juan González se conoce como “Aforo Diagonal”. Entre los procedimientos prácticos para aforar toneles y barriles, este es el que presenta menor dificultad en su implementación práctica, pero atesora el mayor contenido matemático (ver J.M. González, 1.993). Es técnica antigua que interesó notablemente a los matemáticos medievales y renacentistas, quienes supieron valorar la pericia de los “gauger”, esto es, los cubicadores.

El procedimiento de Aforo Diagonal consiste en medir la distancia L que se extiende entre la boca del barril horadada en su vientre hasta el extremo más alejado de uno de los fondos; se eleva el valor calculado al cubo y se multiplica el resultado por el factor corrector 0'625, obteniéndose de esta forma el volumen:

$$V_s = 0'625 \times L^3$$

Esta fórmula, recogida por numerosos textos de geometría elemental (Dalmau Carles, J. Estévez, Morroyo y Gago, Bruño, etc.) es la que se utilizaba en Canarias, en ejercicio de maestros de tonelería y viticultores expertos.

La explicación de la exactitud de este método nos la propone P. Gianni en su obra “Práctica de Geometría y Trigonometría”, de 1.784. Identifica el autor el prototipo de tonel con un esferoide, del cual se conoce su volumen (“solides” según la terminología dieciochesca) igual a 2/3 del área de la máxima latitud circular por la longitud total de la figura; esto es:

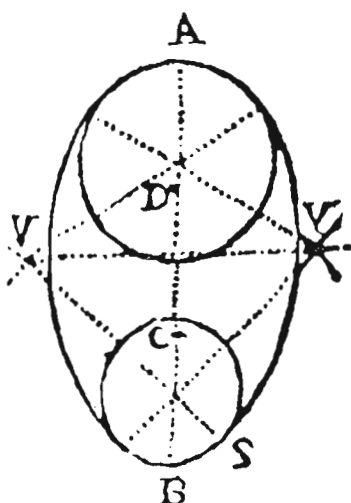
$$V = \frac{2}{3} \pi \left[\frac{VV'}{2} \right] AB$$

Considerando que VV' representa el diámetro de la barriga del tonel y que la distancia VV' se iguala con la longitud L utilizada en el aforo diagonal (VV' = V'D = L), la fórmula anterior queda en la forma:

$$V = \frac{2}{3} \pi \frac{L^2}{4} \overline{AB} \quad (I)$$

Además, como quiera que AB representa la mitad del diámetro de una circunferencia de centro en el punto (0,R) y de radio R que a su vez es tangente a otra circunferencia de centro en (L/2, 0) y radio L, la relación que se da entre las magnitudes R y L aparece al intersectar ambas circunferencias:

$$\begin{cases} x^2 + (y - R)^2 = R^2 \\ \left[x - \frac{L}{2} \right]^2 + y^2 = L^2 \end{cases}$$



e imponer que sólo exista un punto común entre ambas.
Operando de modo elemental encontramos que:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 2yR \\ x^2 + y^2 - Lx = \frac{3}{4} L^2 \end{cases}$$

$$Lx = 2yR - \frac{3}{4} L^2 \quad \text{restando}$$

$$x = 2y \frac{R}{L} - \frac{3}{4} L$$

Y sustituyendo en (1)

$$y^2 + 4y^2 \frac{R^2}{L^2} - 3yR + \frac{9}{16} L^2 = 2yR$$

$$y^2 \left[1 + 4 \frac{R^2}{L^2} \right] - 5yR + \frac{9}{16} L^2 = 0$$

las soluciones en y serán:

$$y = \frac{5R \pm \sqrt{25R^2 - \frac{9}{4} L^2 - 9R^2}}{2 \left[1 + 4 \frac{R^2}{L^2} \right]}$$

Cómo sólo puede darse una raíz doble:

$$16R^2 = \frac{3^2}{4} L^2 \quad \text{o} \quad R^2 = \frac{3}{8} L$$

Con lo cual el volumen buscado equivale a:

$$V = \frac{\pi}{4} L^3 = 0,785 L^3$$

que coincidirá con el volumen total del esferoide.

Para evaluar el volumen de barril, partimos de la expresión (1) y anotamos que la altura no es ahora AB sino $2y_0$, siendo y_0 la ordenada del punto de tangencia entre las esferas, esto es:

$$y_0 = \frac{5R}{2 \left[1 + 4 \frac{9}{64} \right]} = \frac{5 \times 64R}{2 \times 100} = \frac{8R}{5} = \frac{64}{40} R$$

Entonces:

$$V = \frac{2}{3} \pi \frac{L^2}{4} (2y_0) = \frac{2}{3} \pi \frac{L^2}{4} \left[\frac{16R}{5} \right] = \frac{2}{3} \pi \frac{L^2}{5} L = \pi \frac{1}{5} L^3$$

expresión que equivale a 0,625 L3 de forma muy aproximada.

Encontramos entonces una justificación rigurosa de conocido Aforo Diagonal, que, por su complejidad intrínseca, se escapa de la comprensión general de bodegueros y viticultores y sólo es patrimonio de los más avezados artesanos de la madera, toneleros y cubicadores.

Finalizamos la descripción de algunas de las técnicas metrológicas conocidas por nuestros campesinos y artesanos detallando aquellas que se asocian con la distribución de los regadíos y la valoración de los caudales de nacientes y atarjeas.

El método tradicional en el reparto de las gruesas se conoce con el nombre de Dula. En la actualidad gobierna la distribución de éstas en La Gomera, Sur de Gran Canaria, Norte de Tenerife y otras muchas comarcas insulares con ligeras variantes, pero con un principio conceptual análogo. Según Glick, 1.988:

La palabra dual, derivada del vocablo árabe "daula", significa rotación o turno de riego y por extensión, medida de agua. En las Islas Canarias adulamiento es el proceso por el cual la gruesa de cada canal se divide entres partes proporcionales a las que se asigna un valor determinado expresado en ciertas unidades de medida o tiempo.

Para controlar el caudal controlado se usaban las cantoneras, que eran...

Cajas semielípticas de mampostería que dividían el agua en porciones iguales. Cada boca representaba una azada, aunque podían ser de media o doble capacidad; pero la idea general era que todas las bocas desaguaran el mismo caudal para facilitar la vigilancia.

Este utensilio que servía como aparato de medida del caudal fue largamente utilizado durante los siglos posteriores, y aún en la actualidad encontramos un artilugio similar en el Heredamiento de Arucas y Firgas (Quirantes, pag. 93). Cuando la cantonera se encuentra encerrada en una casilla se denomina **caja de agua** (Leopoldo de la Rosa, 1, pag. 36) y bajo esta forma fue muy utilizada tanto en Canarias como en algunas localidades americanas (Francisco Domínguez Compañ, pags. 116 y 154).

Asociadas con el uso de la cantonera y con el modelo de reparto de las gruesas por la dula se popularizó un complejo sistema de medidas del caudal. Este sistema se ha mantenido casi sin variaciones hasta la actualidad y es reconocible en los Heredamientos de Gran Canaria. Así, en el Noroeste de esta isla:

Una azada de agua equivale a un caudal de 8 litros por segundo. Cada azada se subdivide en cuartas. Cada cuarta se corresponde con tres horas, entendiendo la hora como el gasto que supone un caudal de 8 litros por segundo que fluye durante una hora. Por último, la hora se divide en 60 minutos de gasto continuo.

Esta disposición de medidas espaciales y temporales precisa instrumentos y técnicas que contabilicen con precisión la regularidad de los cómputos. Las unidades temporales se vienen valorando con la ayuda de relojes, mientras que las espaciales precisan la construcción de "pesadores de agua", "arquillas de riego" o, más recientemente, caudalógrafos. Estas obras

de albañilería salpican la geografía isleña y permiten la valoración del caudal que discurre por las atarjeas no sólo en las plantaciones de platanera, sino en las explotaciones de tomates o viñas.

La construcción de los pesadores se recomienda a maestros albañiles diestros. Estos han de valorar las dimensiones de cada tanquilla de acuerdo con el caudal que deberá “amansar”, estando el fundamento físico de la medición de los caudales en tales arquillas en el teorema de Torricelli. Por eso se “amansa” o aquieta el agua, de tal modo que se mantenga una situación en la que la velocidad de salida del líquido sólo dependa de la altura alcanzada en la tanquilla; y no de imponderables externos como pueden ser la fuerza de presión con la que ésta es bombeada; o bien de la velocidad alcanzada por la corriente al precipitarse el líquido desde zonas altas a otras de altitud inferior.

El pesador consta de dos o más estanques de pequeñas dimensiones intercomunicadas entre sí por orificios horadados en la parte inferior de las paredes colindantes. En el primero de los estanques se recoge el agua que suele llegar con gran velocidad. Al pasar a la segunda de las tanquillas atravesando la abertura que existe en la pared que la separa de la primera, el agua pierde velocidad y se remansa. Este proceso se repite cuantas veces sea preciso, con el uso de tantas tanquillas como se necesitare, hasta conseguir que el líquido se eleve en la última de las tanquillas debido sólo a la fuerza de la gravedad. En esta tanquilla el agua fluye lentamente por una escotadura o reborde perforada en el borde superior de la pared no interconectada con las otras tanquetas. Quedan entonces reproducidas las hipótesis subyacentes en el teorema de Torricelli; y el caudal se podrá evaluar tan sólo con la medición de la altura que se alcanza en la boca.

La medición se realiza con unas láminas de metal a modo de regletas graduadas en las que se mide el caudal en pipas por hora. Estas regletas distribuidas en Tenerife por Talleres Quintana, admiten intervalos de variación distintos y han de adaptarse a las dimensiones del pesador y al número de tanquillas que lo compone.

Como vemos, un procedimiento práctico de uso generalizado entre nuestros campesinos esconde una explicación científica nada trivial; mas, en todo caso, el maestro albañil que se muestra capaz de diseñar la estructura del pesador “sabe entender” el fundamento teórico, aunque no se muestre capaz de explicar su funcionamiento. El agricultor o aparcero, que sólo reconoce la variación de la superficie del líquido, medido en la varilla metálica tras su conversión en pipas por hora; y, desconociendo la física subyacente, sólo puede reconocer con precisión la justa distribución del caudal que ha contratado o heredado.

Valgan pues, estos ejemplos de aplicaciones prácticas de conocimientos y saberes que, sin ser simples, han otorgado carácter de sabiduría a las prácticas de nuestros agricultores y campesinos.

BIBLIOGRAFIA

- Alonso de Espinosa, Historia de Nuestra Señora de Candelaria, Goya ediciones, S/C de Tenerife, 1980.
- Anglés I Farreons, J. M., Influencia de la luna en la Agricultura, Agroguías mundi-prensa, Madrid, 1993
- de Arribas Sánchez, C., A través de las Islas Canarias, Museo Arqueológico, Cabildo de Tenerife, S/C de Tenerife, 1993
- Bandini, J. B., Lecciones de Agricultura, La Laguna, 1816
- Blanco, J. F., El Tiempo Meteorología y Cronología populares, Ediciones de la Diputación de Salamanca, Salamanca, 1987
- Bordazar de Artazu, A., Proporción de monedas, pesas y medidas, con principios prácticos de Arithmetica y Geometria para su uso, Valencia, 1736.
- Bruño, Lecciones Elementales de Geometria de Segundo grado, De Bruño, Madrid, 1970.
- Casas Gaspar, E., Ritos Agrarios. Folklore Campesino español, Madrid, 1950.
- Caro Baroja, J.; "Los Pueblos de España", Ed Istmo, Madrid, 1981
- Cea, A., López, E., José Pérez Vidal : entrevistas sobre su vida, Excmo. Cabildo Insular de La Palma, Madrid, 1987.
- Concepción, J. L., Costumbres y Tradiciones Canarias, ACIC, La Laguna, 1996.
- Cuisenier, J., Musée National des Arts et Traditions Populaires, Ministère de la Culture, Paris, 1987.
- Dalmáu Carles, J., Lecciones de Aritmética, Grado Superior, Dalmáu carles Pla S. A., Gerona, 1983.
- De Chaves, A., Espejo de Navegantes, Museo Naval, Madrid, 1983.
- De Hoyos Sainz, N., Manual de Folklore . La vida popular tradicional en España, Ediciones Istmo, Madrid, 1985.
- Dominguez Compañy, F., Ordenanzas Municipales Hispanoamericanas, Instituto de estudios de Administración Local, Madrid-Caracas, 1982.
- Dutourd, J., Le dictionnaire des proverbes et dictons de France, Hachete, Paris, 1986.
- Estévez Méndez, J., Problemas de Matemáticas, S/C de Tenerife, 1959
- Galván Tudela, A., Islas Canarias Una aproximación antropológica, Cuadernos de Antropología, Nº 7, enero de 1987.
- Giannini, P., Prácticas de Geometria y Trigonometria, Segovia, 1784.
- Glick, Th. F., The old world background of the irrigation system of San Antonio de Texas, Periódico El Dia, Suplemento Dominical, 20 de Abril de 1988
- González Rodríguez, J. M., Medidas y Contabilidades Populares las cuentas de las pescadoras y venteras del Valle de La Orotava, Centro de la Cultura Popular Canaria, La Laguna, 1992.
- González Rodríguez, J. M., Historia de la Formalización de un Sistema unico de medidas, Actas del Simposio Agustín de Bethancourt, Puerto de la Cruz, 1991.
- González Rodríguez, J. M., La sabiduría Popular : Técnicas y Conocimientos científicos tradicionales en Canarias, Centro de la Cultura Popular, La Laguna, 1993
- González Rodríguez, J. M., El Calendario y la fecha de la Pascua de Resurrección, Suplemento Dominical La Prensa, 16 y 13 de Abril de 1995
- González Rodríguez, J. M., Pesos y Medidas tradicionales en el campo Canario Situación en la actualidad, pendiente de publicación en Canarias Agraria y Pesquera, nº38, págs.29-31; 1997
- Hallpike, C. R., Fundamentos del Pensamiento Primitivo, Fondo de Cultura Económica, México D F, 1986.
- Lorenzo Perera, M., ¿Qué fue de los alzados guanches ?, Secretariado de publicaciones de la Universidad de La Laguna, 1983.
- Mingote Calderón, J. L., No todo es trabajo, Centro de la Cultura de la Diputación de Salamanca, Salamanca, 1995.
- Morroyo y Gago, B., Tratado elemental de Geometria, Imprenta y Librería Moderna, Logroño, 1916.
- Navarro Artiles, F. y Navarro Ramos, A., Aberruntos y Cabañuelas en Fuerteventura, Cabildo de Gran Canaria, 1982
- Padrón Machin, J., El Hierro : séptima Isla, Centro de la Cultura Popular Canaria, S/C de Tenerife, 1989.
- Pérez Jiménez, A., Astronomía y Astrología De los orígenes al Renacimiento, Ediciones Clásicas, Madrid, 1992.
- Pérez Saavedra, F., Lanzarote, su historia, su paisaje, sus gentes, Centro de la Cultura popular Canaria, La Laguna, 1995.
- Quirantes, F., El regadio en Canarias, Ed. Interinsular Canaria S. A., S/C de Tenerife, 1981
- Rodríguez Pérez-Galdós, C. y Santana Godoy, J. R., La cestería tradicional en la Isla de Gran Canaria, Cabildo Insular de Gran Canaria, 1989
- de la Rosa, L., "Antecedentes históricos de los Heredamientos y Comunidades de Agua en Canarias"; Cabildo de Tenerife, 1969
- Smith, D. E., History of Mathematics, Dover, New York, 1958
- Vicente, M. I., Instrumentos Matemáticos del siglo XVI, Investigación y Ciencia, Diciembre de 1993, pp. 6-13.
- Violant y Simorra, R., El Pinneo Español, Editorial Alta Fulla, Barcelona, 1985

DE LA MORFOLOGÍA A LA PALEOBIOLOGÍA: UN SIGLO DE ANTROPOLOGÍA FÍSICA EN CANARIAS.

Conrado Rodríguez Martín

Director del Instituto Canario de Paleopatología y Bioantropología
Organismo Autónomo de Museos y Centros-Cabildo de Tenerife

SIGNIFICADO DE LA ANTROPOLOGÍA FÍSICA EN CANARIAS

"Para los canarios, los guanches fueron y son al mismo tiempo, los otros y nosotros. Los guanches nos han unido y nos han dividido. Pero, en cualquier caso, han estado siempre presentes y forman parte de nuestro sentido común histórico. Vivos o muertos, degradados o enaltecidos, renegados o reivindicados, cristalizan las tensiones históricas de este pueblo" (F. Estévez González, 1987).

Con esta frase comienza Estévez González su *"Indigenismo, Raza y Evolución"* (1987). Y comienza así porque hablar de antropología física en nuestro archipiélago es referirse casi exclusivamente a los aborígenes. A lo largo de la historia de la disciplina los diferentes antropólogos, tanto insulares como foráneos, han estudiado los miles de restos humanos pertenecientes a la época anterior a la conquista europea, al mundo prehispánico, y cuando han hecho investigaciones bioantropológicas en el vivo ha sido para buscar estigmas de los aborígenes.

LAS HISTORIAS DE LA ANTROPOLOGÍA FÍSICA EN CANARIAS

Son muy pocas las revisiones históricas que se han hecho sobre la misma y esto, como indica Estévez González (1987), no sólo afecta a esa disciplina sino también a las afines. En la mayoría de los casos se trata de breves comentarios en el contexto más amplio de temas relacionados con la prehistoria insular. Sin embargo, existen excepciones como ahora veremos.

Juan Bosch Millares (1961-62) fue el primero en hacer una breve historia en la primera parte de su obra *"La Medicina Canaria en la Época Prehispánica"*. En ella se observa un exceso de datos que no conducen a una mejor comprensión de la problemática y se aprecia una falta de ordenamiento temático y cronológico, con una fijación excesiva en la sistematización tipológica, prescindiendo de cualquier otra orientación que se hubiera producido. A pesar de ello, no cabe duda de que a Bosch no se le pueden restar méritos siendo el primero que intentó un trabajo de esta naturaleza.

Luis Diego Cuscoy en sus *"Notas para una Historia de la Antropología Canaria"* (1975) se ocuparía del problema algo más tarde. Al igual que Bosch, pero más ordenadamente, el fundador del Museo Arqueológico de Tenerife cita las aportaciones que los antropólogos físicos han realizado en el último siglo en las islas. Para él, sólomente son decisivas las investigaciones de Fusté Ara y Schwidetzky en los años cincuenta y sesenta, siendo los auténticos pioneros del paso de la antropología física a la biodinámica que basa en los siguientes planteamientos:

1. Simplificación de los sistemas de tipos: cromañoides y mediterraneos.
2. Resolución de los problemas del origen mediante la comparación con la población prehistórica norteafricana.
3. Sistematización de una distribución antropogeográfica.
4. Empleo de la estadística y determinación de caracteres raciales por serología, color de ojos y cabello, huellas dactilares, etc.
5. Pervivencias antropológicas por medio de la comparación de la población actual y prehispánica.
6. Socioantropología y dinámica de la población.
7. Atención a la paleopatología.
8. Estudio de las momias.

El paso de la antropología física a la biodinámica que Diego Cuscoy quiere transmitir no existe en realidad porque sus postulados continúan siendo raciológicos con las nuevas ideas sociobiológicas introducidas por Schwidetzky y la aplicación de la nueva tecnología disponible en aquel momento. Pero, nada más. En realidad no parece importar en demasía el objeto de esos estudios: el guanche y de que vivió, como vivió, como explotó el territorio, como se extendió por el mismo, cuál fue el proceso de adaptación, etc.

No podemos despreciar estas *"Notas"* porque desde un punto de vista historiográfico son válidas para una mejor comprensión de lo que ha sido, aunque no de lo que ha de ser, la antropología física en este archipiélago.

En la década de los ochenta aparecería un nuevo trabajo específico, el ya citado *"Indigenismo, Raza y Evolución. El Pensamiento Antropológico Canario (1750-1900)"* de Fernando Estévez González. Aquí el autor se centra más en los hechos y en el porqué y porqué no de los mismos, apartándose completamente de la línea historiográfica positivista mantenida hasta entonces.

El resto de las citas históricas son fragmentos que se incluyen en obras de carácter no historiográfico. De estos últimos caben destacar las referencias hechas al tema por González Antón y Tejera Gaspar (1981) y Tejera Gaspar y González Antón (1987), quienes destacan la necesidad de plantear la revisión de la metodología empleada hasta aquellos momentos y, sobre todo, la interpretación de los hallazgos.

ANTECEDENTES ANTROPOLÓGICOS EN LOS CRONISTAS E HISTORIADORES (SIGLOS XV-XVII)

Para los autores de esta época los aborígenes no representan el objeto de un conocimiento específico sino que son importantes porque obligan a la práctica de una colonización (Estévez González, 1987), y por ello tratan de modo muy superficial la descripción física de los mismos. Donde se describe quizás con más detalle al aborigen canario es en la crónica normanda *"Le Canarien"* (siglo XV) de Bontier y Le Verrier; en *"Descripción de las Islas Canarias"* (1591) de Torriani; en *"Historia de Nuestra Señora de Candelaria"* (1594) de Espinosa; y en *"Historia de las Siete Islas de Canaria"* (1602) de Abreu Galindo. Sin embargo, cosa muy distinta es el tema de los orígenes. Este sí que constituyó un tema de debate durante esos siglos, y los posteriores.

LA ILUSTRACIÓN CANARIA

En el siglo XVIII, Don José de Viera y Clavijo, el mejor exponente de la Ilustración Canaria, va a proporcionar una nueva visión del aborigen. Como afirma Estévez González (1987), el guanche de Viera no es otro que el buen salvaje de sus maestros franceses que despojado de su libertad, de su estirpe y de su patria por los invasores se ve definitiva e irremediamente avocado a un cruel y trágico destino. Es la visión indigenista del guanche.



Sabino Berthelot, cónsul de Francia en S/C de Tenerife en el siglo pasado, fue el primero en esbozar un sistema de tipos de la población canaria prehispánica, asegurando que los caracteres de los guanches estaban presentes en la mayor parte de la población campesina de su época. Con todo ello introdujo un elemento nuevo que marcará la antropología física canaria: la raciología.

En la obra de Viera y Clavijo (1776) no se aprecia en cuanto a la descripción del habitante prehispánico ninguna diferencia con la que ya habían hecho sus predecesores. Para Viera se trataba de una gente de fisonomía recomendable, de alta estatura y de complexión recia, siendo sus mujeres muy hermosas y de finos cabellos, y, dato muy importante y de clara matización racista típica de la época: sobre todo "no eran negros ni indios" sino blancos. Pero, coincidiendo con Estévez González, debemos decir que, a diferencia de los anteriores, Viera no se refiere al Guanche como a un bárbaro cualquiera sino que lo dignifica y le da continuidad en la etapa prehispánica y colonial.

LA ANTROPOLOGÍA FÍSICA CANARIA DEL ROMANTICISMO O LOS INICIOS DE LA RACIOLOGÍA

Este período (1800-1846) y parte del siguiente vendría marcado por Sabino Berthelot, cónsul de Francia en Santa Cruz de Tenerife, que dedicaría gran parte de su vida al estudio del pasado insular.

En 1842, Berthelot sería el pionero en esbozar el primer sistema tipológico de la población prehispánica canaria y sería también el primero en observar la persistencia de los rasgos físicos de los aborígenes en la población viva de las islas, especialmente en las zonas de aislamiento biocultural (1879). También a Berthelot le debe la antropología física canaria el haber hecho

extensiva a toda la población prehispánica de las islas la denominación “guanche” que, como sabemos, era el habitante de Tenerife. Berthelot introducirá un nuevo elemento que marcará durante más de un siglo toda la base teórica de la investigación físico antropológica del archipiélago canario: la RACIOLOGÍA. Sostiene que los caracteres primordiales se conservan a través del tiempo, y compara los caracteres encontrados en las osamentas prehispánicas con aquellos que observa en la población campesina de las islas llegando a una conclusión: la “raza” guanche no ha muerto sino que pervive cuatrocientos años después de la conquista. Pero no se conforma solamente con un estudio tipológico de la población, va más allá realizando un perfil psicológico y moral del habitante preeuropeo que traslada hasta los campesinos de su época y afirma que unos valores tales de nobleza, modestia y valentía tienen que provenir de una raza pura, como la guanche.

Sin embargo, al realizar el primer estudio comparativo de los cráneos prehispánicos de Tenerife con los de otras regiones llega a la conclusión de que la raciología no puede resolver algunos problemas esenciales, siendo solamente útil para determinar los caracteres típicos primordiales. En esto Berthelot se adelantaría en décadas a la mayoría de los investigadores posteriores.

EL POSITIVISMO (1846-1914): LAS ISLAS CANARIAS COMO FOCO DE ATRACCIÓN PARA LOS ANTROPÓLOGOS

Esta etapa estará muy marcada, y bastante limitada también, por la metodología y principios teóricos de la Escuela de Antropología Física Francesa y, en menor medida por la Alemana, siendo la raciología la principal vía para el estudio de los aborígenes, lo que impidió que durante mucho tiempo se tuvieran en cuenta los factores socio y bioculturales.

Si repasamos estos años de la antropología canaria podremos comprobar la existencia de una ingente cantidad de clasificaciones tipológicas que poco aportaron a la indagación de los enigmas de la prehistoria insular, convirtiéndose este hecho en una constante de la historia de nuestra disciplina en las islas. Ante esta realidad tangible poco o nada parecían tener que decir otras ramas de la investigación sobre restos humanos como la naciente paleopatología. A pesar de ello, los antropólogos canarios trataron de incorporar las nuevas teorías sobre el EVOLUCIONISMO para interpretar la historia del archipiélago.

No podemos dejar de mencionar un hecho fundamental para la antropología y arqueología en el archipiélago: la fundación de dos instituciones que habrían de tener especial trascendencia como fueron el Gabinete Científico de Santa Cruz de Tenerife y el Museo Canario de Las Palmas.

El Gabinete Científico se creó en 1877 siendo firmadas sus actas fundacionales por Juan Bethencourt Alfonso, Director, y Miguel Maffiotte Larroche, Secretario. Sus miembros trabajarían intensamente para aclarar la prehistoria insular y fruto de ello fue la colección arqueológica y bioantropológica que llegaron a albergar sus fondos. Sin embargo, sería clausurado en torno a principios del siglo XX y sus colecciones pasarían a engrosar las del Museo Municipal de Bellas Artes entre 1903 y 1904. Sería mucho más adelante, en 1958, cuando esas colecciones fueron trasladadas al Museo Arqueológico de Tenerife, dependiente del Cabildo Insular, de la mano del que fue su fundador y primer Director, D. Luis Diego Cuscoy, y que hoy se encuentra englobado en el Museo de la Naturaleza y el Hombre del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife.

El Museo Canario de Las Palmas fue fundado en 1879, como institución privada, por notables miembros de la ciudad y abierto al público un año más tarde, siendo su primer Presidente Domingo J. Navarro, su Director Gregorio Chil y Naranjo, y su Conservador Víctor Grau-Bassas. En la actualidad está incorporado al Centro Superior de Investigaciones Científicas.

Una vez hecho este paréntesis, retomemos el tema de la historia del pensamiento antropológico canario, tocando en primer lugar la raciología.

Desde que en 1867 Bernard Davies diera a conocer al mundo científico los primeros cráneos canarios y algunos años más tarde Quatrefages y Hamy (1874) observaran relaciones de semejanza de éstos con el Hombre de Cro-Magnon, como afirma Diego Cuscoy (1975): “*Canarias entraría en la historia de la antropología con personalidad propia*”. En efecto, en

1876 el Ministerio de Instrucción Pública de Francia envía a René Verneau -discípulo de Quatrefages- para realizar una misión científica en el archipiélago. Verneau, que visitaría Canarias en cuatro ocasiones más, fue el que con mayor amplitud trabajó el material disponible. Tras una detallada descripción morfológica, afirma que existe una concomitancia de los caracteres anatómicos con los etnográficos, lo que lo lleva a mantener la existencia de diferentes razas en las islas antes de la conquista. Así, en 1885, establecería el primer sistema de tipos:

1º. Guanche, con características morfológicas similares al Cro-Magnon y que sería predominante en Tenerife.

2º. Semita, que estaría emparentado con el tipo árabe.

3º. Braquicéfalo, de origen indeterminado.

4º. Bereber, muy escaso.

Como bien indica Diego Cuscoy (1975), este sistema servirá de base para otras clasificaciones futuras.

Desde el punto de vista físico antropológico, otros aspectos del aborigen fueron tocados por Verneau sólo de manera esporádica y siempre muy someramente. Para nada pareció interesar al francés la adaptación al medio o la historia natural de la enfermedad en el archipiélago (1891), a pesar de que era médico.

Simultáneamente a Verneau un grupo de antropólogos de origen alemán trabajaría con material canario en colecciones existentes en aquel país.

Aunque el volumen de restos estudiados no se puede comparar con el manejado por Verneau, Felix von Luschan, Director del Museo Etnológico de Berlín, hizo en 1896 importantes aportaciones a la antropología canaria pues, además de ser con Chil y Naranjo el primero en estudiar desde un punto de vista paleopatológico estos restos, realizó una clasificación de tipos que se basaba en la estatura.

Luschan realizó en 1896 una descripción de las trepanaciones y cauterizaciones e introdujo el método estadístico en su estudio de las fracturas craneales, de las que destaca su alta prevalencia entre la población aborigen (Rodríguez Martín, 1990).

Por su parte, Lehmann-Nitsche trabajó durante gran parte de su vida en Argentina donde fue profesor de la famosa Universidad de La Plata y allí estudió entre 1903 y 1905 una serie de cráneos guanches, pertenecientes al Museo Casilda de Tacoronte que había sido vendida en Sudamérica unos años antes. Pero él no se interesó por aspectos raciológicos, sino que hizo análisis muy importantes y todavía válidos sobre la cauterización craneal, comparándola con la descrita por Manouvrier una década antes, y estableciendo tres grandes tipos: bregmática, parabregmática y en T sincipital.

Otros investigadores, como Skrubsall (1896) o Detloff von Behr (1908), hicieron menores aportaciones a los estudios biotipológicos debido fundamentalmente a las pequeñas series que tuvieron ocasión de estudiar.

¿Qué hicieron en ese período los propios canarios en el campo de la raciología?. Dos de ellos destacarían sobre los demás, Grau-Bassas y Chil y Naranjo.

Víctor Grau-Bassas publicó en 1880 sus "*Datos para el estudio de los cráneos Guanche-Canarios*" en los que establece los sistemas de tipos basándose en el sexo de los individuos estudiados. Así a los cráneos masculinos los divide en cinco categorías:

1. Dolicocéfalos: muy largos.

2. Subdolicocéfalos: menos largos.

3. Mesaticéfalos: medianos.

4. Braquicéfalos: redondos.

5. Subbraquicéfalos: anchos.

Las mujeres, para este autor, llaman la atención por su gran prognatismo y alongamiento cefálico, y por tener un gran ángulo esfenoidal.

Por su parte, desde el punto de vista raciológico, Chil y Naranjo se limita a extraer una serie de conclusiones tras sus investigaciones:

1ª. Los cráneos tinerfeños son dolicocéfalos y se situarían entre el Hombre de Neanderthal y el de Cro-Magnon.

2ª. Los guanches de Tenerife provendrían, al igual que los canarios, del Paleolítico y del Neolítico.

3ª. Serían personas de alta estatura y complexión muy robusta debido al desarrollo

de una gran musculatura.

4ª. La población del siglo XIX en las Islas Canarias estaría constituida casi en su totalidad por el elemento aborígen, con lo cual se asegura de que la "raza" no murió con la conquista europea.

En sus *"Estudios Históricos, Climatológicos y Patológicos de las Islas Canarias"* (1876) y otros trabajos posteriores, Chil realizaría aportaciones notables a la antropología física de su época: aclaró puntos oscuros sobre los métodos de momificación prehispánica; demuestra por primera vez la práctica de la trepanación entre los aborígenes; realiza incursiones en el campo de la traumatología forense; descubre la existencia de aparatos de contención de las fracturas; y hace notables descripciones de las distintas enfermedades padecidas por los guanches (1900).

Veamos ahora que fue lo que aconteció con el pensamiento evolucionista. La mayoría de los investigadores canarios de aquellos años como el propio Chil y Naranjo, Bethencourt Alfonso, Miguel Maffiotte, Grau-Bassas, o Ripoché, entendieron, tal y como señala Estévez González (1987), que el evolucionismo podría contribuir de modo eficaz a la comprensión del mundo aborígen, pero tropezarían con insalvables dificultades:

1º. Se enfrentaron a las presiones de la Iglesia, especialmente Chil que fue el que se llevó, sin duda alguna, la peor parte con el asunto de su excomunión y su consideración casi como un fuera de la ley.

2º. El eclecticismo desde el que defendieron el evolucionismo los limitó a la hora de analizar los fenómenos socioculturales.

3º. El reduccionismo biológico les impidió la comprensión del papel decisivo de la cultura en el desarrollo y la evolución histórica.

Otros investigadores canarios de aquella época se mostraron contrarios al mismo, destacando Berthelot en Tenerife y Martínez Escobar en Gran Canaria.

Pero, al margen de estos posicionamientos, la obsesión de todos los investigadores, tal y como había sucedido en los siglos precedentes, fue averiguar la procedencia de aquella población. Una vez más la polémica estuvo servida, sin embargo nunca llegó a alcanzar la virulencia del evolucionismo, porque simplemente no afectaba en manera alguna a creencias religiosas y todo se mantuvo en un más o menos tranquilo debate científico.

LA ANTROPOLOGÍA CANARIA EN EL SIGLO XX

Primera mitad del siglo

Podemos decir que no va a diferir mucho de lo que se había hecho hasta entonces y la raciología continuó siendo la línea de investigación principal. Ya hemos avanzado que en Canarias las clasificaciones tipológicas siguieron siendo dominantes y se ha considerado como novedosa la aplicación de nuevas técnicas, aunque el fin último continuó siendo el mismo: la sistematización racial. Hasta el último tercio de este siglo, a la gran mayoría de investigadores canarios y aquellos que viniendo de fuera trabajaron en las islas no pareció importarles cómo y de qué vivió el guanche, como colonizó estas siete peñas, qué argumentos utilizó para hacer frente a un medio desconocido y muchas veces hostil, cómo salvó los gravísimos problemas de endogamia con los que una población debe enfrentarse al vivir en un medio tan limitado, etc.

En las primeras décadas de esta centuria la mayor parte de la investigación tendría como base los estudios anteriores. Así, Barras de Aragón (1929) o Tamagnini (1926) quitan o dan razón a las clasificaciones ya realizadas, pero en realidad poco aportan.

La gran excepción fue el norteamericano Earnest Albert Hooton, autor del extraordinario para la época *"The Ancient Inhabitants of the Canary Islands"* (1925). Hooton, profesor en la Universidad de Harvard, se erigió en la figura dominante de la antropología física norteamericana durante más de 40 años y sería precisamente a raíz de esa publicación sobre Canarias donde se hace patente por vez primera la formalización de su propio método de análisis tipológico usando las características de los individuos para desvelar los orígenes. Para él, en Canarias existirían seis tipos diferentes: mediterráneos; nórdicos; guanches o cromañoides; alpinos; negroides; y australoides, muy escasos. Basándose en estos datos señala que hubo sucesivas inmigraciones a las islas con centros originarios en el norte de África y sur de Marruecos hasta el Uad-Draa.

HARVARD AFRICAN STUDIES
VOLUME VII

THE ANCIENT INHABITANTS OF
THE CANARY ISLANDS

BY
EARNEST A. HOOTON, Ph.D., B.Litt.



PEABODY MUSEUM OF HARVARD UNIVERSITY
CAMBRIDGE, MASS., U.S.A.
1925
KRAUS REPRINT CO
New York
1970

El libro "THE ANCIENT INHABITANTS OF THE CANARY ISLANDS" (1925) del antropólogo de la Universidad de Harvard Ernest Albert Hooton, constituye la gran excepción a los estudios bioantropológicos de la época al imbricar la cultura con la antropología y la paleopatología, sentando las bases de lo que habría de ser la investigación sobre la adaptación humana y la interrelación enfermedad-medioambiente

El mérito de Hooton consiste en haber imbricado la cultura con la antropología y la paleopatología. En efecto, *"The Ancient Inhabitants"* tiene especial trascendencia para la paleopatología canaria porque supuso el primer estudio sistemático de la enfermedad en el mundo aborigen, además, a nivel mundial fue pionero en el análisis paleoepidemiológico ocupándose de la patología maxilofacial y oral, patología articular, traumatismos craneales, prácticas cefálicas, etc. (Rodríguez Martín, 1989).

Tras esta primera incursión de antropólogos norteamericanos en el mundo aborigen, serían de nuevo los alemanes los que se ocuparían del tema, volviendo una vez más al tan traído y llevado tema del análisis raciológico.

Eugen Fischer recaló por las islas buscando la pista de los arios trabajando desde 1926 a 1949 sobre la población aborigen y, especialmente, sobre la actual. Una de las cosas más sorprendentes de Fischer es el hecho de que con sólo 100 individuos estudiados fue capaz de establecer una clasificación tipológica (1930): mediterráneo; bereber, que sería una variante del anterior; orientálico; alpino; y cromañoide.

Aunque para Diego Cuscoy (1975) Fischer es un auténtico precursor de la antropología biodinámica en Canarias, lo cierto es que muy poco de nuevo supusieron sus investigaciones.

Por su parte, Frederic Falkenburger (1940) realizaría unos de los últimos sistemas de tipos canarios, estudiando largas series de cráneos en los museos del Hombre y de Broca de París:

- A. Guanche (cromañoide) que sería el dominante sobre los demás.
- B. Negroide.
- C. Mediterráneo que constituiría el segundo grupo en porcentaje.
- D. Tipo mezclado.
- E. Braquicráneo.

Los cuatro primeros tipos serían dolicocefalos. Falkenburger, además, afirma la pervivencia del sustrato étnico prehispánico.

La Antropología Física Canaria tras la Segunda Guerra Mundial

Las primeras fases de esta etapa estarían marcadas por dos antropólogos de fama universal: Miguel Fusté i Ara e Ilse Schwidetzky.

Miguel Fusté trabajó, entre otros, con Vallois y Piveteau en París, y poseía una sólida formación físico antropológica. Desde 1957 estudió las poblaciones canarias antiguas y actuales, especialmente la de Gran Canaria. Siguiendo a Diego Cuscoy (1975), podemos decir que Fusté aplicó métodos analítico-estadísticos y valoró factores socio-antropológicos, antropogeográficos, lingüísticos, e histórico-culturales, con los que intentó abordar el tema de los orígenes. En este último punto, como veremos más adelante, no difiere en mucho de Schwidetzky ya que señala como más probable que la primera llegada de la población a las islas fuera de tipología cromañoide y a ésta siguieran otros tipos más evolucionados.

Al igual que sus predecesores, el catalán realizó su propia clasificación tipológica:

- 1º. Tipo cromañoide que correspondería al más antiguo de los grupos.
- 2º. Tipo bereber que sería, posiblemente, una variante norteafricana del tipo mediterráneo.
- 3º. Tipo orientálico.
- 4º. Tipo mediterráneo o del litoral.
- 5º. Tipo armenioide.
- 6º. Tipo nórdico, muy escasamente representado.

Las características de la población viva confirmarían para Fusté su vinculación étnica con la prehispánica (1958-59).

Fusté dedicó el grueso de sus estudios a la tipología prehispánica y su pervivencia, pero también tocó otros aspectos de la paleobiología, como la paleopatología, aportando valiosos datos sobre la misma, especialmente en lo que concierne a las enfermedades dentales y máxilofaciales (1961-62).

Al contrario que Fusté, la obra de la germana Ilse Schwidetzky ha sido objeto de una

durísima y larga polémica ya que sus interpretaciones han llegado a ser tachadas de racistas por investigadores canarios y de allende nuestras fronteras.

Coincidimos con Tejera Gaspar y González Antón (1987) en que sería Ilse Schwidetzky (1963, 1975) quien llevaría más lejos la explicación de la Prehistoria Canaria partiendo de supuestos raciales que basa en los siguientes planteamientos:

1º. Entre la población aborigen se destacan dos tipos fundamentales: el cromañóide que sería mucho más tosco y el mediterranoide que sería más fino, aunque el grueso de la población tendría características mixtas.

2º. El poblamiento se produjo por lo menos en dos capas: una más antigua que correspondería a los cromañóides y que sería culturalmente más pobre, y otra más moderna que estaría más influida por mediterráneos y que era mucho más evolucionada.

3º. La antigua población canaria se divide en una serie de aislamientos.

4º. El aislamiento cultural y biológico de la población de las Islas Canarias tuvo lugar lo más tarde a finales del segundo milenio antes de Cristo.

Para Tejera Gaspar y González Antón (1987), ante estas interpretaciones surgen objeciones palpables ya que la Prehistoria no identifica a los pueblos en términos de raza sino de cultura. Y es con estos supuestos de raza superior e inferior con los que aborda el problema de nuestra prehistoria. Para ella el determinismo biológico en Gran Canaria es evidente: el mediterranoide tendrá más iniciativas y, por ello, mejor ambiente físico desplazando a los cromañóides a las zonas menos favorecidas. Pero en Tenerife este supuesto teórico no funciona porque la población del árido sur es mediterranoide mientras que el fértil norte es habitado por cromañóides. Entonces, para justificar el fracaso de su hipótesis en esa isla, introduce dos nuevos conceptos: la tamización étnica o superposición de grupos, y la capa social, siendo, por supuesto, las capas superiores de más clara tipología mediterranoide. El punto máximo de este supuesto sería la práctica de la momificación porque, como es sabido, sólo se momificaba a la élite del grupo y, según ella, las momias tienen claras características mediterránoides.

El problema que Schwidetzky no vio o no quiso ver es que, como Chamla (1968) demostrara, cromañóides y mediterránoides constituyen la base de la población protohistórica norteafricana formando ambos la base étnica de las poblaciones bereberes sin que se les pueda separar culturalmente.

Otra crítica a la obra de la teutona se basó en sus célebres “recuentos del camino” para establecer las relaciones entre la población actual y la prehistórica: mientras ella viajaba en coche se fijaba en la gente con que se cruzaba y con ese solo fundamento los catalogaba de ascendencia prehistórica o no sin preguntar filiación y orígenes familiares, llegando a afirmar la presencia de caracteres prehistóricos en la población actual.

Contemporáneo con Fusté y Schwidetzky fue el médico gran canario, que llegara a ser Director del Museo Canario de Las Palmas, Juan Bosch Millares. Bosch nunca intentó una aproximación tipológica sino que, comprendiendo la importancia de la paleopatología para llegar a entender de una manera mucho más completa nuestra prehistoria, acometió el estudio de la enfermedad en la etapa prehistórica. Así, desde los años 40 a los 60 la paleopatología canaria estuvo marcada por su figura. Sus conclusiones generales sobre el tema fueron:

1. Llama la atención la gran prevalencia de traumatismos craneales, en contraste con la escasez de traumatismos postcraneales (1944, 1975).

2. La incidencia de infecciones era baja. Además, Bosch niega la existencia de la sífilis antes de la conquista lo que echa por tierra la teoría de Verneau sobre la frecuencia de la misma (1961-62; 1975).

3. La patología articular de tipo degenerativo o artrósico tuvo una alta frecuencia entre los aborígenes (1975).

4. Nota una gran escasez de enfermedades tumorales (1975).

5. Clasifica los procedimientos quirúrgicos de los aborígenes en tres grupos: trepanación, cauterización y escarificación (1971).

Cuando uno examina la extensa obra del gran canario puede apreciar, sin embargo, lagunas importantes en la misma. Nadie puede dudar del acierto diagnóstico en la mayoría de los casos, pero una valoración crítica nos hace observar lo siguiente:

1º. El sustento bibliográfico es escaso. Muchas citas se hacen por referencia pero es obvio que no se conocen de primera mano.

2º. La carencia de estadística hace que cualquier aproximación epidemiológica y

demográfica se venga abajo.

3°. Da la misma importancia, cuando no más, a temas muy parciales que poco aportan al conocimiento global que a temas fundamentales en la paleopatología aborigen. Con ello se pierde la perspectiva del trabajo. Así, existen aspectos de la paleopatología que se obvian totalmente, como puede ser el caso de las malformaciones y anomalías congénitas, imprescindibles para determinar los fenómenos de aislamiento biocultural y endogamia.

4°. No deja de llamar la atención que, conociendo obras de tan capital importancia para la paleopatología de aquellos años como las de Wells (1964) o Jarcho (1966), prescindiera de las nuevas orientaciones aportadas por ellos y que convergían hacia los estudios de bioadaptabilidad.

Dicho ésto, no debemos ignorar que su contribución a la paleopatología canaria fue notable porque fue el primero en ver la necesidad de realizar este tipo de análisis no como complemento curioso a investigaciones más generales sino como instrumento necesario en la investigación de las poblaciones del pasado. Por ello, podemos afirmar que fue él el auténtico pionero de esta rama de la ciencia en nuestras islas y en España.

A partir de la década de los setenta la orientación de la antropología física en el archipiélago comienza cambiar y se va adaptando a las nuevas tendencias de la antropología biológica, entendiendo que la población prehispánica precisa ser estudiada desde nuevas perspectivas.

De este modo, el Departamento de Historia de la Medicina de la Universidad de La Laguna, dirigido en aquel entonces por el Prof. Conrado Rodríguez Maffiotte, comienza a investigar en este campo y saca a la luz sus primeras publicaciones. A la vez, se dictan conferencias sobre el tema y se introducen temas de paleopatología en la asignatura.

Tras estos primeros pasos, el interés por el estudio de la población aborigen del archipiélago desde un punto de vista epidemiológico, socioecológico y demográfico aumenta de forma espectacular y al impulso del Departamento de Historia de la Medicina se suma el Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Universitario de Canarias y el Departamento de Prehistoria de la Universidad en la década de los ochenta, y comienzan a aparecer por primera vez desde su fundación una serie de tesis doctorales sobre el tema, especialmente paleopatología.

A mediados de los ochenta el Museo Arqueológico de Tenerife favoreció en gran manera la investigación paleobiológica sobre la población prehispánica y basados en sus grandes colecciones de restos humanos, se emprendieron en 1988 una serie de estudios sobre los mismos desde diversas perspectivas, en un proyecto multidisciplinar que sería conocido como "Proyecto CRONOS, Bioantropología de las Momias Guanches" en el cual participarían científicos del Museo Arqueológico, del de Ciencias Naturales, de la Universidad de La Laguna, del Hospital Universitario de Canarias, del Ministerio de Cultura, y de distintas universidades norteamericanas y europeas. En este proyecto se estudiaron todos los aspectos bioantropológicos de aquella población: demografía, epidemiología, dieta y nutrición, micro y macropaleopatología, genética, paleodontología, mundo funerario, recursos, conservación, etc. Los resultados fueron presentados en el I Congreso Internacional de Estudios sobre Momias celebrado en 1992 en el Puerto de la Cruz.

Paralelamente, el Departamento de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua de la Universidad de La Laguna llevó a cabo investigaciones sobre algunos aspectos (dieta, nutrición, patología, etc.) de la población de otras islas, especialmente de Gran Canaria y El Hierro.

En la actualidad, el Instituto Canario de Paleopatología y Bioantropología, perteneciente al Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, ha cogido el relevo del Museo Arqueológico en el estudio de este particular campo de nuestra prehistoria y pretende no sólo continuar con la labor investigadora emprendida hace una década por el Museo, sino comenzar una labor académica para lo cuál se ha firmado un convenio de colaboración con la Universidad de La Laguna que entró en vigor en 1996 y que ha dado como fruto la celebración de varios cursos específicos conjuntos. Todo ello sin olvidar su atención a toda la problemática que rodea a la antropología forense y al estudio de la población actual del archipiélago.

EPÍLOGO

Hecho este repaso de lo que ha sido la historia de la Antropología Física en Canarias, podemos decir con Diego Cuscoy (1975) que el estudio del hombre canariense continúa y, afortunadamente, en los últimos años por unos caminos totalmente diferentes a los andados en el último siglo y medio. No interesa tanto ya saber como era el guanche sino como vivió y que sucedió cuando se produjo el contacto con los europeos. Con los medios de que hoy dispone la ciencia y los avances que casi cotidianamente se introducen en nuestra disciplina podemos afirmar que las próximas décadas serán decisivas para la comprensión integral de las culturas prehispánicas de las Islas Canarias. Sin temor a equivocarnos creemos que hemos pasado, aunque sólo recientemente, de la raciología a la paleobiología, de la forma al fondo, de la osteocraneometría a la adaptación biocultural, del cráneo al gen.

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU GALINDO, Fr. J. de (1978 [1602]). *Historia de la Conquista de las Siete Islas de Canaria*. Santa Cruz de Tenerife: Goya.
- BARRAS DE ARAGÓN, F. de las (1929). Estudio de los Cráneos Antiguos de Canarias Existentes en el Museo Antropológico Nacional. *Actas y Memorias de la Sociedad Española de Antropología, Etnografía y Prehistoria*, 8: 3-153.
- BEHR, D. von (1908). *Metrische Studien an 152 Guanchenschädeln*. Stuttgart: Strecker & Schroder.
- BERTHELOT, S. (1978 [1842]). *Etnografía y Anales de la Conquista las Islas Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Goya.
- BERTHELOT, S. 1879. Estudios Fisiológicos e Históricos sobre la Raza Guanche y sobre la Persistencia de los Caracteres que la Distinguen Aún entre las Actuales Poblaciones de las Islas del Archipiélago Canario. *Revista de Canarias*, I, 9: 130-133.
- BONTIER, P. & LE VERRIER, J. de (1986 [s. XV]). *Le Canarien*. Introd. y traduc. por A. Cioranescu. Santa Cruz de Tenerife: ACT Cabildo de Tenerife.
- BOSCH MILLARES, J. 1944. Las Armas y Fracturas del Cráneo de los Guanches. *El Museo Canario*, V: 135-145.
- BOSCH MILLARES, J. 1961-62. La Medicina Canaria en la Época Prehispánica. *Anuario de Estudios Atlánticos*, VII: 559-620; VIII: 11-63.
- BOSCH MILLARES, J. 1971. Problemas de Paleopatología Ósea en los Indígenas Prehispánicos de Canarias. Su Similitud con Casos Americanos. *Anuario de Estudios Atlánticos*, XVII: 221-244.
- BOSCH MILLARES, J. *Paleopatología Ósea de los Primitivos Pobladores de Canarias*. Las Palmas: Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria.
- CHAMLA, M.C. 1968. *Les Populations Anciennes du Sahara et des Régions Limitrophes. Etude des Restes Osseous Humains Néolithiques et Protohistoriques*. París: Conseil de la Recherche Scientifique en Algérie.
- CHIL Y NARANJO, G. 1876. *Estudios Históricos, Climatológicos y Patológicos de las Islas Canarias*. Vol. I. Las Palmas: Miranda.
- CHIL Y NARANJO, G. 1900. Anatomía Patológica de los Aborígenes Canarios. *El Museo Canario*, VIII: 43-44; 79-80; 111-112; & 139-141.
- DIEGO CUSCOY, L. 1975. Notas para un Historia de la Antropología Canaria. En Millares Torres, A.: *Historia General de las Islas Canarias*. Las Palmas: Edirca, vol I, pp. 267-290.
- ESPINOSA, Fr. J. de (1980 [1594]). *Historia de Nuestra Señora de Candelaria*. Santa Cruz de Tenerife: Goya.
- ESTÉVEZ GONZÁLEZ, F. (1987). *Indigenismo, Raza y Evolución. El Pensamiento Antropológico Canario (1750-1900)*. Santa Cruz de Tenerife: ACT/Museo Etnográfico.
- FALKENBURGER, F. (1940). Essai d'une Nouvelle Classification Craniologique des Anciennes Habitants des Îles Canaries. *L'Anthropologie*, 49: 330-362; 523-541.
- FISCHER, E. (1930). Sind die Alten Kananer Ausgestorben?. *Zeitschrift für Ethnologie*, 62: 258-281.
- FUSTÉ ARA, M. (1958-59). Algunas Observaciones Acerca de las Poblaciones Prehistórica y Actual de Gran Canaria. *El Museo Canario*, XIX-XX, 65-72: 1-27.
- FUSTÉ ARA, M. (1961-62). Estudio Antropológico de los Esqueletos Inhumados en Túmulos de la Región de Gáldar (Gran Canaria). *El Museo Canario*, XXII-XXIII, 77-84. 1-122.
- GONZÁLEZ ANTÓN, R. & TEJERA GASPAS, A. (1987). *Los Aborígenes Canarios. Gran Canaria y Tenerife*. La Laguna: Universidad de La Laguna. Colección Minor.
- GRAU-BASSAS, V. (1880). Datos para el Estudio de los Cráneos Guanche-Canarios. *El Museo Canario*, I, 9: 283-288.
- HOOTON, E.A. (1925). *The Ancient Inhabitants of the Canary Islands*. Cambridge (MA): Harvard African Studies.
- JARCHO, S. (1966). *Human Paleopathology*. New Haven: Yale University Press.
- LEHMANN-NITSCHKE, R. (1904). Lesions des Crânes des Îles Canaries. *Revista del Museo de La Plata*, 11: 211-215.
- LEHMANN-NITSCHKE, R. (1905). Les Lésions Brégmatiques des Crânes des Îles Canaries et les Mutilations Analogues des Crânes Néolithiques Français. *Bulletin et Mémoires Société d'Anthropologie Paris*, 5, 6: 220-223.
- LUSCHAN, F. von (1896). Über eine Schädelnsammlung von den Canarischen Inseln. En Meyer, H.: *Die Insel Tenerife*. Leipzig: Hirzel, pp. 285-319.
- QUATREFAGES, M.A. & HAMY, E. 1874. La Race de Cro-Magnon dans l'espace et dans les temps. *Bulletin et Mémoires Société d'Anthropologie Paris*, 2^a ser., IX: 260-266.
- RODRÍGUEZ MARTÍN, C. (1989). Earnest Albert Hooton y la Paleopatología Canaria. *Boletín de Historia de la Antropología*, 2: 16-21.
- RODRÍGUEZ MARTÍN, C. (1990). Una Perspectiva Histórica de la Paleopatología Canaria. *ERES-Arqueología*, 1, 1: 21-50.
- SCHWIDETZKY, I. (1963). *La Población Prehispánica de las Islas Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Publicaciones del Museo Arqueológico.
- SCHWIDETZKY, I. (1975). *Investigaciones Antropológicas en las Islas Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Publicaciones del Museo Arqueológico.
- SKRUBSALL, F.C. (1896). Crania from Tenerife. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, IX: 154-178.
- TAMAGNINI, E. (1926). Os Antigos Habitantes das Canarias nas suas Relações com a Antropologia Portuguesa. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias (Congreso de Coimbra)*, II: 219-231.
- TEJERA GASPAS, A. & GONZÁLEZ ANTÓN, R. (1987). *Las Culturas Aborígenes Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Interinsular Canaria.
- TORRIANI, L. (1980 [1591]). *Descripción e Historia del Reino de las Islas Canarias, Antes Afortunadas, con el Parecer de sus Fortificaciones*. Santa Cruz de Tenerife: Goya.
- VERNEAU, R. (1885). Rapport sur une Mission Scientifique dans l'Archipel Canarien. *Archives des Missions Scientifiques et Littéraires (Paris)*, 3, 13: 567-817.
- VERNEAU, R. (1891). *Cinq Années de Séjour aux Îles Canaries*. Paris: Hennuyer.
- VIERA Y CLAVIJO, J. (1982 [1776]). *Noticias de la Historia General de las Islas Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Goya.
- WELLS, C. (1964). *Bones, Bodies and Disease*. London: Thames and Hudson.

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL VOLCANISMO DE LAS ISLAS CANARIAS

Juan Carlos Carracedo

Estación Volcanológica de Canarias, IPNA, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, La Laguna, Tenerife, España

Simon J. Day

Estación Volcanológica de Canarias, IPNA, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, La Laguna, Tenerife, España

Hervé Guillou

Centre des Faibles Radioactivités, CEA-CNRS, Gif-sur-Yvette, Francia

Eduardo Rodríguez Badiola

Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España

José Antonio Canas

Instituto Geográfico Nacional, Madrid, España

Francisco J. Pérez Torrado

Facultad de Ciencias del Mar, ULPGC, Las Palmas de Gran Canaria, España

Resumen

Las Islas Canarias son un grupo de islas volcánicas situadas sobre una placa oceánica en lento movimiento, cerca de un margen continental pasivo. Los orígenes del archipiélago suscitan la controversia: un punto caliente del manto, una zona de deformación litosférica, una región de fallas en bloques por compresión o una fractura que se propaga hacia el oeste desde el vecino Atlas han sido citados por diferentes autores como el origen último del archipiélago. Sin embargo, una comparación del Archipiélago Canario con el prototípico grupo de islas relacionado con un punto caliente, el Archipiélago de Hawái, revela que las diferencias entre ambos no son tan grandes como se había supuesto anteriormente en base a datos más antiguos. La actividad eruptiva del Cuaternario en las Islas Canarias está concentrada en el extremo occidental del archipiélago, cerca del actual emplazamiento del punto caliente de referencia. Los edificios insulares en ambos archipiélagos se caracterizan por un crecimiento inicial rápido (las etapas de actividad en escudo ("shield stage"), seguidas por un periodo de reposo y profunda erosión ("gap" erosivo) que, a su vez, es seguido de una etapa de actividad "post-erosiva". Esta última etapa de actividad es más intensa en las Islas Canarias que en las Hawái, tal vez debido a la velocidad mucho menor de la placa, lo que significa que las islas permanecen más tiempo cerca de la anomalía subyacente del manto. La geoquímica de las rocas en Canarias apoya con fuerza este modelo, que las relaciona con la fusión de materiales variados del manto enriquecidos más que con materiales normales del manto superior. La subsidencia de las islas en la etapa post-escudo es mucho menos significativa en las Islas Canarias que en las de Hawái. Esto puede deberse a varios factores: una mayor resistencia de la litosfera oceánica subyacente, mucho más antigua y de mayor potencia en las Canarias que en Hawái; la proximidad prolongada de las islas a esta pluma y la consiguiente sustentación dinámica; un crecimiento inicial más lento que lleva a un acercamiento más pausado de las islas al equilibrio dinámico antes de finalizar la etapa de construcción en escudo. Una comparación de la estructura y evolución estructural de las Islas Canarias con las de otras islas oceánicas -Hawái, Réunion, Fogo, etc.- revela muchas semejanzas, tales como la formación de zonas de triple rift (tipo "estrella Mercedes") y la ocurrencia de grandes colapsos laterales en los flancos de estas zonas de rift. La aparente ausencia de estas estructuras en las islas en etapa post-erosiva puede en parte ser una consecuencia de su mayor edad y del profundo desmantelamiento que ha eliminado la mayor parte de la evidencia de su arquitectura volcánica inicial. Concluimos que las numerosas semejanzas entre las Islas Canarias y aquellos grupos de islas cuyos orígenes en un punto caliente son indiscutibles parecen indicar que las Islas Canarias se han formado en un proceso de similares características. Las "peculiaridades" geológicas de las Canarias con respecto a las demás alineaciones de punto caliente podrían deberse fundamentalmente a la menor actividad en Canarias del punto caliente y a la ausencia de subsidencia. Estas características geológicas generales ayudan a comprender mejor la distribución en el tiempo y el espacio de la actividad eruptiva en Canarias y, consecuentemente, del riesgo volcánico actual en las islas.

1. INTRODUCCIÓN

Las Canarias son, aparte quizás de las Islas Hawái, el grupo de islas oceánicas más intensamente estudiadas del planeta. Sin embargo, tanto el origen como la evolución geológica del archipiélago, tal vez los temas que despiertan un interés más general y objeto de un largo debate científico, carecen aún de modelos comparablemente claros a los establecidos para la mayoría de las islas volcánicas oceánicas, y, desde luego, para las Islas Hawái. Varias circunstancias pueden estar en el origen de esa aparente dificultad en definir estos modelos. Por una parte, son de carácter metodológico: en el estudio geológico de Canarias se ha dado hasta hace poco tiempo mucha menor importancia a las islas occidentales (mal llamadas "menores", al menos desde el punto de vista de su importancia geológica) que, como luego veremos, contienen precisamente claves importantes para el conocimiento de la historia geológica del archipiélago. También hasta hace pocos años se carecía de información sobre los depósitos volcánicos en los mares que circundan las islas, datos que han resultado de importancia decisiva. Por último, se ha mantenido hasta época reciente una idea de las Canarias excesivamente *localista*, como un archipiélago geológicamente "peculiar". Es, sin

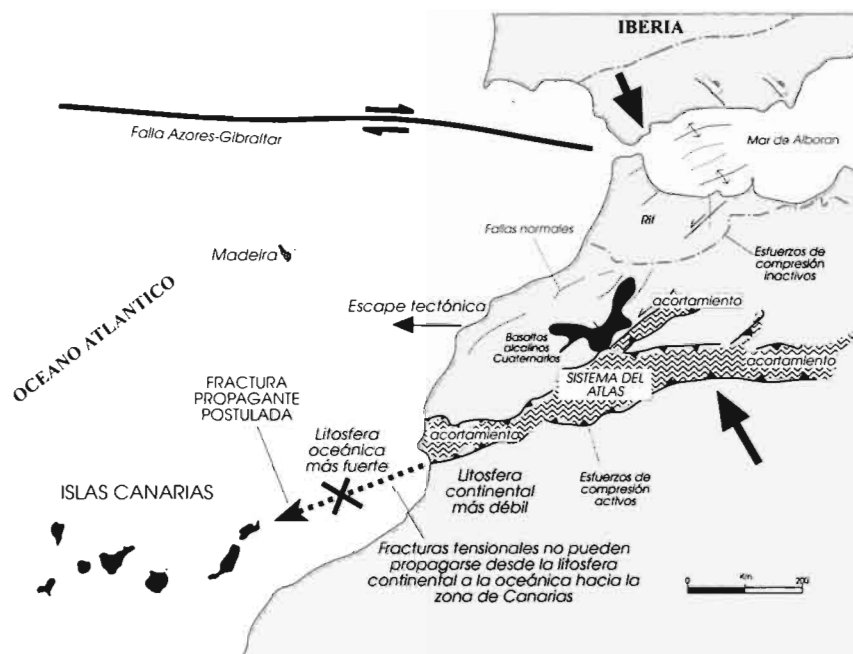


Fig. 1.- Marco geológico y geodinámico de las Islas Canarias. La situación del archipiélago aproximadamente en la prolongación del sistema tectónico del Atlas, ha suscitado asociaciones, nunca adecuadamente documentadas, entre este sistema y el origen de las Canarias. Obsérvese que el archipiélago se encuentra en el borde continental, situación muy diferente a otras alineaciones de islas volcánicas oceánicas como Hawaii, Réunion, Tahiti, etc.), generalmente en el interior de las placas litosféricas

embargo, el análisis comparativo con otros grupos de islas volcánicas oceánicas (Hawaii, Réunion, etc.), lo que ha ayudado en gran medida a comprender que, en general, las Canarias se han formado y evolucionado de forma muy similar al resto de las islas volcánicas oceánicas situadas en el interior de una placa litosférica. Este estudio comparativo ha servido para integrar, de forma interactiva, la información adquirida en el estudio geológico de las Islas Canarias en el de los grupos de islas similares y viceversa. Las otras circunstancias que han retrasado la definición de un modelo genético-evolutivo viable para las Canarias, son de índole geológica. Las complejidades del marco geológico (Fig. 1) y de la geología de Canarias, especialmente en la parte oriental del archipiélago, son de tal calibre que no es evidente una solución claramente concluyente en favor de unas de las varias alternativas posibles, al menos con la limitación de

datos que aún hoy existe. Evidencia concreta de los respectivos roles de la tectónica regional y de "plumas" del manto en la génesis de las Canarias puede que llegue de estudios sismológicos y estructurales a gran escala de la estructura profunda de la corteza oceánica que rodea el archipiélago. Igualmente decisivo puede ser el análisis de las características geoquímicas e isotópicas de los magmas implicados en la formación del archipiélago. En espera de estos importantes estudios, puede ser interesante ir avanzando en este sentido, analizando, como haremos más adelante, la información geológica disponible de las propias islas, especialmente la evolución temporal de la actividad volcánica en los diferentes edificios insulares y las características morfológicas y estructurales correspondientes. Esto puede ayudar a establecer restricciones claras que pueden estrechar considerablemente el rango de modelos aceptables para la génesis y evolución de las Islas Canarias.

Muchos grupos de islas volcánicas oceánicas asociados a plumas del manto o *puntos calientes* difieren notablemente de las Islas Hawaii, archipiélago que sin embargo se acepta generalmente como el modelo paradigmático. Las Hawaii están situadas en el medio de una placa oceánica (la Placa Pacífica), en una litosfera oceánica relativamente joven, que se mueve rápidamente con respecto al punto caliente localizado en el manto. Muchos aspectos de la geología y de la historia geológica de Hawaii tienen su origen en estas características, que sin embargo no son en forma alguna aplicables a todos los grupos de islas volcánicas oceánicas. En este trabajo hacemos una revisión de aspectos de la geología de Canarias, que están situadas en un escenario geológico muy diferente: en una litosfera oceánica muy vieja (Jurásica), en la proximidad de un borde continental pasivo y en una placa tectónica que se desplaza muy lentamente en relación con el punto caliente que las ha originado, situado en el manto por debajo de las islas. La situación de las Canarias en el margen del sistema tectónico, aún activo, del Atlas (Fig. 1), frecuentemente citado como una importante influencia en la génesis y evolución de las Canarias, añade complejidad al escenario geológico en que éstas se han desarrollado.

Como ya hemos indicado, la comparación de la geología y evolución de las Canarias con grupos típicamente de punto caliente como las Hawaii o Réunion, esclarece factores que controlan la geología de las islas oceánicas en general y ayuda a la

comprensión de los procesos que han influido en la formación de las propias Canarias. La vida activa de la mayoría de los volcanes oceánicos está limitada generalmente por el desplazamiento de la placa correspondiente a unos pocos millones de años. En contraste, las Canarias, las Islas de Cabo Verde y el sector oceánico de la alineación de Camerún (Lee y colaboradores, 1994) son ejemplos raros de islas volcánicas oceánicas de larga vida activa. Las Cabo Verde, situadas a 500 kilómetros de la costa africana, exhiben todas las características de los archipiélagos volcánicos de punto caliente (Grunau y colaboradores, 1975). Por el contrario, las islas oceánicas* de la alineación del Camerún y las Canarias no muestran esta "firma" de punto caliente con igual claridad (Hoernle y Schmincke, 1993; Watts, 1994).

Morgan (1971) y McDougall (1971) presentaron simultáneamente dos modelos muy diferentes para explicar el origen de las cadenas de islas volcánicas oceánicas: el citado punto caliente, una zona de generación de magma fija en el manto que originaba islas sobre una placa en desplazamiento, o bien la fracturación progresiva de la litosfera por las tensiones originadas en el recorrido de la placa sobre una esfera imperfecta. Desde entonces, los modelos que se han ido proponiendo para explicar el origen de las Canarias se han polarizado en uno de estos modelos. Sin embargo, las hipótesis inicialmente propuestas tenían dos importantes limitaciones: 1) eran excesivamente dependientes de las dataciones radiométricas disponibles, escasas en aquel tiempo y que posteriormente han sido substancialmente revisadas, 2) estos modelos se basaban casi exclusivamente en información geológica obtenida del estudio de las islas centrales y orientales; las islas occidentales (La Palma y El Hierro), que, como ya se ha indicado, albergan datos cruciales para el análisis de la viabilidad de estos modelos, eran prácticamente desconocidas desde el punto de vista geológico.

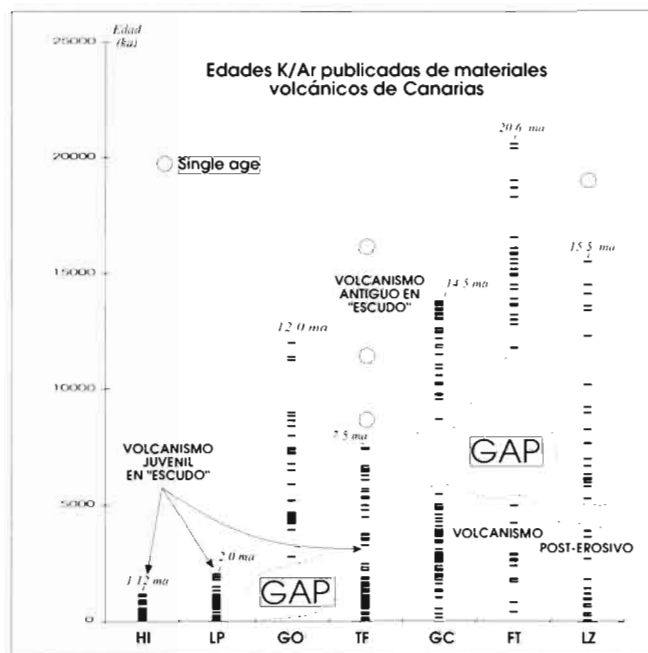
El estudio geológico y geocronológico que se ha desarrollado en las Islas Canarias occidentales y en los fondos oceánicos circundantes han revelado la presencia de pautas de evolución y estructuras que difieren aparentemente de las observadas en las islas orientales (Staudigel y Schmincke, 1984; Carracedo, 1994, 1996a, 1996b; Hoernle y colaboradores, 1995; Watts y Masson, 1995; Ancochea y colaboradores, 1990, 1994, 1996; Guillou y colaboradores, 1996). La explicación de estas aparentes diferencias, fundamentalmente relacionadas con la progresión de edades en el archipiélago, podría encontrarse, como analizaremos a continuación, en la relación de la formación de las Canarias con un punto caliente de baja fertilidad y el muy lento desplazamiento de la placa africana.

2. EDAD DEL VOLCANISMO CANARIO

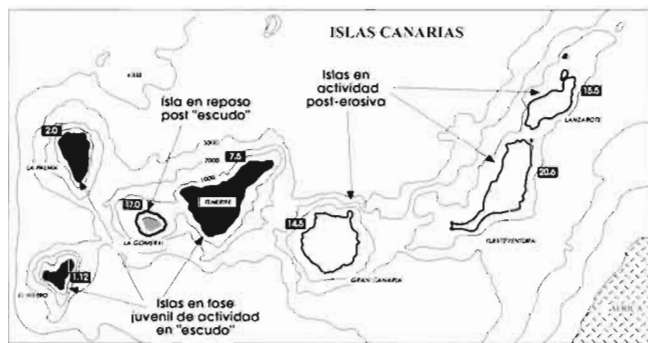
El volcanismo subaéreo de las Islas Canarias es uno de los mejor datados, con más de 400 edades K-Ar publicadas. Es preciso, sin embargo, hacer un comentario respecto a la fiabilidad de estas edades. Gran parte de ellas se han obtenido a partir de muestras de roca total ("*whole-rock*"), sin la previa separación de minerales. En este caso, aunque útiles para dar una idea de la antigüedad aproximada de las formaciones volcánicas, las edades pueden tener errores significativos, a veces de millones de años (McDougall y Schmincke, 1976). Lógicamente estos errores son tanto más significativos cuanto más jóvenes son las formaciones volcánicas, lo que afecta principalmente a las islas de La Palma y El Hierro. Para constreñir en lo posible estos errores, se suelen introducir controles estratigráficos, datando lavas en sucesión estratigráfica, y magnetoestratigráficos, contrastando las edades obtenidas y su polaridad magnética con la escala establecida de inversiones del campo magnético terrestre (Carracedo, 1979; Pérez Torrado y otros, 1995; Guillou y colaboradores, 1996).

Buena parte de las dataciones disponibles en Canarias se han efectuado sin estos controles de fiabilidad. Esta es la explicación de la existencia de edades no contrastadas ("*single ages*"), lo que es especialmente trascendente en las edades correspondientes a las formaciones

* La aparente ausencia en Canarias del abombamiento característico de los puntos calientes como consecuencia del empuje ascensional de la pluma del manto, que si es muy patente en las islas de Cabo Verde, ha sido ampliamente citada como argumento en contra de este modelo. Estudios aún sin publicar (Dañobertía y Canales, *Geophys. J. Int.*, en prensa) aportan datos sobre las condiciones termomecánicas de la litosfera en el área del archipiélago, que parecen evidenciar la presencia del mencionado abombamiento, lo que supondría un apoyo fundamental para este modelo genético del volcanismo de Canarias.



A)



B)

Fig. 2.- A) Edades radiométricas publicadas de las Islas Canarias. B) Separación de las Islas Canarias en dos tipos fundamentales de isla según estén aun en la etapa inicial de volcanismo en escudo, o en la etapa de rejuvenecimiento o volcanismo post-erosivo. Esta clasificación fue definida en las Islas Hawaii y se acepta de forma general para las islas volcánicas oceánicas originadas por un punto caliente. La isla de La Gomera estaría atravesando la época intermedia de reposo eruptivo.

emergidas más antiguas de cada isla, sobre las que se han basado los modelos cinemáticos establecidos, que han resultado lógicamente afectados.

De las edades publicadas para Canarias, unas 100 han sido realizadas recientemente con métodos de alta precisión -con separación de minerales y con técnicas "unspiked" (Cassignol y otros, 1978)- y con los controles estratigráficos y magnetoestratigráficos mencionados. Especialmente útil ha sido la asociación de las secuencias de lavas con los cambios del nivel del mar en la última glaciación (Carracedo y colaboradores, 1997d). Todos estos controles confieren a las edades obtenidas una elevada fiabilidad. Estas edades corresponden precisamente a las islas de La Palma y El Hierro, que han pasado así a ser las mejor datadas de todo el archipiélago (Guillou y colaboradores, 1996; 1997). La figura 2A muestra las edades publicadas que han sido obtenidas a partir de materiales volcánicos de las Islas Canarias. Si las analizamos, observaremos la existencia de dos grupos de islas claramente definidos (Fig. 2B): 1) Las islas de Fuerteventura, Lanzarote, Gran Canaria y La Gomera, con volcanismo emergido de 12 millones de años (ma) o más y con interrupciones bien marcadas en la actividad volcánica, y 2) Las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro, con volcanismo emergido de menos de aproximadamente 7.5 ma y actividad eruptiva esencialmente continuada.

Otra pauta importante que se observa en el gráfico es la evidente progresión de edades en el archipiélago, con un envejecimiento del volcanismo que aumenta en sentido W-E, concordante precisamente con el recorrido postulado de la placa africana sobre un punto caliente fijo, en el caso de Canarias en la vertical de la isla más joven: El Hierro.

2.1.- SIGNIFICADO DE LAS INTERRUPCIONES (HIATOS) DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA

La presencia de interrupciones prolongadas de la actividad volcánica en las Islas Canarias (ver Fig. 2A) ha sido invocada como un argumento esencial para descartar la relación de estas islas con un punto caliente (Anguita y Hernán, 1975). Según estos autores, si las Canarias estuvieran originadas por la acción de un punto caliente todas las islas excepto La Palma y El Hierro deberían estar inactivas desde hace mucho tiempo. Esta idea parece asociar de alguna manera la interrupción del volcanismo con la desconexión definitiva de toda fuente de generación de magma. Sin embargo, nada más lejos de la realidad. Aunque pueden de alguna manera desconectarse de la parte principal del punto caliente que se ha mantenido durante la fase inicial en escudo, las islas se mantienen conectadas con zonas de generación de magma. Su salida a la superficie está más en relación con la alternancia de campos de esfuerzos distensivos (con volcanismo) o compresivos (con quiescencia). Estos sistemas de esfuerzos son, a su vez, consecuencia de la evolución de la carga impuesta por las propias islas en desarrollo sobre el substrato oceánico, o su relajación posterior.

Son precisamente estas interrupciones una característica de las cadenas de islas de punto caliente, como se ha observado claramente en las Islas Hawaii (Walker, 1990), donde

son un elemento fundamental en la definición de los estadios de evolución de las islas y en la definición de su estratigrafía volcánica. En efecto, estas interrupciones ("gaps" en el inglés original) permiten la separación del volcanismo en las diferentes islas en dos estadios principales, con significado estratigráfico: I) volcanismo en escudo ("shield-building stage") la fase inicial de formación de las islas emergidas, volumétricamente la más importante (> 90% de los edificios insulares), y II) volcanismo post-erosivo ("post-erosional stage"), volcanismo mucho más reducido, producido tras un largo periodo intermedio de inactividad eruptiva y erosión ("gap stage").

En este estudio comparado que estamos intentando, es fácil asimilar el estado actual de las islas de Fuerteventura, Lanzarote y Gran Canaria con el estadio post-erosivo, a La Gomera con el estadio intermedio de interrupción y a Tenerife, La Palma y El Hierro con el estadio más juvenil de volcanismo en escudo.

Esta comparación abre interesantes perspectivas: la isla de La Gomera, inactiva desde hace varios millones de años, puede no ser, como parece aceptarse de forma general, una isla definitivamente muerta desde el punto de vista volcánico; más bien podría estar, como han estado sus hermanas más orientales, en una fase de reposo anterior a un rejuvenecimiento volcánico en el futuro geológico. En cambio, la isla de Lanzarote, considerada una de las más activas de las Canarias, está en realidad en una fase terminal de actividad, al igual que Fuerteventura. Este error de percepción se debe simplemente a la coincidencia de que una erupción volumétricamente muy importante (la mayor en volumen y duración de las ocurridas en el periodo histórico de Canarias) haya tenido lugar en esta isla en fechas geológicamente recientes. Este artificio se deshace si tenemos en cuenta que la anterior erupción importante, la del Volcán Corona, tiene una edad de más de 53.000 años. En este periodo de 50.000 años han ocurrido en las islas verdaderamente activas y en fase de volcanismo en escudo numerosas erupciones volcánicas, especialmente en La Palma y El Hierro.

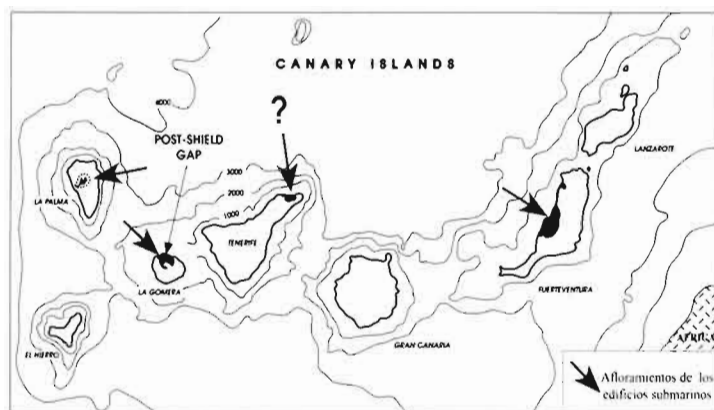
Esta división de las islas con significado temporal y estratigráfico es preferible al muy usual de islas orientales, centrales y occidentales, de carácter más geográfico. Esto es aún más claro desde el punto de vista geológico por la confusión que establece esta clasificación, al situar a La Gomera, una isla claramente antigua y en estadio de interrupción eruptiva (gap stage) junto a las islas más juveniles de Canarias: La Palma y El Hierro. Por otra parte, permite explicar, como intentaremos más adelante, la aparente incongruencia geológica que supone la presencia de La Gomera en medio del grupo de islas en estadio juvenil de desarrollo.

3. LOS MAGMAS Y LAS SERIES VOLCÁNICAS DE CANARIAS

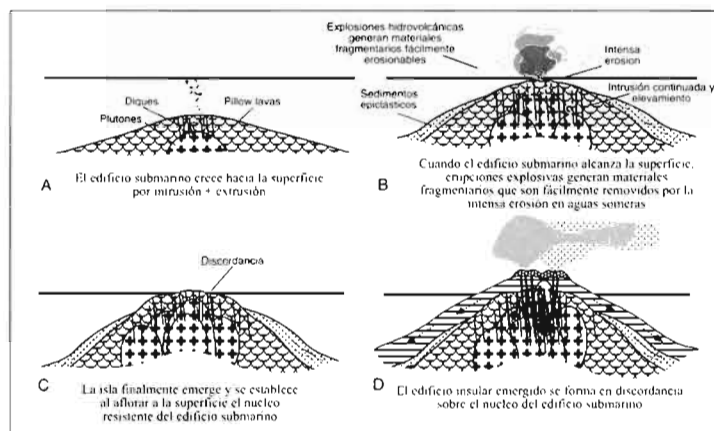
Es en este aspecto donde las diferencias entre Canarias y otros grupos de islas oceánicas de punto caliente son más evidentes, por ejemplo las Islas Hawaii. Es bien conocido que en las Islas Hawaii la fase de construcción en escudo se caracteriza por la emisión de basaltos toleíticos, que requieren la presencia de altas temperaturas y alrededor de un 30% de fusión parcial del manto, y menores proporciones de lavas diferenciadas (traquibasaltos, traquitas). En cambio, en las fases post-gap de rejuvenecimiento del volcanismo, los magmas son más pobres en sílice, predominando los basaltos alcalinos, basanitas, nefelinitas, etc., rocas todas que suponen la presencia de temperaturas inferiores y porcentajes asimismo inferiores de fusión parcial del manto.

En Canarias esta pauta es diferente: tanto la fase en escudo como el volcanismo post-erosivo se caracterizan por la presencia dominante de basaltos alcalinos, con sus correspondientes diferenciados (traquibasaltos, traquitas, fonolitas). A diferencia de lo que ocurre en Hawaii, los basaltos toleíticos son en Canarias casi una curiosidad geológica, como los emitidos excepcionalmente en la erupción de 1730-36 en Lanzarote (Carracedo y Rodríguez Badiola, 1971; Carracedo et al., 1992).

Tal vez la explicación de estas diferencias en la composición de los magmas de



A)



B)

Fig. 4.- La estructura submarina de las islas, también conocida como "monte submarino" o "seamount", es una formación que está, lógicamente, presente en todas las islas oceánicas. Sin embargo, no siempre aflora a la superficie, como ocurre en todas las Hawaii. En las Islas Canarias puede observarse la etapa submarina en las islas de La Palma, La Gomera, Fuerteventura y tal vez Tenerife (A). En B se indica esquemáticamente las fases de evolución y afloramiento a la superficie de la etapa submarina de una isla ideal, muy similar, por otra parte, a lo que sucede en las Islas Canarias

Schmincke, 1984).

submarinos ("seamounts"). Esta etapa de construcción submarina llega a superar el 90% del volumen total de las islas (Fig. 4A). Cuando los edificios insulares emergen, hay una larga etapa en que la erosión marina, muy intensa, destruye fácilmente los productos volcánicos, generalmente muy fragmentarios por la explosividad de las erupciones que, en esta etapa, suelen ser hidromagmáticas (Fig. 4B). La erosión dismantela estas primeras formaciones subaéreas hasta que logra aflorar a la superficie el núcleo más resistente del edificio submarino, formado por rocas volcánicas submarinas intensamente intruidas por diques y rocas plutónicas. El volcanismo subaéreo, ya bien establecido en clara discordancia sobre el núcleo del edificio submarino, progresa formando rápidamente los edificios "en escudo", que suponen más del 90% de la parte emergida de las islas. Una vez finalizada la fase de construcción en escudo, el volcanismo mengua y finalmente cesa, tras lo cual se inicia una larga etapa de quiescencia en que la erosión dismantela profundamente los edificios insulares. La reanudación del volcanismo, volumétricamente mucho menos importante, se produce sobre un relieve erosivo, por lo que se denomina volcanismo post-erosivo.

Estas sencillas y lógicas etapas de evolución de las islas volcánicas oceánicas dan lugar a las tres unidades básicas de la estratigrafía volcánica: 1) Las **Formaciones Submarinas** (el edificio submarino, si aflora), 2) El **Volcanismo en escudo**, y 3) El **Volcanismo post-erosivo**.

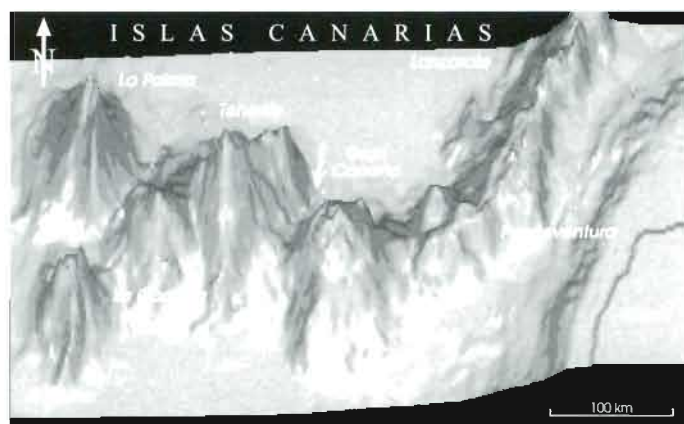
La etapa submarina aflora (Fig. 4A) en las islas de Fuerteventura, La Gomera y La Palma, y posiblemente en la costa norte de Anaga, en Tenerife (Fúster y colaboradores, 1968; Cendrero, 1971; Stillman y colaboradores, 1975; Staudigel y

Una formación similar se encuentra en la isla de Maio, en el archipiélago de Cabo Verde (Stillman y otros, 1982). La interpretación inicial, realizada en la etapa anterior a la Tectónica de Placas, las suponía bloques levantados de un basamento complejo común a toda las Canarias (los Complejos Basales de Fúster y colaboradores, 1968); una modificación interpretaba estas formaciones como bloques levantados de corteza oceánica (los denominados Complejos ofiolíticos), similares a los existentes en la isla de Chipre (Macizo de Troodos). Sin embargo, datos paleontológicos y dataciones radiométricas evidenciaron claramente que la edad de estas formaciones era muy inferior a la de la corteza oceánica circundante. Si se excluyen las secuencias de sedimentos oceánicos, fuertemente deformados y substancialmente más antiguos que el resto de las formaciones que constituyen los denominados "Complejos Basales", y que han sido elevados a la superficie por el propio volcanismo (intrusión), el resto de las formaciones son típicas de la etapa submarina de construcción de las islas oceánicas, como claramente definieron Staudigel y Schmincke en La Palma (en el fondo y paredes de la Caldera de Taburiente) en 1984. El término de Complejos Basales debería abandonarse en favor del de Formaciones Submarinas, con el significado de la etapa de monte submarino previa a la emersión de las islas.

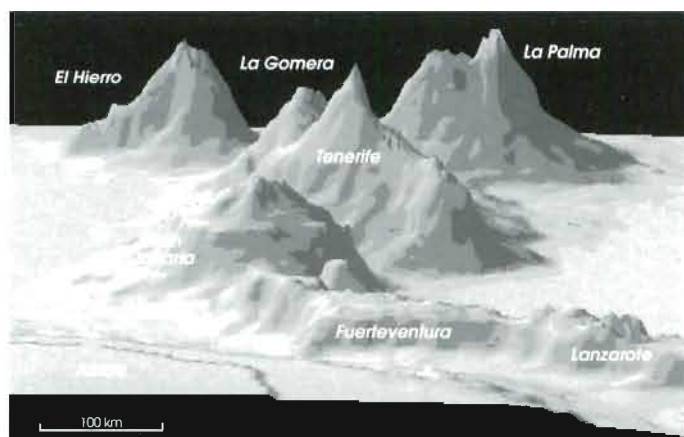
Una clara diferencia de las Canarias y Cabo Verde con las Hawaii es que en estas últimas islas no aflora la etapa submarina. Sin embargo, esto parece indicar más una diferencia en la subsidencia que estas islas han experimentado que en los procesos de crecimiento. Se trata simplemente de que las Islas Hawaii tienen una tasa de subsidencia que impide que la erosión exhume las etapas submarinas de su desarrollo inicial.

4. SUBSIDENCIA DE LOS EDIFICIOS INSULARES CANARIOS

Es bien conocida la pauta que siguen las islas del Archipiélago Hawaiiiano, explicada claramente por Moore en 1987: Las islas experimentan una subsidencia (hundimiento de las islas por acomodo isostático de la corteza oceánica a la carga impuesta) de 2-4 km., fundamentalmente en la primera fase de desarrollo "en escudo", pasando posteriormente a formar "guyots", arrecifes coralinos y, finalmente, de nuevo, montes submarinos. Las islas más antiguas de las Hawaii (Kauai y Niihau), tienen edades de unos 5 ma. Continuando la alineación Hawaii-Emperador, existe una cadena de islas ya sumergidas que se extiende por todo el Pacífico hasta la Fosa de las Aleutianas.



A)



B)

Fig. 5.- Imágenes 3-D a "océano vacío" del Archipiélago Canario, obtenidas mediante el procesamiento de mapas batimétricos del Instituto Oceanográfico Británico (Hunter y colaboradores, 1983). En la figura A, una "vista" oblicua desde el sur, se observa como la isla de Tenerife se apoya sobre La Gomera y Gran Canaria. La alineación marcada con ascensos corresponde a una zona sísmogenética, donde se produjo un sismo de 5.4 grados de magnitud en 1989, y numerosos microsismos desde entonces. En esta zona se ha descubierto una alineación de volcanes submarinos (Hans Schmincke com. pers.), recientemente confirmada por estudios del buque oceanográfico Hespérides. Esta alineación de volcanes, y una falla, postulada pero nunca evidenciada, podrían ser responsables de la sismicidad registrada. En la figura B se observa claramente cómo Fuerteventura y Lanzarote forman una sola isla, y la tendencia general a un menor volumen de los edificios insulares al acercarse al continente (ver figura 9 y explicación en el texto). Este efecto no es debido a la subsidencia, como ocurre en las Islas Hawaii, sino a la pérdida de masa por la acción erosiva y los frecuentes deslizamientos catastróficos de grandes porciones de las islas.

En Canarias el caso es bien distinto. La simple observación de las costas en las islas más antiguas (Fuerteventura y Lanzarote) demuestra que en este archipiélago no ha habido una subsidencia significativa. El menor volumen de los edificios insulares en las islas en estado post-erosivo, que se observa fácilmente en modelos tridimensionales realizados a partir de la batimetría (Fig. 5), no son consecuencia del hundimiento de estas islas, sino de la pérdida de masa, súbita (deslizamientos gravitatorios gigantes) o paulatina (erosión).

Rasas de abrasión marina, depósitos de sedimentos de playa y litoral marinos, formaciones volcánicas costeras (deltas lávicos de hialoclastitas, conos freatomagmáticos Surtseyanos o "tuff-rings") y paleo-acantilados marinos, de edades que alcanzan hasta 14 ma, se encuentran con profusión en Canarias a niveles muy similares al del mar actual y concordante con las oscilaciones eustáticas correspondientes a las sucesivas glaciaciones.

Watts (1994) dedujo una importante "flexión" (hasta 4 km) de la isla de Tenerife a partir de sus observaciones de la batimetría en Teno y Anaga, aparentemente corroborada por la existencia de barrancos fluviales transformados por subsidencia en cañones submarinos. Aparte de que la procedencia subaérea de estos cañones submarinos es más que dudosa, como se ha demostrado en la isla de Molokai, donde cañones submarinos similares se prolongan claramente en barrancos tierra adentro (Holcomb y colaboradores, 1996), existen numerosas evidencias geológicas que demuestran esta ausencia de hundimiento significativo de las islas, mucho menos los valores indicados por Watts.

En las islas Canarias orientales es característica la presencia de playas levantadas hasta 100 m sobre el

nivel actual del mar, y rasas marinas de hasta 14 ma han aparecido a un nivel similar al del mar actual en sondeos de Famara y Los Ajaches. Tampoco parece haber evidencia de hundimientos significativos de las islas en estadio juvenil de desarrollo. Pillow lavas y brechas de unos 2,6 ma han sido encontradas por Ibarrola y colaboradores (1991) en la costa norte de Tenerife, a alturas muy similares al del mar actual (5 a 25 m). En La Palma, conos freatomagmáticos marinos de hasta 1 ma aparecen al mismo nivel del mar actual, así como depósitos de playa de 0,5-0,2 ma de antigüedad (desembocadura del Bco. de la Caldera de Taburiente), lo que parece evidenciar que la isla se ha mantenido muy estable, sin subsidencia ni levantamiento apreciables, desde el levantamiento del monte submarino inicial.

En conclusión, los archipiélagos de punto caliente de Canarias y Cabo Verde difieren del prototípico de Hawaii en la ausencia en los primeros de la rápida subsidencia que se observa en las etapas en escudo y posteriores de las Islas Hawaii. Tal vez esto esté en relación con la sustancial diferencia entre ellos en cuanto a su situación geodinámica: en un borde continental pasivo en el caso de los primeros, y en el interior de una placa oceánica en el caso de Hawaii. Esto puede propiciar la existencia de una litosfera oceánica más vieja, fría, gruesa, y en consecuencia más resistente bajo las Canarias y Cabo Verde, lo que podría explicar asimismo las diferencias considerables en la fertilidad y dinamismo de los correspondientes puntos calientes.

5. MODELOS DE FORMACIÓN DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO

Cualquier modelo consistente de cómo las Islas Canarias se han originado tiene necesariamente que reconciliar y acomodar los datos de que se dispone en los muchos y variados campos de investigación que ya hemos enumerado.

Una diferencia potencialmente muy importante entre el Archipiélago Canario y los grupos prototípicos de islas relacionados con un punto caliente es que las Canarias están situadas junto a una región de deformación activa intensa, que abarca las Montañas del Atlas, las Montañas del Rif, el Mar de Alborán y las provincias de la Cordillera Bética de la banda orogénica alpina. Varios modelos han sido propuestos en el pasado que relacionan al magmatismo que formó las islas con la deformación de la litosfera oceánica al oeste y al sudoeste de estas regiones de deformación continental y la consiguiente fusión por descompresión de la astenosfera subyacente (Anguita y Hernán, 1975; Araña y Ortiz, 1991). Estos modelos buscaban explícitamente proveer una alternativa a los modelos de punto caliente para el Archipiélago Canario. Muy notablemente, Anguita y Hernán (1975) propusieron que la extensión dirigida NNO-SSE, perpendicular a la traza del archipiélago, era responsable de la fusión por descompresión de la astenosfera, correlacionando las fases de actividad magmática intensa en las islas con periodos de compresión en las Montañas del Alto Atlas identificados por Ambroggi (1993). Estos autores postularon que la extensión en la región del archipiélago ocurrió a medida que la litosfera oceánica se deformaba para acomodar las tensiones de membrana creadas por las fases precedentes de compresión propagándose desde la región del Atlas.

El modelo de bloques levantados

Araña y Ortiz (1991) propusieron un modelo alternativo en el cual el acortamiento de la litosfera, en fallas inversas de ángulo elevado, provocan fusión por descompresión de la astenosfera debajo de los bloques en elevación. Existe evidencia de levantamiento localizado de varios kilómetros en algunas islas, particularmente en la Serie Submarina de La Palma (Staudigel y Schmincke, 1984) y Fuerteventura (Ancochea y colaboradores, 1996). Sin embargo, el modelo de Araña y Ortiz requiere el levantamiento sistemático y continuo de todas las islas a alturas del orden de decenas de kilómetros para producir la fusión por descompresión en la escala y grado de fusión parcial que se requiere para explicar el volumen y la composición de las magmas de Canarias (McKenzie y Bickle, 1988), muy especialmente las que caracterizan la etapa inicial del volcanismo subaéreo en las islas más antiguas. No existe evidencia, ni aún

remotamente, que sugiera la ocurrencia de levantamientos a esta escala en las Canarias. Finalmente, en este modelo el inicio del volcanismo debería estar casi sincronizado a lo largo de todo el archipiélago, en vez de la progresión general observada hacia el océano del volcanismo subaéreo más antiguo de las islas (Fig. 2 A y B).

El modelo de la fractura propagante

La propuesta de que el magmatismo en el Archipiélago Canario puede estar relacionado con la evolución tectónica del extremo occidental de la cadena alpina cobró más significación en los años que siguieron a la divulgación por vez primera de las hipótesis contrastadas para explicar el origen de cadenas de islas volcánicas oceánicas (Morgan, 1971; McDougall, 1971). El modelo, oportunamente propuesto por Anguita y Hernán en 1975, sigue siendo uno de los trabajos más ampliamente citados en la literatura sobre las Islas Canarias. Sin embargo, se basaba en determinaciones de edad que posteriormente fueron substancialmente revisadas y en información geológica muy pobre sobre las islas occidentales. La información geológica actual muestra que este modelo está en claro conflicto con muchas características geológicas importantes.

En la hipótesis de fractura propagante citada por Anguita y Hernán, es la propia fractura al extenderse por la litosfera oceánica la que genera las condiciones apropiadas para “extraer” el magma desde la astenosfera iniciando el volcanismo a su paso. El origen de la ruptura de la litosfera estaría relacionado, como ya se ha indicado, con los sucesivos impulsos orogénicos asociados al tectonismo del Atlas (Fig. 1).

Este modelo estaba basado principalmente en a) una aparente progresión continua hacia el continente de las edades más antiguas del volcanismo subaéreo, y b) la presencia en las islas de interrupciones de actividad, relacionadas por los autores con episodios sucesivos de compresión-distensión de la banda del Atlas; las interrupciones o “gaps” excluirían un mecanismo de punto caliente, que, según estos autores, requiere una continuidad de la actividad volcánica.

Hay varias objeciones principales que hacer a esta hipótesis. La progresión continua hacia el océano de las edades subaéreas más antiguas en las Canarias descrita por Anguita y Hernán en su modelo de 1975 dista mucho de ser consistente. Una comparación de la Fig. 1 de Anguita y Hernán (1975) y la Fig. 2A de este trabajo muestra diferencias substanciales. Aunque se mantiene una progresión general, ésta no se aplica a casos concretos como Fuerteventura y Lanzarote, o La Gomera y Tenerife. Tal como se ha documentado recientemente (Ancochea y colaboradores, 1996), la isla de Fuerteventura es una alineación de complejos volcánicos con edades subaéreas más antiguas de unos 22-20 ma. Es, tal vez, más acertado interpretar a Lanzarote como una simple prolongación de Fuerteventura hacia el NE (en dirección paralela al margen continental). Ambas islas están de hecho separadas por un angosto estrecho con una profundidad menor de 100 m, inferior a las oscilaciones eustáticas de las glaciaciones (ver Fig. 5). Los complejos volcánicos que forman Lanzarote muestran las edades más antiguas (15 ma del macizo de Los Ajaches y 11 ma el de Famara) disminuyendo hacia el NE (Abdel-Monem y colaboradores, 1972; Coello y colaboradores, 1992), en concordancia con la mencionada extensión de Fuerteventura hacia el NE. La propagación inicial del volcanismo en Canarias sería, cuando sólo existían estas dos islas, en dirección opuesta a la fractura propagante postulada por los mencionados autores.

El otro aspecto a destacar es la relación de edad de La Gomera y Tenerife. Como ya se ha mencionado, la isla de Tenerife probablemente empezó a crecer sobre el flanco de La Gomera cuando esta isla ya hubo alcanzado su pleno desarrollo y se aproximaba a la etapa de interrupción (“gap”). Resulta difícil relacionar esta “anomalía” a una fractura propagante procedente del Atlas. Si se puede concebir en el contexto de una pluma del manto que se desplaza muy lentamente: la situación casi estacionaria del punto caliente podría, después de un avanzado desarrollo de La Gomera, haber desviado su actividad volcánica en dirección

contraria al desplazamiento general, iniciando la formación de Tenerife. La propia isla de La Gomera podría haber contribuido a este proceso, como veremos más adelante.

Los largos periodos de reposo o “gaps” (ver Fig. 2A) han sido repetidamente postulados por Anguita y Hernán (1975, 1986) como una de las principales evidencias en contra de un modelo de punto caliente para Canarias, como hemos indicado y analizado anteriormente. Este tipo de interrupciones se observa en las Islas Hawaii, donde no se cuestiona su asociación con un punto caliente. Es cierta la duración más larga de las interrupciones del volcanismo en las Islas Canarias en relación con las Islas Hawaii, probablemente relacionada con las diferencias mencionadas en ambos archipiélagos en el entorno geodinámico, la velocidad de desplazamiento de las placas litosféricas, las condiciones de la litosfera y el dinamismo y fertilidad de los puntos calientes respectivos, etc.

Una fuerte objeción a este modelo está relacionada con la producción de magma requerida para construir las Islas Canarias por la simple extensión litosférica, en ausencia de una anomalía astenosférica. Existe volcanismo cuaternario (basanitas y basaltos alcalinos) en el Atlas Medio de Marruecos (Harmand y Cantagrel, 1984). Sin embargo, los pequeños grados de extensión litosférica asociados a la tectónica del Atlas, que pueden resultar suficientes para el volumen de este volcanismo del Atlas, excluyen la posibilidad, con la visión moderna de los procesos de fusión parcial del manto (McKenzie y Bickle, 1988), de la generación de un volumen suficiente de magma como para originar el Archipiélago Canario en ausencia de temperaturas astenosféricas anormalmente altas, que es en realidad lo que se conceptúa como un punto caliente.

Una objeción final adicional está relacionada con la propagación de esfuerzos tensionales tectónicos desde la litosfera continental a la oceánica. En la hipótesis más sencilla de Anguita y Hernán (1975), las Islas Canarias se originarían por una extensión “off-shore” de la Falla Trans-Agadir. Sin embargo, no sólo no existe evidencia de una extensión oceánica de la falla, sino que su mera existencia puede resultar inviable. El análisis de las diferencias en la resistencia a los esfuerzos distensivos de los continentes y los océanos ha constituido un importante tema en el estudio del desarrollo de los bordes de las placas litosféricas. Vink y colaboradores (1984) han analizado estas diferencias, llegando a la conclusión de que los continentes siempre son considerablemente más débiles. Steckler y ten Brink (1986) analizaron la resistencia total de las litosferas continental y oceánica. Aplicando sus conclusiones al margen africano en la región del Atlas, resulta evidente que la antigua litosfera oceánica de >150 ma es considerablemente más resistente que el continente, excluyendo a priori cualquier propagación de fracturas formadas en el continente hacia el océano y hacia las Canarias.

Estudios sísmicos, magnéticos y geológicos llevados a cabo en la costa de Marruecos (Dillon y Sougy, 1974) concluyeron que el sistema Anti-Atlas termina abruptamente al llegar a la costa, sin evidencia alguna de su prolongación hacia el océano.

El modelo del punto caliente

La asociación del archipiélago a un punto caliente astenosférico fue avanzada a principios de los años 70 por Burke y Wilson (1972) y ha sido propuesta repetidas veces desde entonces (Schmincke, 1973; Carracedo, 1979; Feraud y colaboradores, 1985; Holik y colaboradores, 1991; Hoernle y Schmincke, 1993; Watts, 1994; Carracedo, 1994, 1996a; Carracedo y colaboradores, 1997a).

El modelo del punto caliente fue definido por vez primera en las islas Hawaii, donde una pluma muy fértil del manto y una placa en rápido movimiento se combinaron para dar lugar a una prototípica cadena insular inducida por un punto caliente. Sin embargo, como sucede en el caso de las Islas Canarias, no se puede esperar que estas circunstancias prototípicas estén siempre presentes. La amplia variación de las características de las islas oceánicas intraplaca ha sido destacada por Watts (1994), quien relacionaba estas variaciones a

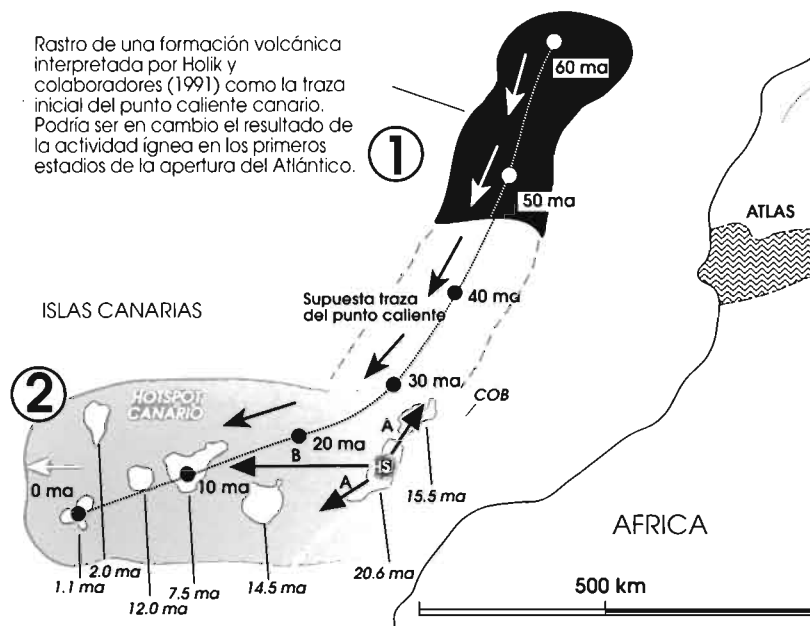


Fig. 6 - Diagrama que ilustra la génesis de las Islas Canarias en relación a un punto caliente fijo en el manto a la altura de la posición actual de la isla de El Hierro. Explicación en el texto

los movimientos absolutos de las placas y a las propiedades térmicas y mecánicas de la litosfera, aspectos que ya hemos mencionado anteriormente. Puede que estas circunstancias jueguen un papel en oscurecer la firma típica de los puntos calientes en circunstancias como las que ocurren en Canarias o en Cabo Verde.

Las Islas Canarias y de Cabo Verde parecen ser las únicas regiones del noroeste de África que presentan esfuerzos generados por convección en modelos globales derivados de datos gravimétricos de satélite y superficiales. Un trabajo reciente de recopilación de la sismicidad intraplaca en el Atlántico en el período 1918-1990 (Wyssession y colaboradores, 1995) muestra que la sismicidad en el margen continental del Atlántico NE está concentrada en las Islas Canarias y de Cabo Verde. Los autores interpretan que la sismicidad está principalmente asociada a la actividad de estos puntos calientes. Es

notable que, en su recopilación, la mayoría de la sismicidad asociada a las Islas Canarias está distribuida precisamente en la parte occidental del archipiélago y más al interior del Atlántico, lo que concuerda con este modelo.

Estudios sísmicos llevados a cabo en la costa de Marruecos (Holik y colaboradores, 1991) identificaron una inversión en la velocidad de propagación entre: 1) una formación con 4.7 km/s, 2) los sedimentos subyacentes, con 3.1 km/s, y 3) una capa de corteza más profunda, con velocidades anómalas de 7.1-7.4 km/s. Estos autores interpretaron que esta secuencia estructural tenía un origen volcánico, la huella del paso de un punto caliente que ha estado rejuveneciendo la corteza antigua a la altura de la costa de Marruecos desde hace aproximadamente 60 ma (1 en Fig. 6). Estos autores siguen el rastro del punto caliente, que denominan "the Canarian Hotspot", en un recorrido que va desde el norte de las Islas Canarias trazando un amplio arco que conecta con las Canarias orientales, terminando en la isla de El Hierro, que estaría situada en la vertical del punto caliente.

Este modelo es, sin embargo, muy especulativo. Con la información geológica disponible, es difícil excluir la posibilidad de que esa secuencia interpretada como originada por un punto caliente no sea, en realidad, motivada por la actividad ígnea en las primeras etapas de la ruptura continental y apertura del Atlántico.

Watts (1994) ha postulado en cambio un punto caliente con una extensión más restringida, circunscrita al área del archipiélago y probablemente extendiéndose en sus etapas más distales por debajo del continente africano (2 en Fig. 6).

En cualquier caso, contrariamente al modelo de fractura propagante, el modelo del punto caliente no solamente no entra en conflicto con la información geológica disponible sino que de hecho explica muchas de las inconsistencias señaladas en el desarrollo de las Islas Canarias.

En nuestro modelo, postulamos que las Canarias fueron originadas por una pluma astenosférica. Las primeras manifestaciones volcánicas de este punto caliente se habrían localizado en la interfase continente-oceano (continental-oceanic boundary, COB) al oeste de Fuerteventura (ver Figs. 5 y 6). La potencia de los sedimentos, que alcanzan 10 km en el margen continental, deberían constituir un factor decisivo en modificar la resistencia de la

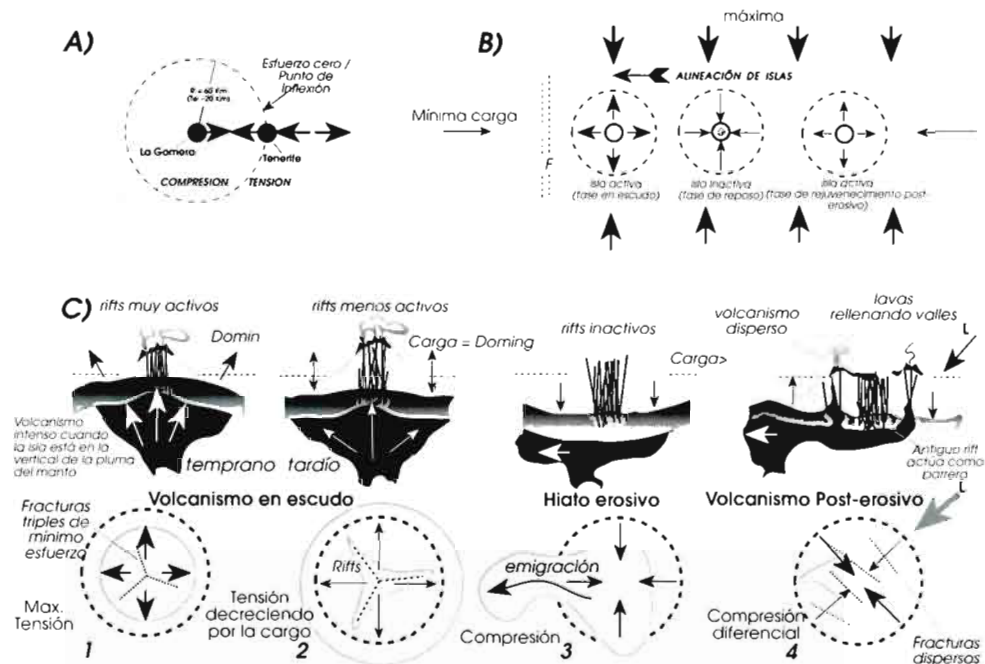


Fig 7 - La interacción de unas islas y otras en las cadenas de islas oceánicas de punto caliente influye decisivamente en la generación de las propias alineaciones y en la evolución posterior de los edificios volcánicos, como se ilustra en la figura y se explica en el texto

litosfera. La menor carga y conductividad de los sedimentos están, en efecto, asociadas con un debilitamiento significativo de la litosfera (Vink y colaboradores, 1984).

La potente secuencia sedimentaria en el margen continental frente a Cabo Juby puede haber proporcionado una salida favorable para el primer volcanismo canario, conformando la alineación de complejos volcánicos paralela a la costa descrita por Ancochea y colaboradores (1996). En esta etapa inicial —el edificio volcánico submarino no plegado ha sido datado en unos 36 ma (Abdel-Monem y colaboradores, 1972)— el volcanismo puede haber estado propagándose hacia el NE a lo largo del margen continental, formando la alineación muy temprana de Fuerteventura-Lanzarote (A en Fig. 6). A favor de esta especulación está la observación de Dillon y Sougi (1986), que indican la interacción entre el volcanismo de las Islas Canarias y el margen continental africano frente al Cabo Juby, donde se alinean montes submarinos de intensa magnetización justo en la base del talud continental a lo largo de líneas que prolongan la alineación de Canarias (the Canary trend).

Como se ha indicado, la presunción de que el Archipiélago Canario progresa desde Lanzarote hasta Fuerteventura y hacia el océano es inconsistente con la información geocronológica y geológica actualmente disponible, y probablemente refleja una tendencia injustificada de relacionar las Islas Canarias y el tectonismo del Atlas. Tras esta etapa temprana de formación de las Islas Canarias, el lento desplazamiento del punto caliente puede haber iniciado la continua tendencia hacia el oeste seguida por las demás islas (B en Fig. 6), en una sucesión congruente en general con la progresión postulada del punto caliente.

La excepción de Tenerife a la tendencia normal de progresión de este modelo cinemático, aunque ya inicialmente discutida, merece un mayor análisis. Tal como fue modelado por ten Brink (1991), la flexión de la litosfera por la carga de un volcán-isla origina tensiones horizontales de desviación: el punto más cercano en el que puede desarrollarse un nuevo volcán se encuentra limitado por el punto de esfuerzo cero o punto de inflexión, donde los esfuerzos cambian de compresivos a distensivos (Fig. 7 A). El espaciado de los volcanes es una función del espesor elástico (T_e) de la placa. Al valor de $T_e = 20$ Km deducido por Watts (1994) para la región Tenerife-La Gomera correspondería un espaciado mínimo de unos 60 Km, precisamente la distancia aproximada entre Tenerife y La Gomera. En un periodo de lento

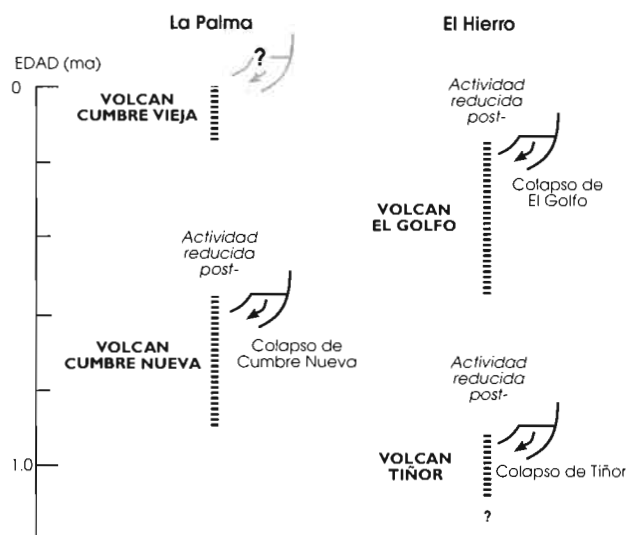


Fig. 8 - La precisa datación del volcanismo cuaternario en las islas de La Palma y El Hierro pone de manifiesto lo que parece ser una alternancia "on-off" de la actividad eruptiva. La asociación de estas fases alternantes en ambas islas podría estar relacionada con la restauración del equilibrio de los volcanes-isla excesivamente desarrollados, por medio de deslizamientos de grandes masas. El efecto, prácticamente instantáneo en términos geológicos, de relajación de la carga vertical de las islas por efecto del rebote originado al perder súbitamente una parte substancial del volumen, podría cambiar rápidamente el campo de esfuerzos de distensivos a compresivos, lo que explicaría la alternancia observada.

desplazamiento de la placa africana, el magma podría haberse canalizado hacia el E de La Gomera, originando la isla de Tenerife en el punto de inflexión opuesto a la progresión general del archipiélago.

Si consideramos una cadena insular originada por un punto caliente, la carga activa de las sucesivas islas se superpone, generando una carga máxima perpendicular a la alineación de las islas, con la menor carga en el eje de la alineación (Fig. 7 B). Si la pluma astenosférica tiene baja actividad y se desplaza muy lentamente como parece que lo hace el punto caliente de Canarias, la distribución de cargas puede desempeñar un papel clave en el emplazamiento de nuevos volcanes. Los nuevos volcanes-islas tenderán a desarrollarse delante del eje largo de la cadena de islas, aunque, excepcionalmente, las tensiones impuestas por la isla que encabeza la alineación pueda obligar al nuevo volcán a desarrollarse en un punto de inflexión situado atrás, y opuesto por lo tanto a la progresión general del punto caliente. Las tensiones originadas por las cargas compuestas en la parte frontal de la cadena en estas plumas de actividad lenta pueden originar fracturas o zonas débiles a un ángulo recto al eje de menor carga. Los volcanes-isla pueden entonces desarrollarse en alineaciones volcánicas perpendiculares a la alineación del punto caliente, como

puede ser el caso de las islas de La Palma y El Hierro. Esto explicaría la sorprendente conexión "on-off" del volcanismo en estas dos islas juveniles del archipiélago (Fig. 8).

Un aspecto de interesante consideración es la misma existencia de "islas". ¿Por qué, si el punto caliente presenta una actividad muy continuada en término de decenas de millones de años, se producen edificios volcánicos separados (islas) y no una dorsal volcánica emergida continua? Este interrogante ha sido analizado en las Islas Hawaii. La explicación más sencilla es que los conductos que conectan la pluma magmática con la superficie se doblan por efecto del desplazamiento de la placa, hasta que finalmente se desconectan generándose un nuevo conducto que produce una nueva isla. Un modelo muy diferente intenta conciliar la observación de que los volcanes hawaianos, con la excepción de Koolau en Oahu, son de polaridad geomagnética normal. Parece inferirse de esto que la actividad eruptiva está modulada por procesos internos que relacionan el campo magnético terrestre y la generación magmática, ocurriendo preferentemente en los periodos de polaridad normal del campo magnético terrestre, que constituyen sólo la mitad del tiempo (Moberly y Campbell, 1984). Sin embargo, los estudios realizados en Canarias excluyen esta hipótesis, ya que presentan similar frecuencia los volcanes de polaridad normal e inversa (Watkins, 1974; Carracedo, 1979; Carracedo y Soler, 1995; Pérez Torrado y otros, 1995; Guillou y colaboradores, 1996).

Como se muestra en la Fig. 7 B, el crecimiento de una nueva isla en la cabeza de la cadena puede imponer cargas activas sobre las precedentes. Estos sistemas de esfuerzos pueden cambiar de distensivos a compresivos y la isla afectada puede volverse inactiva, entrando en la etapa de reposo ("gap stage"). La acomodación de la carga puede eventualmente relajar los esfuerzos y permitir que los campos de compresión se debiliten y que la actividad volcánica se reanude, iniciando la etapa post-erosiva de rejuvenecimiento (ten Brink y Brocher, 1987).

El esquema de la Fig. 7 C ilustra un modelo sencillo de la evolución de las islas situadas en el frente de las alineaciones de islas volcánicas de punto caliente. Los empujes verticales iniciales de la pluma magmática originan abombamiento y fracturación de la corteza, desarrollándose fracturas triples de mínimo esfuerzo (1), que presentan la típica configuración regular en estrella tipo "Mercedes-Benz" (Carracedo, 1994, 1996a, 1996b). Se desarrollan así

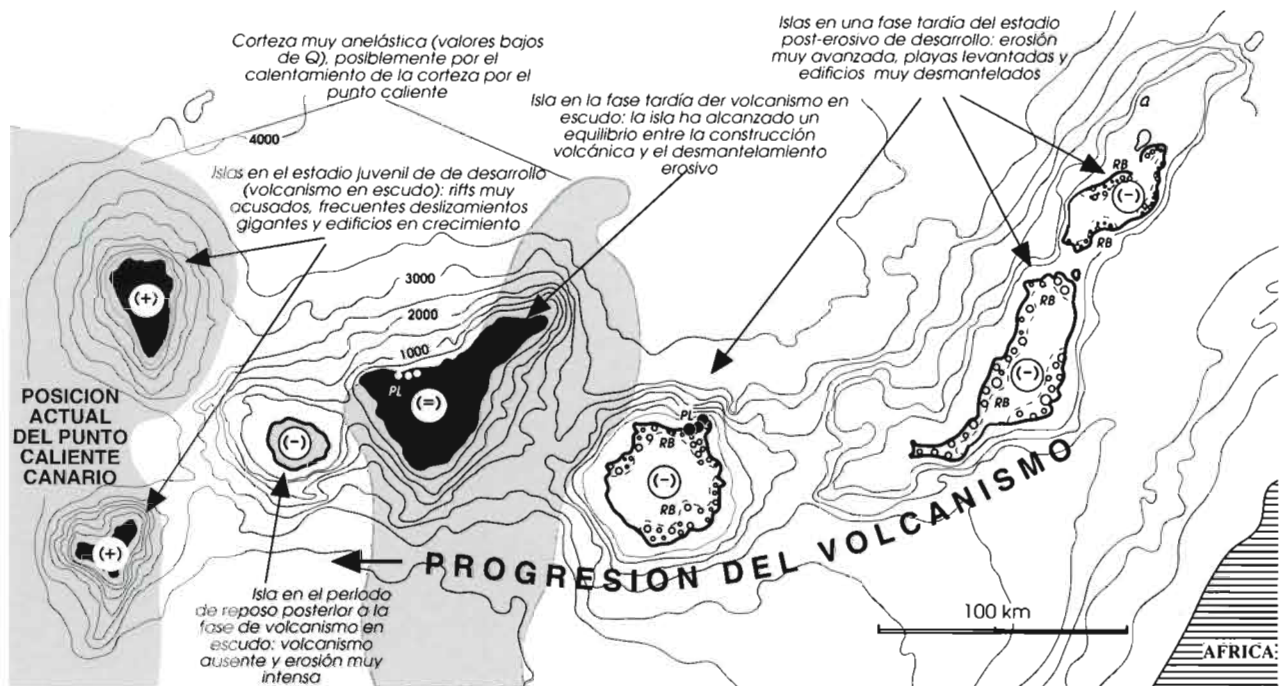


Fig. 9.- La presencia de un punto caliente en el área occidental del archipiélago parece corroborarse por estudios sísmicos, donde se definen áreas en que las ondas sísmicas se absorben de forma diferente (Canas y colaboradores, 1994), dependiendo al parecer de la temperatura de la litosfera oceánica. En las zonas de sombra de la figura, la temperatura sería más alta de lo normal, es decir, habría una anomalía térmica en relación con el punto caliente mencionado. PL: pillow lavas; RB: playas levantadas. Los signos (+), (=) y (-), hacen referencia a que los edificios insulares estén creciendo, en equilibrio entre crecimiento volcánico y erosión, o en franco desmantelamiento erosivo. La erosión incluye los deslizamientos gigantes.

los rifts activos que controlan posteriormente el crecimiento del volcán-isla a lo largo de la etapa de crecimiento en escudo (2). En una fase tardía de esta etapa (3), las tensiones inducidas por la carga se relajan, los esfuerzos cambian a compresivos y los rifts se vuelven inactivos, hasta que, eventualmente, se disipan estas condiciones y puede reanudarse el volcanismo.

Las concentraciones iniciales del volcanismo en los rifts se relaja a medida que la cabeza de la pluma emigra. Las cargas impuestas por la cadena de islas dispersa el volcanismo en la etapa post-erosiva de rejuvenecimiento, originándose alineaciones volcánicas totalmente independientes de los anteriores rifts (4).

La Fig. 9 resume el estado presente de evolución del archipiélago. La Palma y El Hierro se encuentran en la fase juvenil de desarrollo del volcanismo en escudo, y la construcción volcánica predomina ampliamente sobre el desmantelamiento erosivo, incluyendo la pérdida de masa por los relativamente frecuentes deslizamientos gigantes. Estas islas están en una fase de rápido crecimiento.

La isla de Tenerife, en una fase tardía de la etapa en escudo, podría encontrarse en una fase de actividad volcánica menguante, probablemente acercándose al periodo de reposo. El crecimiento de la isla está equilibrado con la pérdida de masa.

La Gomera, en una fase avanzada del periodo de reposo ("gap-stage"), está fuertemente erosionada y perdiendo rápidamente volumen que la construcción volcánica no compensa. Sin embargo, aunque considerada generalmente como volcánicamente extinguida, esta isla podría pasar en un futuro geológico por una fase de actividad volcánica correspondiente al periodo de rejuvenecimiento post-erosivo.

La pérdida de masa se acentúa en las islas orientales de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote, actualmente en la etapa post-erosiva. Ajustes isostáticos y basculamientos relacionados con esta importante pérdida de volumen deben estar en el origen de algunas

playas fósiles levantadas frecuentes en esta parte del archipiélago.

Las áreas sombreadas en la Fig. 9 indican zonas de elevada atenuación sísmica (Canas y colaboradores, 1994), que puede estar señalando la presencia de una astenosfera fuerte, probablemente en relación con el rejuvenecimiento originado por la actividad del punto caliente. Como muestra la figura, la isla de La Gomera aparece situada en una cuña de atenuación comparativamente más baja, observación que está en concordancia con las diferencias antes mencionadas de edad y desarrollo de La Gomera en relación con las islas circundantes.

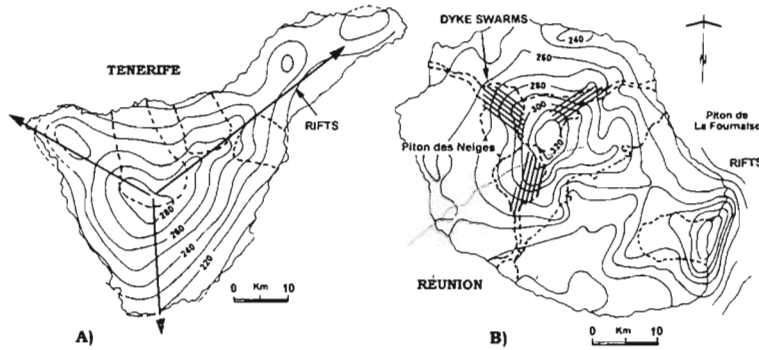


Fig. 10.- Tanto en la Isla de La Réunion, como en Tenerife, los mapas gravimétricos ponen de manifiesto la presencia de zonas de concentración de diques con una disposición en estrella tipo "Mercedes-Benz". Estos enjambres de diques forman el núcleo de los rifts, denominados en Canarias "dorsales". Los rifts controlan desde sus fases iniciales el desarrollo de las islas y la distribución espacial del volcanismo

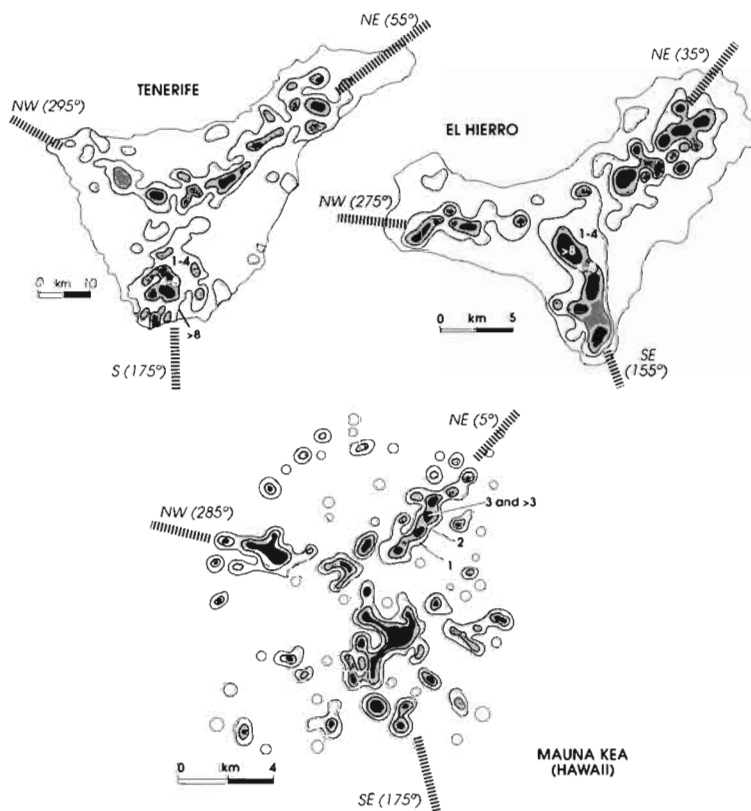


Fig. 11 - Concentración de los centros eruptivos en rifts triples con la característica geometría en estrella "Mercedes-Benz". Estas estructuras tecto-volcánicas están presentes en todas las islas volcánicas oceánicas de punto caliente. Su geometría regular queda condicionada por la geometría de fracturación de mínimo esfuerzo, por efecto del empuje ascensional del magma que genera las islas. En la figura se indica la concentración de centros eruptivos en las islas Canarias en fase de desarrollo en escudo y en el volcán Mauna Kea (Porter, 1972).

6. ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS CARACTERÍSTICAS DE CANARIAS

Entre las grandes estructuras que caracterizan el volcanismo de las islas oceánicas de punto caliente describimos aquí las dos más significativas: Los rift triples en estrella regular tipo "Mercedes-Benz" (Carracedo, 1994, 1996a, 1996b) y los deslizamientos gravitatorios gigantes (Holcomb y Searle, 1991; Carracedo, 1994, 1996a; Carracedo y colaboradores, 1997; Masson y Watts, 1995).

Rifts triples

Los rifts múltiples tienen una importancia decisiva en el control del crecimiento de las islas y en la distribución espacial del volcanismo. Aunque parecen una característica general de las islas volcánicas oceánicas, su modelización ha sido posible en Canarias por la circunstancia única de existir en estas islas una tupida red de galerías subterráneas perforadas en las últimas décadas para la explotación de las aguas freáticas, innecesarias en la mayoría de las islas oceánicas por la abundante pluviosidad. Estas galerías permiten el acceso directo a la estructura profunda de las islas, aspecto imposible en el resto, donde estas observaciones son fundamentalmente indirectas, por métodos geofísicos.

En Canarias, los sistemas de rifts triples, localmente denominados "dorsales", son fácilmente identificables en las islas de La Palma, El Hierro y Tenerife, precisamente las islas en la etapa de crecimiento en escudo. Estas estructuras se desmantelan o pierden su geometría regular en las fases posteriores de erosión (gap) y volcanismo post-erosivo. Hemos podido deducir, en un estudio reciente de la estructura de la isla de La Réunion, la presencia de un sistema de rift triple (con la típica geometría en estrella "Mercedes-Benz")

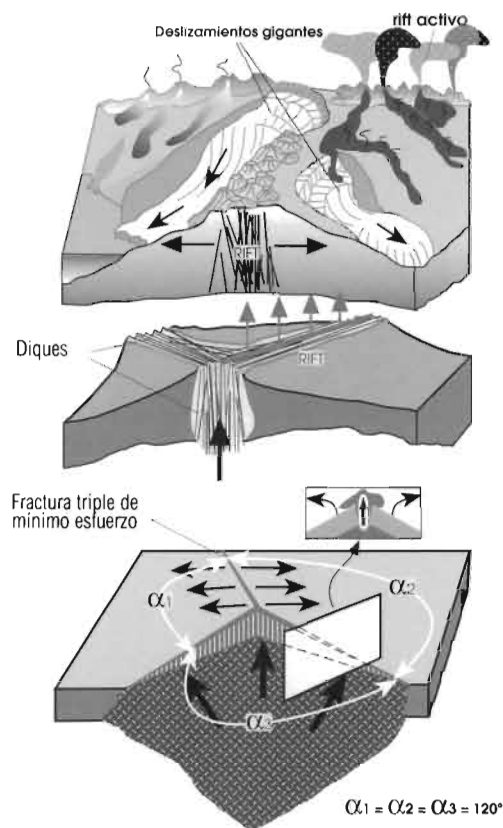


Fig. 12.- La formación de los rifts triples explica aspectos muy importantes de la geología, morfología y riesgo volcánico en las Islas Canarias. Estos rifts controlan la distribución de las erupciones y, eventualmente, desencadenan deslizamientos gigantes que restauran el equilibrio de los edificios insulares, permitiendo la continuación de su desarrollo.

en el volcán Piton des Neiges (Fig. 10). Sin embargo, las tres ramas del rift triple han sido substituidas, por un proceso erosivo, en los espectaculares circos de Cilaos, Mafate y Salazie, muy parecidos morfológicamente a la Caldera de Taburiente en La Palma. El predominio en estos rifts o dorsales de los centros de emisión, compuestos fundamentalmente por materiales piroclásticos fácilmente erosionables, ha favorecido la sustitución de las crestas topográficas formadas por los rifts por profundos valles, en un ejemplo típico de inversión del relieve. En ausencia de galerías, los enjambres de diques que caracterizan la estructura profunda de estos rifts han sido puestos de manifiesto con técnicas geofísicas (mapas de anomalías de Bouguer, Lesquer, 1990), aunque hemos podido observar en las paredes de estos circos numerosos diques que siguen la dirección del eje largo de estas grandes depresiones. Las crestas de los mapas gravimétricos (Fig. 10), con la típica estructura regular de estos sistemas de rifts en islas de punto caliente, ponen de manifiesto las zonas de alta concentración de diques. Una disposición similar se ha encontrado en Tenerife (McFarlane y Ridley, 1968), como se ve en la Fig. 10.

Los rifts con tres ramas a 120° fueron descritos por primera vez por Wentworth y McDonald (1953) en los volcanes hawaianos en escudo. Se trata de crestas topográficas en las que se concentran los centros eruptivos (Fig. 11), conectados en zonas más profundas con un denso enjambre de diques (Fig. 12).

La observación en Canarias de la parte profunda de estas estructuras volcánicas, gracias a la abundancia de galerías subterráneas, permitió finalmente su modelización (Carracedo, 1994, 1996a, 1996b), como se indica en la figura 12. El origen de los rifts triples no parece otro que la fracturación de mínimo esfuerzo de la corteza oceánica por efecto del empuje ascensional del magma (Carracedo, 1994, 1996a). Hay que tener en cuenta que, en la fase inicial, el magma no tiene por qué disponer de una salida fácil, sino que tiene que generarla por los procesos generalmente conocidos por "doming" y "fracturing" (abombamiento y fracturación). Es precisamente en estos procesos iniciales cuando se generan las fracturas regulares a 120° , que son las que se forman preferentemente entre todas las geometrías posibles por efecto de una carga vertical sobre una capa homogénea. La función que define esta geometría fue definida por Luongo y colaboradores (1991) como:

$$f(\alpha_1, \alpha_2) = \frac{\tan \frac{\alpha_1}{2} + \tan \frac{\alpha_2}{2} + \tan \left(\pi - \frac{\alpha_1}{2} - \frac{\alpha_2}{2} \right)}{\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 + \sin (2\pi - \alpha_1 - \alpha_2)}$$

donde α_1 y α_2 son los ángulos entre las fracturas, y $\alpha_3 = 2\pi - \alpha_1 - \alpha_2$. El valor mínimo de esta función está determinado por:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 2.09 \text{ rad} = 120^\circ$$

por lo que:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 120^\circ.$$

Una vez establecidas las fracturas se produce un proceso "auto-alimentado" por el cual la salida a la superficie del magma se hará preferentemente por este camino de mayor facilidad. Esta es la explicación de la espectacular concentración de diques en el eje de los rifts. Por otra parte, la propia anisotropía originada por los planos de los diques fuerza la intrusión

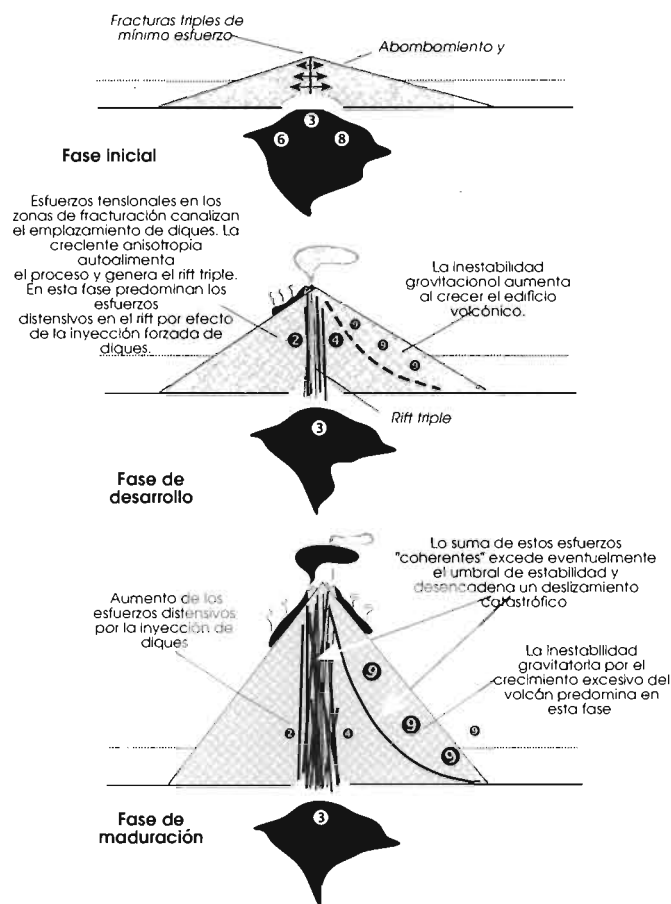


Fig. 13 - Esquema que ilustra la asociación de los rifts con los deslizamientos gravitatorios masivos.

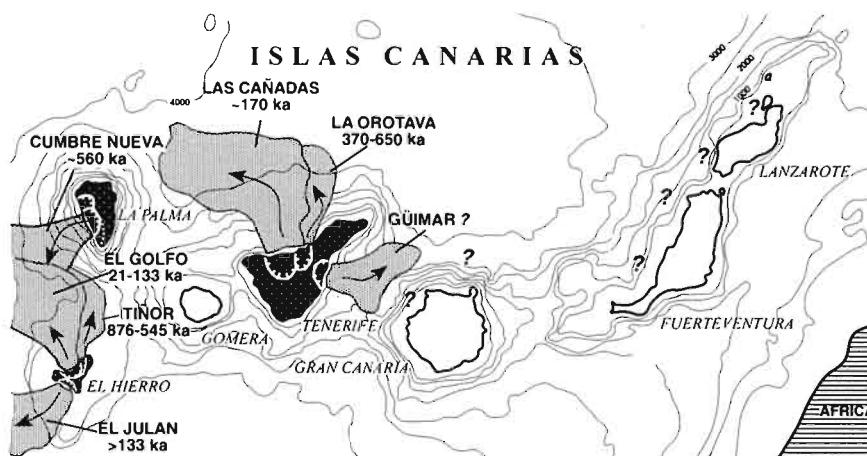


Fig. 14 - Deslizamientos gravitatorios gigantes han sido documentados recientemente en las Islas Canarias tanto en tierra (on-shore) como en los mares circundantes (off-shore). Como se observa en la figura, estos fenómenos son observables en las islas en estado de desarrollo en escudo. Sin embargo, es lógico pensar que hayan ocurrido de igual forma en las etapas en escudo de las islas más antiguas del archipiélago. Asociadas a estos deslizamientos masivos se producen olas gigantescas (tsunamis), de centenares de metros de altura, que alcanzan a todo el archipiélago e incluso las costas más remotas, con efectos evidentemente catastróficos.

de los nuevos, acentuando progresivamente la concentración de las emisiones en los rifts.

Las implicaciones de la presencia de estas estructuras en las islas volcánicas oceánicas de punto caliente son verdaderamente cruciales. Controlan el crecimiento y la forma de las islas en sus etapas fundamentales de construcción en escudo (de ahí la frecuente forma triangular de las islas), la distribución del volcanismo, y por ello del riesgo volcánico (la inmensa mayoría de las erupciones recientes y todas las históricas de Canarias se han localizado en estos rifts activos), y favorecen y controlan de forma decisiva la destrucción masiva de los edificios insulares en esporádicos eventos catastróficos (deslizamientos gravitatorios gigantes), como vamos a ver a continuación.

Deslizamientos gigantes

Los deslizamientos de los flancos de las islas volcánicas oceánicas, con volúmenes de centenares e incluso miles de km³, son otra característica de la actividad de los puntos calientes. Sus efectos fueron identificados por primera vez en tierra y en los fondos marinos circundantes en las Islas Hawaii (Moore y colaboradores, 1989). El efecto de la inmersión súbita en el mar de tales volúmenes de rocas produce asimismo olas gigantescas ("tsunamis"), de centenares de metros de altura, que generan efectos devastadores con carácter planetario.

El papel de la inyección continuada de diques en los rifts, con el efecto dilatador de las sucesivas "cuñas" que suponen la inyección forzada de estas intrusiones, ha sido puesto de manifiesto por Swanson y colaboradores (1976) y, más recientemente, por McGuire (1996). En Canarias, la relación de los deslizamientos gigantes con los rifts es muy evidente (Carracedo, 1994, 1996a): los esfuerzos distensivos generados por la inyección forzada de los diques en los rifts se suma al progresivo desequilibrio de los edificios insulares por efecto de su crecimiento, provocando eventualmente el colapso de uno de sus flancos (Fig. 13). Estos colapsos suelen afectar a uno de los sectores definidos por la estructura en estrella a 120°, de tal forma que dos de los rifts empujan el bloque hacia el mar, mientras que el tercero hace de apoyo.

En las Islas Canarias se han identificado varios de estos espectaculares deslizamientos (Fig. 14), todos ellos en las islas en fase de construcción en escudo. Sin embargo, al igual que en el caso de

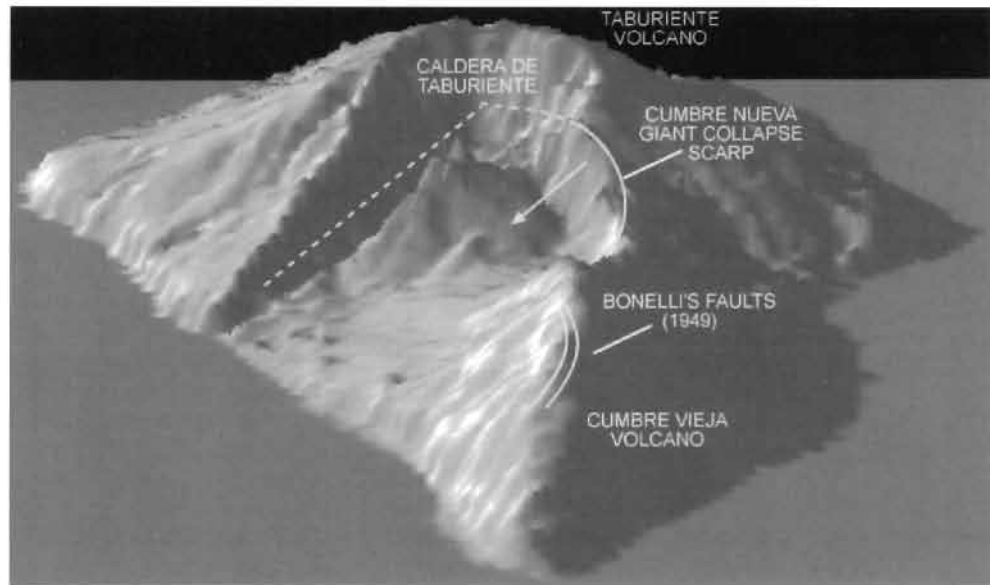


Fig. 15.- La emblemática Caldera de Taburiente, que ha dado nombre universal a las calderas volcánicas, puede deber su origen a uno de estos deslizamientos gigantes, concretamente al ocurrido hace unos 560.000 años en La Palma, que destruyó el flanco occidental de la dorsal de Cumbre Nueva y dio lugar al actual Valle de Aridane, en realidad una depresión originada por este deslizamiento.

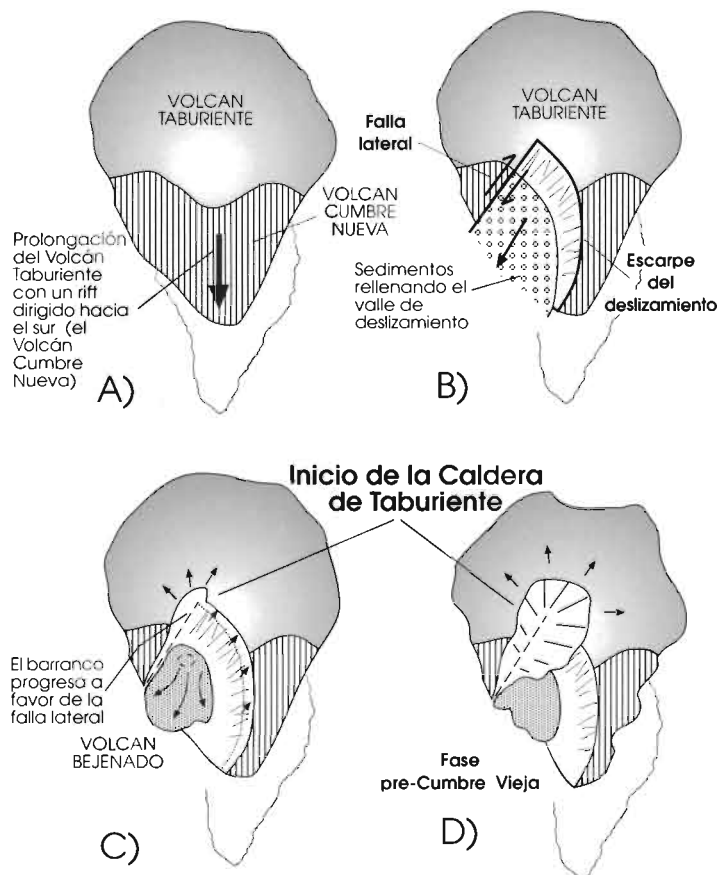


Fig. 16.- Sucesivas etapas en el desarrollo de la Caldera de Taburiente, inicialmente un barranco encajado en el cantil formado por la falla de desplazamiento lateral del deslizamiento gigante de Cumbre Nueva, ensanchada posteriormente por la erosión hasta formar la depresión calderiforme actual, de unos 15x6 km

los rifts, deben haber sido un proceso común en las etapas iniciales de construcción en todas las islas. Muchos de los grandes elementos del paisaje de las Canarias, como los Valles de La Orotava y Güímar y la Caldera de Las Cañadas, en Tenerife; el Valle de Aridane y la Caldera de Taburiente, en La Palma; los valles de El Golfo y El Julán, en El Hierro, son consecuencia de estos procesos catastróficos, que sólo son, por otra parte, una fase más de los procesos evolutivos de las islas.

La Caldera de Taburiente, sin duda uno de los elementos paisajísticos más espectaculares de Canarias (Fig. 15), es la localidad donde el nombre de "caldera" fue introducido en la terminología científica por Leopoldo von Buch en 1825. Sin embargo, el significado genético del término no es, en realidad, aplicable a este accidente geológico. Su origen parece estar en relación con el deslizamiento gigante del volcán Cumbre Nueva hace unos 560.000 años. El límite por el oeste de este colapso catastrófico, que produjo el actual Valle de Aridane, lo formó una falla lateral que debió coincidir aproximadamente con el eje de la Caldera de Taburiente (Fig. 16 B). Se formó así un cantil de centenares de metros que debió recoger y canalizar las aguas de lluvia y de caudalosos manantiales provocados por la apertura del valle de deslizamiento. El barranco formado (el Barranco de Las Angustias inicial) se encajaría profundamente, especialmente cuando empezó a levantarse el volcán Bejenado en el interior del valle de deslizamiento (Fig. 16 C). La continuación de la erosión esculpió la actual depresión calderiforme

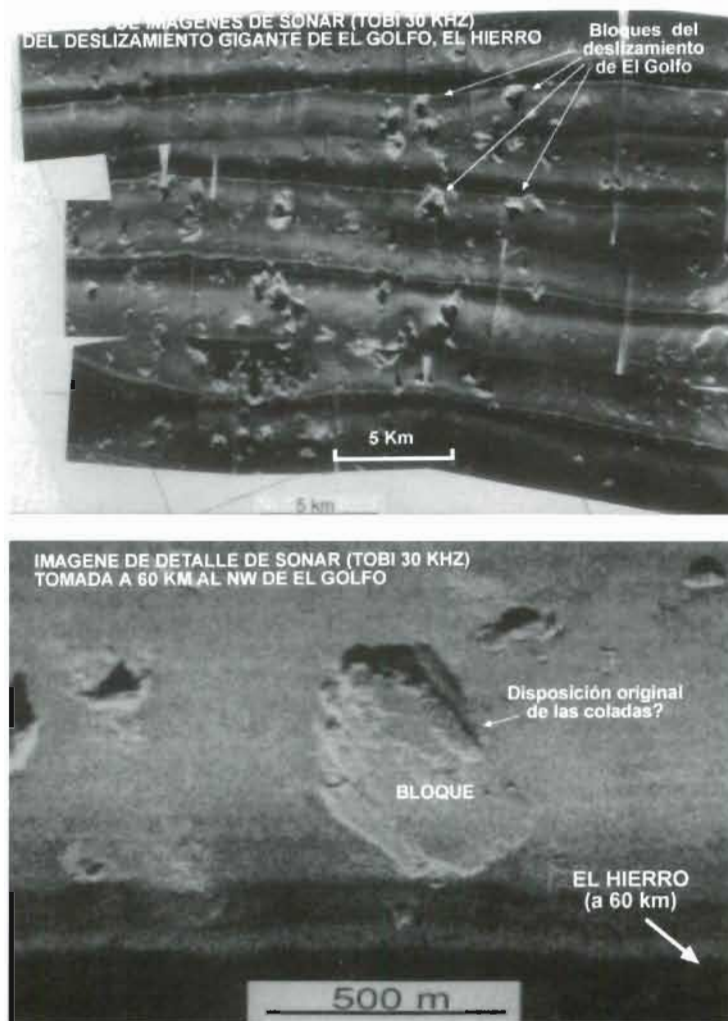


Fig. 17.- Imágenes de sonar en que se ven trozos de la isla de El Hierro de medio kilómetro de lado y donde se observa la secuencia original de lavas, arrastrados a distancias de hasta 60 km por el último deslizamiento gigante ocurrido en las Islas Canarias, concretamente el que produjo el valle calderiforme de El Golfo, hace unos 130 000 años. Las imágenes fueron obtenidas por Douglas Masson, del IOS (U.K.)

(Fig. 16 D), como ha sido descrito por Lyell (1855) y numerosos investigadores. Sin embargo, es posiblemente el proceso tectónico inicial el responsable último de la presencia de esta depresión (Carracedo y otros, 1997b), al igual que ocurre con la depresión de Las Playas, en el NE de la isla de El Hierro (Day y otros, 1997a).

Los deslizamientos gigantes esparcen volúmenes importantes de la superestructura emergida de las islas a distancias considerables (centenares de kilómetros), contribuyendo decisivamente a la disminución de su masa (Fig. 17).

Un aspecto importante a considerar es que, si bien todos los deslizamientos gigantes citados ya han ocurrido, y por consiguiente no suponen riesgo alguno (más bien al contrario, al haber restaurado el equilibrio de los edificios insulares), existe uno de estos rifts, el de Cumbre Vieja (ver Fig. 14), en La Palma, ya muy desestabilizado y que aún no ha restaurado el equilibrio por un proceso similar. El deslizamiento del flanco occidental de Cumbre Vieja puede contemplarse como un fenómeno posiblemente inevitable en términos geológicos (Carracedo, 1992; Carracedo y colaboradores, 1997b; Day y colaboradores, 1997b). Las fallas escalonadas en arco, con saltos de varios metros, que se abrieron en la parte alta del rift de Cumbre Vieja en la erupción de 1949 (Bonelli Rubio, 1959), han sido interpretadas por Day y colaboradores (1997b) como la posible manifestación en superficie de una zona de despegue del flanco occidental de Cumbre Vieja. Sin embargo, ésta no es la única explicación posible, existiendo otras que podrían ser más inocuas. Este problema debe por ahora considerarse como un objeto prioritario de investigación.

Por otra parte, estos procesos catastróficos acertadamente conocidos como de extremadamente

baja probabilidad de ocurrencia y efectos extremadamente elevados, requieren cientos e incluso miles de años para su desencadenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Las observaciones aquí expuestas han sido total o parcialmente revisadas por muchos colegas, cuyas valiosas sugerencias han ayudado considerablemente a enfocar y mejorar las ideas iniciales, sin que, sin embargo, sean coparticipes de cualquier error de apreciación de los autores. Entre estos colegas queremos destacar a George Walker, Robin Holcomb, Bruce Nelson, Uri ten Brink, Tim Minshall, Tony Watts y Hubert Staudigel. Para todos ellos nuestro agradecimiento más sincero. Hans Schmincke realizó observaciones críticas muy acertadas en la presentación de estas ideas en la XXI Asamblea General de la International Union of Geodesy and Geophysics, celebrada en julio de 1995 en Boulder, CO, USA, que han contribuido a la clarificación de algunos aspectos fundamentales, lo que le agradecemos sinceramente.

REFERENCIAS

- Abdel-Monem, A., Watkins, N.D. and Gast, P.W., 1972. Potassium-argon ages, volcanic stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary Islands. Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera. *Am. J. Sc.*, 272: 490-521.
- Ambroggi, R., 1963. Etude géologique du versant méridional de Haut Atlas occidental et de la plaine du Souss. Notes. Mem. Serv. Géol. Maroc., 157: 1-521.
- Ancochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. and Huertas, M.J., 1996. Volcanic complexes in the eastern ridge of the Canary Islands. the Miocene activity of the island of Fuerteventura. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 70: 183-204.
- Anguita, F. and Hernán, F., 1975. A propagating fracture model versus a hot spot origin for the Canary Islands. *Earth & Planet. Sc. Lett.*, 27, 1, 11-19.
- Anguita, F., Hernán, F., 1986. Geochronology of some canarian dike swarms: contribution to the volcano-tectonic evolution of the Archipiélago. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 30: 155-162.
- Araña, V. and Ortiz, R., 1991. The Canary Islands: Tectonics, magmatism and geodynamic framework. In: *Magmatism in extensional structural settings (The Phanerozoic African plate)*. Springer-Verlag, Barcelona, España: 209-563.
- Bonelli Rubio, J. M., 1950. Contribución al estudio de la erupción del Volcán del Nambroque o San Juan (Isla de La Palma), 24 de Junio-4 de Agosto de 1949. Instituto Geográfico y Catastral, Madrid.
- Buch, L.V., 1825. *Physicalische Beschreibungen der Canarischen Inseln*. Berlin: 1-201.
- Burke, K. and Wilson, J.T., 1972. Is the African plate stationary? *Nature*, 239: 387-390.
- Canas, J.A., Pujades, L.G., Blanco, M.J., Soler, V. and Carracedo, J.C., 1994. Coda-Q distribution in the Canary Islands. *Tectonophysics*, 246: 245-261.
- Carracedo, J. C., 1979. Paleomagnetismo e historia volcánica de Tenerife. *Aula de Cultura Cabildo Insular de Tenerife*.
- Carracedo, J. C., 1994. The Canary Islands: An example of structural control on the growth of large oceanic-island volcanoes. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 60, 3-4: 225-241.
- Carracedo, J. C., 1996a. A simple model for the genesis of large gravitational landslide hazards in the Canary Islands. In: *Volcano Instability on the Earth and other Planets*, McGuire, Jones and Neuberg, eds. Geological Society Sp. Pub. 110: 125-135.
- Carracedo, J. C., 1996b. Morphological and structural evolution of the western Canary Islands. Hotspot-induced three-armed rifts or regional tectonic trends? *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 72: 151-162.
- Carracedo, J.C. and Soler, V., 1995. Anomalous Shallow Paleomagnetic Inclinations and the Question of the Age of the Canarian Archipelago. *Geophys. J. Internat.*, 122/2: 393-406.
- Carracedo, J.C. and Rodríguez Badiola, E., 1991. La erupción de Lanzarote de 1730-36. *Serv. Pub. Cabildo de Lanzarote*. 183 pp.
- Carracedo, J.C., Rodríguez Badiola, E. and Soler, V., 1992. The 1730-1736 eruption of Lanzarote: an unusually long, high magnitude fissural basaltic eruption in the recent volcanism of the Canary Islands. *J. Volcanol. & Geotherm. Res.*, 53: 239-250.
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H., Rodríguez Badiola, E., Canas, J.A. and Pérez Torrado, F.J., 1997a. Geochronological, structural and morphological constraints on the genesis and evolution of the Canary Islands. *Internat. Workshop on Immature oceanic islands, La Palma, 1977*. Vol. Abstr. 45-48.
- Carracedo, J.C., Day, S.J. and Guillou, H., 1997b. Late (Quaternary) shield-stage volcanism in La Palma and El Hierro, Canary Islands. *Internat. Workshop on Immature oceanic islands, La Palma, 1977*. Vol. Abstr. 61-66.
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H. and Gravestock, P., 1997c. Geological colour map (1:33 000) of the Cumbre Vieja Volcano, La Palma, Canary Islands. *Pub. Consejo Superior de Investigaciones Científicas and Cons. Política Territorial, Gobierno Canarias*.
- Carracedo, J.C., Guillou, H. and Day, S., 1997. Unspiked K-Ar dating of the last glacially-induced sea-level rise recorded in a sequence of lava flows from La Palma, Canary Islands. *AGU Fall meeting, San Francisco, Nov. 1997*.
- Cassinol, C., Cornette, Y., David, B. and Gillet, P.Y., 1978. Technologie potassium-argon C.E.N., Saclay. *Rapp. CEA R-4802*, 37 pp.
- Cendrero, A., 1971. Estudio geológico y petrológico del Complejo Basal de La Gomera. *Estudios Geológicos*, 27: 3-73.
- Coello, J., Cantagrel, J.M., Hernán, F., Fuster, J.M., Ibarrola, E., Ancochea, E., Casquet, C., Jamond, C., Díaz De Terán, J.R. and Cendrero, A., 1992. Evolution of the eastern volcanic ridge of the Canary Islands based on new K-Ar data. *J. Volcanol. & Geotherm. Res.*, 53, 1-4: 251-274.
- Day, S. J., Carracedo, J.C. and Guillou, H., 1997a. Age and geometry of an aborted rift flank collapse: The San Andrés fault, El Hierro, Canary Islands. *Geolog. Mag.* 134 (4): 523-537.
- Day, S. J. and Carracedo, J.C., 1977. A possible tsunami deposit on Fuerteventura, Canary Islands. *Internat. Workshop on Immature oceanic islands, La Palma, 1977*. Vol. Abstr. 118-119.
- Day, S.J., Carracedo, J.C. and Guillou, H., 1997. Age and geometry of an aborted rift flank collapse: The San Andres fault system, El Hierro, Canary Islands. *Geological Magazine*, 134-4: 523-537.
- Day, S.J., Carracedo, J.C., Guillou, H., Pérez Torrado, F.J., Fonseca, J.F.B.D., Heleno da Silva, S.I.N. and Gravestock, P. Recognising incipient instability and lateral collapse precursors in steep-sided oceanic island volcanoes. *Internat. Workshop on Immature oceanic islands, La Palma, 1977*. Vol. Abstr. 99-101.
- Dillon, W.P. and Sougy, J.M.A., 1974. *Geology of West Africa and Canary and Cape Verde Islands*. IN: *The Ocean Basins and Margins*, A.E.M. Nairn and F.G. Stehli, eds. Plenum Press, New York: 315-390.
- Feraud, G., Giannérini, G., Campredon, R., Stillman, C. J. 1985. Geochronology of some canarian dike swarms: Contribution to the volcano-tectonic evolution of the Archipiélago. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 25, Pp 29-52.
- Fuster, J.M., Cendrero, A., Gastesi, P., Ibarrola, E., Lopez Ruiz, J., 1968a. *Geología y Volcanología de las Islas Canarias: Fuerteventura*. Instituto "Lucas Mallada", C.S.I.C., Madrid.
- Grunau, H. R., Lehner, P., Cleintuar, M. R., Allenbach, P., Bakker, G., 1975. New radiometric ages and seismic data from Fuerteventura (Canary Islands), Maio (Cape Verde) Islands, and Sao Tomé (Gulf of Guinea). *Progress in Geodynamics*. Royal Netherlands Academy of Arts and Science, Pp 90-118.
- Guillou, H., Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F. and Rodríguez Badiola, E., 1996. K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island. El Hierro, Canary Islands. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 73: 141-155.
- Guillou, H., Carracedo, J.C. and Day, J.C., 1977. Unspiked K-Ar dating of recent volcanic rocks from El Hierro and La Palma. *Internat. Workshop on Immature oceanic islands, La Palma, 1977*. Vol. Abstr. 13-16.

- Harmand, C. and Cantagrel, J.M., 1984. Le volcanisme alcaline Tertiaire et Quaternaire du Moyen Atlas (Maroc) chronologie K/Ar et cadre géodynamique. *J. African Earth Scs.*, 2: 51-55.
- Hoernle, K. and Schmincke, H.U., 1993. The role of partial melting in the 15-Ma geochemical evolution of Gran Canaria: a blob model for the Canarian hotspot. *J. Petrol.*, 34: 599-626.
- Holcomb, R.T. and Searle, R.C., 1991. Large landslides from oceanic volcanoes. *Marine Geotechnology*, 10: 19-32.
- Holcomb, R.T., Nelson, B.K., ten Brink, U., West, B. and Carracedo, J.C., 1996. Pisces V submersible campaign off the north coast of Molokai.
- Holik, J.S., Rabinowitz, P.D. and Austin, J.A., 1991. Effects of Canary hotspot volcanism on structure of oceanic crust off Morocco. *J. Geophys. Res.*, 96-B7: 12 039-12 067.
- Hunter, P.M., Searle, R.C., & Laughton, A.S. (1983) Bathymetry of the N.E. Atlantic, Sheet 5 Continental margin off N.W. Africa. Institute of Oceanographic Sciences, U.K.
- Ibarrola, E., Fúster, J.M., Ancochea, E. and Huertas, M.J., 1991. Rocas volcánicas submarinas en la base de la Formación Cañadas. Macizo de Tigaiga (N. de Tenerife). *Geogaceta*, 9: 17-20.
- Lee, D. C., Halliday, A.N., Fitton, J.G. and Poli, G., 1994. Isotopic variations with distance and time in the volcanic islands of the Cameroon line: evidence for a mantle plume origin. *Earth & Planet. Sc. Lett.*, 123: 119-138.
- Lesquer, A., 1990. Deep structure of Reunion Island from gravity data. In: *Le volcanisme de La Réunion*. J.F. Lenat (de.) Centre des Recherches Volcanologiques, Clermont-Ferrand.
- Liu, H.S., 1980. Convection generated stress field and intra-plate volcanism. *Tectonophysics*, 65: 225-244.
- Luongo, G., Cubellis, E., Obrizzo, F. and Petrazzuoli, S.M., 1991. A physical model for the origin of volcanism of the Tyrrhenian margin: the case of the Neapolitan area. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 48: 173-185.
- Masson, D.G. and Watts, A., 1995. Slope failures and debris avalanches on the flanks of volcanic oceanic islands: The Canary Islands, off NW Africa. *Landslide News*, 9: 21-24.
- McDougall, I., 1971. Volcanic island chains and seafloor spreading. *Nature*, 231: 141-144.
- McDougall, I. and Schmincke, H.U., 1976. Geochronology of Gran Canaria, Canary Islands. Age of shield building volcanism and other magmatic phases. *Bull. Volcanol.*, 40, 1: 57-77.
- McFarlane, D.J. and Ridley, W.I., 1968. An interpretation of gravity data for Tenerife, Canary Islands. *Earth & Planet. Sc. Lett.*, 4: 481-486.
- McGuire, W.J., 1996. Volcano instability: a review of contemporary themes. In: *Volcano instability on the Earth and other Planets* (McGuire, Jones and Neberg, eds.). *Geol. Society Spec. Pub.* 110: 1-23.
- McKenzie, D. and Bickle, M.J., 1988. The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. *J. Petrology*, 29 (3): 625-679.
- Moberly, R. and Campbell, J.F., 1984. Hawaiian hotspot volcanism mainly during geomagnetic normal intervals. *Geology*, 12: 459-463.
- Moore, J.G., 1987. Subsidence in the Hawaiian Ridge. In: *Volcanism in Hawaii*, W. Decker, T.L. Wright and P.H. Stauffer eds. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1350, Vol. 1: 85-100.
- Moore, J.G., Clague, D.A., Holcomb, R.T., Lipman, P.W., Normark, W.R., Torresan, M.E., 1989. Prodigious submarine landslides on the Hawaiian Ridge. *J. Geophys. Res.*, 94-B12: 17465-17484.
- Morgan, W.J., 1971. Convection plumes in the lower mantle. *Nature*, 230: 42-43.
- Pérez Torrado, J.F., Carracedo, J.C., and Mangas, J., 1995. Geochronology and stratigraphy of the Roque Nublo Cycle, Gran Canaria, Canary Islands. *J. Geol. Soc., London*, 152: 807-818.
- Porter, S.C., 1972. Distribution, morphology and size frequency of cinder cones on Mauna Kea. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83: 607-612.
- Schmincke, H.U., 1973. Magmatic evolution and tectonic regime in the Canary, Madeira, and Azores Island groups. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 84: 633-648.
- Staudigel, H., and Schmincke, H.U., 1984. The Pliocene seamount series of La Palma/Canary Islands. *J. Geophys. Res.*, 89, B-13: 11190-11215.
- Steckler, M.S., and ten Brink, U.S., 1986. Lithospheric strength variations as a control on new plate boundaries: examples from the northern Red Sea region. *Earth & Planet. Sc. Letts*, 79: 120-132.
- Stillman, C.J., Fúster, J.M., Bennell Barker, M.J., Muñoz, M., Smewing, J.D. and Sagredo, J., 1975. Basal Complex of Fuerteventura is an oceanic intrusive complex with rift-system affinities. *Nature*, 257: 469-470.
- Stillman, C.J., Furnes, H., Le Bas, M.J., Robertson, A.H.F. & Zielonka, J., 1982. The geological history of Maio, Cape Verde Islands. *Journal of the Geological Society of London*, 139, p. 347 - 361.
- Swanson, D.A., Duffield, W.A. and Fiske, R.S., 1976. Displacement of the South flank of Kilauea Volcano: the result of forceful intrusion of magma in the rift zones. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 963: 1-93.
- ten Brink, U.S., 1991. Volcano spacing and plate rigidity. *Geology*, 19: 397-400.
- ten Brink, U.S. and Brocher, T.M., 1987. Multichannel seismic evidence for a subcrustal intrusive complex under Oahu and a model for Hawaiian volcanism. *J. Geophys. Res.*, 92, B13: 13687-13707.
- Vink, G.E., Morgan, W.J. and Zhao, W.L., 1984. Preferential rifting of continents: a source of displaced terranes. *J. Geophys. Res.*, 89: 10072-10076.
- Walker, G.P.L., 1990. Geology and volcanology of the Hawaiian Islands. *Pacific Sc.*, 44: 315-347.
- Watkins, N.D., 1973. Paleomagnetism of the Canary Islands and Madeira. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, Vol. 32.
- Watts, A.B., 1994. Crustal structure, gravity anomalies and flexure of the lithosphere in the vicinity of the Canary Islands. *Geophys. J. Internat.* 119: 648-666.
- Watts, A.B. and Masson, D.G., 1995. A giant landslide on the north flank of Tenerife, Canary Islands. *J. Geophys. Res.*
- Wentworth, C.K., and Macdonald, G.A., 1953. Structures and forms of basaltic rocks in Hawaii. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 994, 98 p.
- Wyssession, M.E., Wilson, J., Bartók, L. and Sakata, R., 1995. Intraplate seismicity in the Atlantic Ocean Basin: A teleseismic catalog. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85: 755-774.

CIENCIA, INFORMACIÓN Y SOCIEDAD: VIAJANDO POR INTERNET.

Carlos Westendorp Plaza.

Instituto de Astrofísica de Canarias

INTRODUCCIÓN

Lo que llamamos Internet, también conocida como la **Red de Redes**, es uno de los fenómenos sociales que más interés han suscitado en los últimos años. Estando todavía muy lejos de lo que algunos predicen ser las *superautopistas de la comunicación*, la red Internet nos abre nuevas posibilidades de intercambiar información a escala planetaria, planteando a la vez nuevas cuestiones de tipo político, legal o social. Ha cobrado especial relieve gracias a los medios de comunicación, que se han hecho inmediato eco, si bien en muchos casos desproporcionadamente, de los diversos temas que de ella se van desprendiendo. Sin embargo no debemos olvidar que Internet es una red que nació para unir los diversos centros científicos de investigación y enseñanza, labor para la cual se sigue usando fundamentalmente. Aquí en Canarias, aunque su introducción es muy reciente, Internet está firmemente implantada, uniendo diversos centros de investigación, universidades, hospitales, ayuntamientos y centros gubernamentales, y forma parte de la forma en que los científicos intercambiamos información cotidianamente.

Para entender su estructura, y para acercarnos un poco al modelo que en el futuro puede marcar la comunicación entre las sociedades tecnológica y económicamente avanzadas, estudiemos primero sus orígenes y la historia de su espectacular desarrollo.

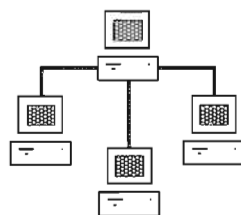
HISTORIA DE LA RED

Origen del concepto

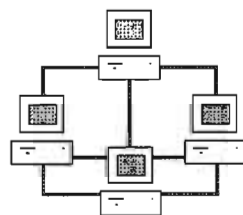
Detrás del origen de Internet hay un proyecto de investigación, si bien con una finalidad claramente militar. Para entenderlo nos tenemos que poner en la mentalidad de los militares norteamericanos de principios de los sesenta; lo que se conocía como *Guerra fría*. En 1957 entramos en la era espacial cuando la hoy extinta Unión Soviética (U.R.S.S.) logró poner en órbita el primer satélite creado por el hombre: el Sputnik. Este hecho resultó preocupante para el Departamento de Defensa de los E.E.U.U. ya que significaba que al haber sido humillado el programa espacial norteamericano, los soviéticos tenían el control del espacio. Esto hacía, al menos para las mentes militares norteamericanas, que la amenaza nuclear soviética fuese más real que nunca. Esto vino agravado por la llamada *crisis de los misiles Cubanos*, cuando en 1963, en un pulso de poder en el que la marina de los E.E.U.U. obligó a que los soviéticos retirasen las cabezas nucleares de la isla de Cuba, se llegó a estar muy cerca de un conflicto nuclear real.

Esto hizo que los E.E.U.U. dedicasen sus esfuerzos a la tecnología en la que más avanzados estaban: las computadoras. El problema era que en esos días las computadoras eran grandes armatostes muy caras de construir, y las pocas que había estaban repartidas por todo el país. Lo más lógico por tanto era compartir los recursos de computación, conectándolos entre si en algún tipo de red nacional. Como una catástrofe nuclear ya no parecía una hipótesis lejana, había que obedecer dos premisas básicas. En primer lugar, no debería existir ningún **cuartel general** en esa red, ya que en el caso de un ataque nuclear soviético éste estaría sin

duda dirigido sobre ese supuesto punto neurálgico, el cual al destruirse haría caer toda la red. En segundo lugar, y como a los militares estadounidenses les parecía lógico que en caso de un conflicto serio el primer paso lo darian los soviéticos, esa red debería además estar diseñada para funcionar mientras se iba destruyendo, para así dar alguna posibilidad de respuesta a los misiles norteamericanos.



Red Centralizada



Red Descentralizada

Figura 1: Ejemplo de una red centralizada y otra sin control central, o descentralizada, donde la ruptura de una conexión no impide que la información llegue de un nodo a otro.

Con este propósito la Agencia de Proyectos Avanzados (DARPA), dependiente del Departamento de Defensa de los E.E.U.U. (DoD), se dedicó a estudiar como podría desarrollarse este tipo de red. Para ello depuró una

tecnología de comunicación denominada de **intercambio de paquetes** (o “packet switching”, en la cual la información que es enviada se fragmenta en partes más pequeñas, llamadas **paquetes**, cada una de las cuales tiene información sobre su longitud, de donde viene y a donde va. De esta forma, cuando un paquete llega a una conexión entre varios caminos de la red o **nodo**, éste sabe en que dirección mandarlo. Si el camino entre dicho nodo y el siguiente está cortado, cosa que el nodo sabe, el paquete es enviado por un camino alternativo. Para que esto fuese posible tenía que verificarse que hubiese **redundancia en la conectividad**, es decir, que se pudiese llegar a un sitio por diversos caminos a la vez. En la **Fig. 1** se muestra la diferencia entre un sistema con un nodo central y otro en el que se hace efectiva esta redundancia en la conectividad.

Para probar esta nueva tecnología se decidió que lo mejor era crear una red experimental y dejar que la usase gente que podría explotarla al máximo, para así comprobar su funcionalidad. La conclusión lógica fue dejarla en manos de aquellas personas que emplean las computadoras habitualmente, intercambiando grandes cantidades de datos, usando los recursos más avanzados en supercomputación y con fama de forzar los sistemas al máximo: los **científicos**. Fue así como se creó la ARPANET, uniendo cuatro centros científicos importantes: la Universidad de California (UCLA), el Instituto de Investigación de Stanford (SRI), la Universidad de California en Santa Bárbara (UCSB) y la Universidad de Utah. De esta forma, partiendo de la idea de crear una red de control post-apocalipse, se estableció un flujo de recursos entre científicos, los cuales compartían ordenadores, información sobre los últimos acontecimientos, ideas sobre el trabajo, cotilleos personales y en definitiva, se comunicaban. Y con éxito, como quedó plasmado en la demostración que en octubre de 1972 se hizo de la ARPANET, en la cual había ya cuarenta máquinas de muy diversos tipos, todas comunicándose entre sí, siguiendo el esquema establecido: todas eran equivalentes (no había ninguna computadora central) y si se cortaba alguna conexión, la comunicación seguía por otro camino sin mayor problema. Es entonces cuando nació lo que hoy conocemos por Internet, substantivación del verbo inglés “internetting” usado para expresar la acción de interconectar las computadoras.

El poder de la palabra: nacimiento de Usenet

Una de las cosas que primero se dieron cuenta los científicos fue de que si bien la red era muy útil para compartir recursos, para lo que sí servía era para comunicarse entre ellos de forma rápida y cómoda. El éxito del llamado **correo electrónico** (o “e-mail”), a través del cual sólo se podían mandar mensajes de texto, reside en varias ideas. En primer lugar, daba la posibilidad de escribir *mal y rápido*, sin seguir las normas que rigen el lenguaje escrito tradicional. Por otra parte, se podía ir directamente *al grano*, ya que las presentaciones y demás formalismos ahora eran inútiles: la gente se conocía y se suponía que el tema también, aunque luego se hablase de cualquier cosa. En este sentido se podía hablar de forma más o menos distendida sin importar excesivamente la edad, rango o importancia del interlocutor. Esto se suele expresar comúnmente por la frase de que *en Internet nadie sabe si eres un perro*, refiriéndose a que lo que realmente importante es el mensaje que comuniques y no el cargo que ocupes, ya que gran parte de la identidad queda escondida. Por último, y al ser un medio electrónico, permite conservar un registro del mensaje, posibilitando su fácil archivo por las máquinas que mejor hacen esta labor: las computadoras u *ordenadores*, de ahí este su segundo nombre.

De este entorno científico y universitario nació a red de usuarios o **Usenet**, proyecto creado por dos estudiantes de la universidad de Carolina del Norte cuando, en 1979, decidieron que tenía que haber una forma de compartir ideas en dicha universidad de manera que todo el mundo pudiese expresar su opinión y a la vez conocer la de los demás. De esta forma crearon un sistema basado en un esquema o arquitectura muy conocida en redes informáticas, la denominada *cliente-servidor*, en la cual hay una computadora que da un servicio, en este caso el de ofrecer información (el servidor) y otra que se conecta (el cliente). Consistía fundamentalmente en un *tablón de anuncios* electrónico, en el que cualquiera podía dejar un mensaje y leer los mensajes de los demás. En realidad había muchos tableros (la

limitación de espacio en este caso no existe como en el medio físico) ya que cada tema sobre el que se discutía era una especie de *carpeta electrónica* que contenía todos los mensajes sobre el mismo. De esta forma se fueron creando temas muy diversos de discusión, que más tarde se llamarían grupos de noticias (o "newsgroups"), el nombre de cada uno reflejando el tema sobre el que se discutía. Un grupo que habla de la religión budista, por poner un ejemplo, se llama **talk.religion**, y otro sobre temas sociales en general de la cultura española es **soc.culture.spain** (uno de los primeros en español). La Usenet sigue funcionando hoy en día, siendo realmente una red dentro de la gran red que es Internet, habiendo muchos ordenadores (o servidores de news) que sirven de soporte para todos los mensajes que cada momento se están generando, cada uno conteniendo una réplica de toda la información, o parte de la misma. Este fenómeno de sub-redes que están conectadas entre sí, donde la información también está accesible entre ellas, es lo que da a Internet la denominación de **Red de Redes**.

Esta Red de los Usuarios ya en sus orígenes planteó cuestiones interesantes sobre cómo puede funcionar un sistema descentralizado en el cual la única autoridad es la de cada uno de los usuarios, puesto que los responsables del sistema informático tienen autoridad sobre su parte de la red, pero no entran en las opiniones que allí se expresan. Para decidir si se debe crear un grupo de noticias para hablar de un tema en concreto se debe discutir entre los usuarios para luego votarlo. Todo ello se lleva a cabo dentro de dos grupos de noticias creados a tal efecto, llamados **news.announce.newgroups** y **news.groups** (es decir, noticias.aviso.nuevosgrupos y noticias.grupos), en los cuales cualquiera puede sugerir que se cree un grupo, iniciando una *llamada a la discusión* (o "Request for Discussion"; RFD), para después, unas cuantas docenas de mensajes más tarde, pasar a la llamada a la *votación* (o "Call for Votes"; CFV), el recuento de la cual lo lleva a cabo un grupo neutral de voluntarios. Cada usuario puede entonces votar SI o NO a la creación de ese grupo, siendo la ley que rige si se acepta o se rechaza la misma que desde los orígenes: tiene que haber 100 votos a favor más que los votos en contra y además los votos favorables tienen que ser **al menos 2/3 del total**.

Se ha puesto esta red, usada hoy en día por unos 2-3 millones de personas, como un ejemplo de lo que representaría una *anarquía colaborativa*, autorregulada únicamente por las opiniones del conjunto de todos los usuarios. Como es de esperar, en este medio abundan las peleas o "flame wars", en las cuales alguien da una opinión algo extremista o políticamente incorrecta, y muchos otros inundan con mensajes igualmente insultantes, creando mucho *ruido*. Otro fenómeno es la existencia de la información basura (o "spam", palabra acuñada por el grupo de cómicos británico Monty Python), que puede ocurrir cuando alguien, equivocada o intencionadamente, manda su mensaje a varios grupos a la vez en los cuales esta información no tiene el menor interés. Cada vez se da más el caso de ver los grupos llenos de "spam" publicitario, como en los buzones de correo tradicional, lo que nos da una idea de que, aunque cambie el medio, la sociedad sigue funcionando igual.

Últimamente, la controversia ha surgido cuando un grupo de individuos ha querido crear el grupo **rec.music.white-power** (o recreacional.música.poder-blanco), en el cual se discutiría sobre el supuesto fenómeno de la música del "poder blanco", o, como se indica de forma no muy clara en la llamada a votación correspondiente, para los "fans" de este y otros "tipos de música de temática racista y/o nacionalista". El tema de discusión, al igual que los intereses de quienes quieren publicar en este grupo, parecen claros ya que se argumenta además que discusiones sobre este tipo se están llevando a cabo en los ya existentes grupos de **alt.politics.white-power** (o alternativo.política.poder-blanco) y **alt.skinheads**. La voz se difundió en todos los demás grupos, al igual que por correo electrónico normal, resultando en que se prestó una atención desproporcionada sobre este caso para lo que es habitual en Usenet. El resultado fue que, cuando se llevó a votación, hubo 33033 votos en contra frente a 592 a favor. Y, aunque este suceso se dio por cerrado en junio de 1996, el impacto fue tal que mucha gente, por haber recibido información incompleta y por no preocuparse de informarse por su cuenta, siguió mandando votos hasta varios meses después. Sin embargo, aunque las afinidades políticas de los usuarios de dicho grupo están más o menos claras (o, por lo menos la ideología de quienes usarían este grupo de forma mayoritaria), lo que no es tan evidente es que se deba prohibir de forma explícita el que se pueda hablar de este tema. Esta discusión

sigue hoy en día, estando por un lado los que opinan, basándose en la libertad de expresión, que hay que dejar que coexistan todo tipo de opiniones (hay que destacar que en dicho grupo también podría haber las de aquellos contrarios al racismo) frente a otros que mantienen que no es una cuestión de libertades, si no de que si Usenet es un sistema *autorregulado*, es responsabilidad de los propios usuarios el que los grupos de intransigentes no proliferen. En cualquier caso, los ya mencionados **alt.politics.white-power** y **alt.skinheads** ya existen, habiéndose creado de la forma habitual.

Algo que se olvida continuamente es que Usenet no es Internet, es decir, hay muchas más cosas fuera de Usenet que posiblemente hayan contribuido tanto o más en la popularización de la Red. Usenet es simplemente una red dentro de otra mayor, algo inherente a la estructura de la Red de Redes, si bien es un buen ejemplo de lo que puede pasar en un sistema donde las reglas las imponen única y exclusivamente los usuarios.

Bitnet, o el correo organizado

Otra forma de aprovechar el poder de la comunicación electrónica es a través de simples letras que unidas entre si forman el lenguaje escrito. Así se desarrolló la red colaborativa denominada *Bitnet* (o "Because It's Time Network" - red de "porque ya era hora"). También surgida del ambiente universitario e independientemente de Usenet, esta red unía diferentes máquinas entre las Universidades de la Ciudad de Nueva York y la de Yale. En esta red se desarrolló el llamado *mayordomo electrónico* (sí, ¡de español!), también llamado *servidor de listas* (o "list server"), que es un sencillo programa de software que puede correr en cualquier máquina (el verdadero servidor) y lo que hace es simplemente distribuir correo electrónico a todas aquellas personas suscritas a una determinada *lista de distribución*. Cada lista trata sobre un tema determinado, como en Usenet cada grupo de noticias, pero a diferencia de lo que ocurre en ésta red, en una lista hay una persona (el moderador) que controla qué debe ser mandado y lo que no. De esta manera no se permiten los *flames*, o guerras dialécticas, tan frecuentes en Usenet. Lo importante es que este sistema se ha popularizado enormemente, debido a que, entre otras cosas, es accesible exclusivamente por correo electrónico (lo primero y más básico que alguien tiene para acceder a la Red) y no a través de sofisticados visualizadores gráficos que, como veremos más adelante, intentan poner de relieve el famoso dicho de que "una imagen vale más que mil palabras".

La World Wide Web ó enmarañándolo todo

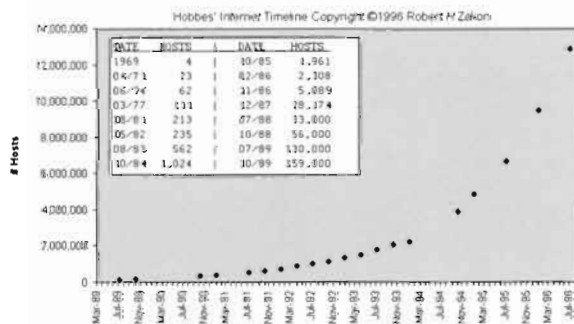


Figura 2: Crecimiento de Internet número de computadoras conectadas (con permiso del autor).

El gran acontecimiento que hizo que Internet se popularizase hasta límites insospechados fue la creación de la triple-W, la **World Wide Web** o "tela de araña mundial" ("web" también puede interpretarse como maraña o lío). Su creación tiene otra vez relación con un centro de investigación, en este caso el CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) en Ginebra, también llamado laboratorio de partículas europeo como se autodenominan ellos, (del que España también forma parte). En esa época había una gran cantidad de ordenadores, y para trabajar con ellos había que memorizar una enorme cantidad de instrucciones diferentes, tantas como tipos de computadoras había. Fue un científico llamado Tim Berners-Lee el cual, mirando la agenda donde

apuntaba que instrucciones eran necesarias y para que computadora valían, se dio cuenta de la inutilidad del sistema e ideó una forma de unificar todos estos órdenes. La WWW nació entonces bajo un concepto, el de *lectura universal*, que implica que cualquier información que resida en un ordenador pueda ser accedida, o leída, por cualquier persona, desde cualquier sitio, con cualquier ordenador que tenga y con un único programa que llamaremos *visualizador* (o "browser"). El soporte ideal para materializar esta idea era claramente la red Internet, que por esa época se introducía en el CERN como unión de las supercomputadoras allí existentes con la red norteamericana.

Detrás de este simple concepto hay una gran cantidad de detalles técnicos, ya que se trata de conectar información sin importar de qué tipo: texto, imágenes, sonidos, animaciones, etc. Afortunadamente, estos detalles técnicos los resuelve este único programa o visualizador (en el mercado hay cientos, los más famosos son los comercializados por Netscape corp. y por Microsoft - el *Internet Explorer*). De esta manera nos olvidamos de qué tipo de información, dónde está y en qué ordenador, y sólo tenemos que recordar una dirección llamada *URL* (o "Uniform Resource Locator" - localizador de recursos uniforme). La facilidad de acceder a todo tipo de información, a la vez que la sencillez de un lenguaje para ponerla a disposición de todos (el HTML o *hipertexto*) es la clave del gran auge de la Web y a su vez de Internet. Muchas veces son términos que aparecen juntos, sin embargo no se deben confundir - la Web es una manera de interconectar información dentro de Internet, y si bien es la más popular, no tiene por qué ser la única.

En la **Figura 2** se puede ver el aumento exponencial de computadoras conectadas entre sí, configurando lo que conocemos por Internet. Las cifras son sólo estimativas ya que tiene en cuenta computadoras conectadas permanentemente, con lo que la cifra de gente conectada puede ser dos o tres veces mayor. En la Figura 3 se puede ver que el fenómeno de Internet se da a una escala mundial. Otra cosa será la utilidad que las diferentes sociedades le demos, pero esto no depende del medio, el cual no sólo traspasa fronteras geográficas como veremos más adelante.

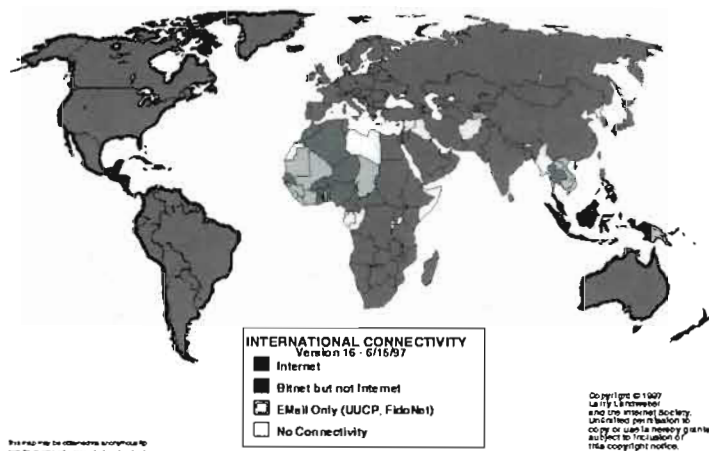


Figura 3. Mapa de conectividad a junio de 1997. Muy pocos países están todavía sin conexión, aunque sólo sea por correo electrónico (e-mail).

INTERNET EN CANARIAS

Aunque el acceso a correo electrónico ya existía desde hace tiempo, la entrada de Internet, y de la Web, a Canarias se remonta a hace unos pocos años, entorno a 1994. Con el objetivo de interconectar los diferentes centros de investigación, y como extensión de la red científica nacional llamada Red IRIS, se estableció la Red Canaria de Recursos de Información Avanzados, que en un principio unía el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), la Universidad de La Laguna (ULL) y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Más adelante se han ido incorporando diferentes instituciones educativas, administrativas y gubernamentales y en el futuro se pretende interconectar todos los centros del archipiélago. Como la conexión enlaza directa y únicamente con Madrid, se pretende contar con dos anillos de fibra óptica, uno para Las Palmas y otro para Santa Cruz de Tenerife, de forma que garanticen una gran velocidad al acceso a la información y sea igualmente rápido desde cualquiera de las dos provincias.

Hay que destacar que aunque Internet surgió, como hemos visto, de una serie de proyectos científicos de investigación, debido al gran auge que ha tenido durante estos últimos años, multitud de empresas se han apuntado a lo que es un mercado potencialmente muy grande. Aparte de la red científica se ha desarrollado una comercial, que en España es de Telefónica, el uso de la misma muchas empresas alquilan para, a su vez, dar acceso a Internet a cualquier usuario que está dispuesto a pagar las correspondientes cuotas. Además Internet es un prototipo de lo que en el futuro podrían ser las llamadas *autopistas de la información*, término tan manido en los medios de comunicación y del cual Internet dista mucho debido a la velocidad a que se mueve hoy la información: hoy en día traer imágenes un poco grandes (unos cientos de Kilo-bytes) es ya un dilema en cuanto al tiempo que hay que esperar. Las conexiones en el futuro tendrán que ser varios órdenes de magnitud mayores en capacidad de transmisión de datos para poder llevar a cabo las funciones que se están planeando, como son el transmitir audio y video sin interrupciones e integrar el teléfono, la televisión, la radio, etc. en

un único aparato que además nos permita interactuar con lo que estamos recibiendo. Para que esto llegue queda todavía mucho camino por recorrer, considerando que en gran parte de la red física (es decir los cables) el cobre tradicional tiene que ser cambiado por fibra óptica, de mucha mayor capacidad de transmisión o *ancho de banda*.

TEMAS ABIERTOS

Gran parte de la fama que la red Internet tiene hoy en día es debido al elevado interés que ha despertado en todos medios de comunicación. En parte esto es debido al interés *real* de este nuevo medio colaborativo y descentralizado y por su implantación a todos los niveles: desde personas individuales a las grandes empresas, siendo éstas últimas las interesadas en que todo el mundo tenga acceso desde sus casas, para así llegar mejor a ellos. Pero por otro lado las múltiples posibilidades de esta red supranacional y sin control han hecho que muchos acontecimientos sociales que sólo tocan el tema de Internet marginalmente sean sacados de contexto y traídos falsamente como consecuencias de la red, constituyendo tan sólo lo que podríamos denominar como simples *internetizaciones*.

No obstante, hay varios casos que sí son propios de la red Internet y que merece la pena estudiar, ya que son cuestiones abiertas que pueden llegar a afectarnos a todos, si efectivamente la red llega a cobrar el papel en nuestras vidas que todos los pronósticos le atribuyen, o solamente para entender la mayoría de las discusiones que se están desarrollando dentro de la red, seguidas con gran interés por los medios de comunicación.

LIBERTAD DE EXPRESIÓN: PORNOGRAFÍA EN INTERNET Y LA CDA

Un tema que todavía sigue vigente es el problema de la libertad de expresión en Internet, que tiene un claro exponente en el "Acta de la Decencia en las Comunicaciones" norteamericana, o CDA. Todo surgió cuando apareció en la portada del número de Julio de 1995 de la revista "Time" un artículo en el cual se ponía de evidencia que en la red Internet había una gran cantidad de imágenes pornográficas de todo tipo, desde pornografía infantil hasta cualquier aberración imaginable, y todo ello estaba al acceso de menores de edad que podían encontrarse fácilmente con ellas desde sus casas. Más tarde resultó que el estudio sobre el que se basaba dicho artículo estaba claramente sesgado, y, entre otras cosas, sólo se centraba en grupos de *news* dedicados al tema, que forman una parte mínima de todo lo que se publica en la red. El caso es que este informe escandalizó a una serie de políticos norteamericanos, en especial al senador Demócrata Jim Exxon, el cual decidió actuar y creó la mencionada CDA, que penaliza el uso de cualquier forma de comunicación de lo que ella se indica como "lenguaje indecente o obsceno" con alguien menor de 18 años, pudiéndose imponer multas de hasta cien mil dólares y penas de hasta dos años de cárcel. El acta fue aprobada mayoritariamente en el congreso en Julio de 1995, y de hecho sigue vigente. Sin embargo, si uno de los temas que más pueden perturbar la opinión pública norteamericana es la relacionada con temas sexuales (si bien de puertas hacia fuera, lo que haga cada uno en su hogar es otro asunto), el que más fervor despierta es el de su primera enmienda, sobre el derecho a la libertad de expresión. Muchos grupos vieron inmediatamente que la CDA era un ataque a este derecho fundamental, y decidieron contraatacar. De esta manera se han creado varias organizaciones en Internet para lidiar con estos y otros temas, siendo una de las más famosas la *Electronic Frontier Foundation* (EFF - fundación de la frontera electrónica). Esta, conjuntamente con otras organizaciones lograron un gran éxito cuando un tribunal federal en Pennsylvania declaró la CDA como no válida. Dado el especial sistema jurídico norteamericano, en estos momentos parece muy difícil que se pueda condenar a alguien por el texto de la CDA.

Pero la controversia está servida, teniendo en cuenta además que esto supera todas las fronteras, con diferente impacto en diferentes países, de legislaciones muy diferentes, creando conflictos legales muy variados. Por poner un ejemplo, en España el distribuir pornografía en los medios de comunicación no es un delito, mientras que en algunos Estados de Norteamérica está penado incluso el que los adultos tengan acceso a cualquier material de



Figura 4: Símbolo del "lazo azul" y de la llave; el primero en Internet simboliza el apoyo a la causa de la libertad de expresión y el segundo hace referencia a todo lo relativo a la seguridad. En este caso representa la campaña de derecho al uso de la criptografía y a la privacidad

carácter pornográfico. Por el contrario, a través de Internet, y desde los E.E.U.U., se difunden fotos y datos de niños candidatos a la adopción, cosa que es un grave delito contra la intimidad y al derecho a la imagen de esos menores en nuestro país.

En Internet también se han formado campañas de solidaridad semejantes a las que hay en la sociedad y se ha adoptado el "lazo azul" (ver Fig. 4) para expresar apoyo a las libertades de expresión en la Red.

PRIVACIDAD Y CRIPTOGRAFÍA

Otro caso interesante es el relacionado con un programador de informática de Boulder, Colorado, llamado Phil Zimmermann. Tiene que ver con la **criptografía**, una ciencia muy antigua que consiste en usar algún tipo de código para ocultar un mensaje, y que ya empleaba el Imperio Romano para cifrar los mensajes cuyo contenido no querían que conociese el que lo portaba. En aquella época (no había computadoras) las claves eran muy simples, y con ellas juegan los niños de ahora. Un sistema criptográfico, que data de esta época, es la denominada *clave del César*, siendo uno de los más antiguos. Consiste en escribir dos alfabetos, uno encima de otro, de forma que a cada letra de uno le corresponde una letra del otro. Ambos se ordenan de la forma habitual, pero mientras que el primero empieza por la primera letra, en el otro la primera letra se encuentra desplazada un número n de posiciones con respecto a la del primero. Así se puede asociar a cada letra del mensaje que queremos encriptar una letra del alfabeto desplazado, con lo que queda un texto ininteligible. Obviamente, con sólo conocer este número n , el cual se puede obtener con un sencillo programa de ordenador que consista en ir probando las 27 posiciones posibles, se habría descifrado el código.

Conforme ha pasado el tiempo, los sistemas se han ido complicando, pero al final siempre ha habido una clave que hay que tener para descifrar el mensaje. Este es un tema muy común en películas de espionaje, donde un personaje normalmente ataviado con un abrigo oscuro cerrado, intenta atravesar las líneas enemigas para llevar el libro de claves que permitirá a los de su bando descifrar los mensajes enviados desde el otro lado de dichas líneas. De esta forma ningún código podía ser considerado *seguro*, ya que para *romperlo* simplemente había que interceptar a este personaje y quitarle el mencionado libro. De esta forma los estados siempre se han sentido seguros ya que, o bien son los que tienen esos libros, o son los que tienen más *poder* para obtenerlos.

Sin embargo todo esto cambiaría si se pudiese crear un código *irrompible*, que no necesitase de un canal seguro (el personaje del abrigo) para mandar una clave. Y esto es lo que pasó alrededor de 1977 cuando se crearon dos sistemas complementarios llamados *de llave pública*, los cuales eran prácticamente imposibles de romper. Están basados en unos números muy curiosos llamados *primos*, que tienen la característica de que únicamente se les puede dividir por ellos mismos o por la unidad si se quiere tener de resultado un número entero. Además, si cogemos dos de éstos números primos y los multiplicamos, la única forma de descomponer el múltiplo en éstos números es ir probando por ensayo y error. Si los primos son suficientemente grandes (con esto quiero decir *enormes*, de más de 10 dígitos), entonces los ordenadores más potentes del momento no lo pueden descomponer en un tiempo razonable (unos 50 años, o el tiempo en que el secreto ya deja de tener interés). La agencia de seguridad norteamericana (NSA) se dio cuenta demasiado tarde del peligro de éstos códigos, y, aunque desaconsejó que se difundiesen públicamente, se publicaron en papel en el año 1978.

Luego vino Phil Zimmermann y, usando estos algoritmos, desarrolló un programa sencillo para codificar mensajes en el correo electrónico. Pero su error fue publicarlo en Usenet. En el momento en que lo puso a disposición de todo el *mundo*, el código fue cogido por usuarios de todos los países. Lo que Phil Zimmermann no sabía es que todo material

criptográfico está considerado como un arma en E.E.U.U. y este sencillo acto es considerado tráfico ilegal de armas, por el que le podía caer una multa de hasta un millón de dólares y una pena de tres a cinco años. De hecho se le acusó formalmente, y todas las organizaciones se movilizaron para recaudar dinero para su defensa (las sumas de dinero de los juicios en Norteamérica pueden llegar a ser astronómicas).

Tras muchas discusiones sobre patentes (resulta que el código no está patentado fuera de Estados Unidos) y gran revuelo (no estaba claro que Phil Zimmermann hubiese sacado nada del país; había graves problemas de fondo en la acusación), se suspendieron súbitamente todos los cargos. No se sabe si se usó a Phil Zimmermann como cabeza de turco para asustar a quien intente difundir este tipo de información por la red. Lo que sí es cierto es que el tema no está cerrado, ya que hay incluso países como Francia donde el simple **uso** de la criptografía está prohibido explícitamente. Y muchos gobiernos europeos están de acuerdo en que estas herramientas en manos de ciertos grupos (por ejemplo, terroristas) pueden ser dañinas. Lo que no parece muy aceptable es la propuesta del presidente norteamericano de crear un "depósito" de llaves, al cual tenga acceso únicamente el estado, por si en el caso de que los tribunales lo dicten, se pueda intervenir y descifrar los mensajes codificados. Este es otro tema que levanta bastante polémica en Internet, donde parece que el uso de este tipo de sistemas criptográficos es importante, por ejemplo, en casos donde se realizan intercambios económicos a través de tarjeta de crédito (de no ser así no se debe dar **nunca** el número de la tarjeta) y en otros donde la confidencialidad del correo electrónico debe ser respetada (tal es el caso en grupos de news como el de ayuda a las víctimas de violación). También hay una campaña en defensa del uso de criptografía (y del derecho a la privacidad) que en Internet viene representada por el símbolo de una llave (ver **Figura 4**).

EL TEMA DE LOS DERECHOS DE AUTOR

Uno de los aspectos que se suelen pasar por alto en Internet continuamente es el de los derechos de autor. Mientras que parece que cuando algo que está en Internet se puede usar libremente, esto no puede ser más erróneo. Sin embargo tiene un fundamento obvio: cuando vemos algo en nuestro ordenador, nos lo hemos tenido que *traer* electrónicamente. Lo que sucede es que en algo en que sí se han logrado poner de acuerdo los diversos países es en este del "Copyright", o Derechos de Autor. Resulta que después del Tratado de Berna de 1971, los países que lo suscriben (una inmensa mayoría), se comprometen a respetar los derechos de autor de cualquier obra independientemente del medio en que esté plasmada. Esto hace que prácticamente **nada** es del uso público, exceptuando todo aquello que así lo expresen sus autores o cuando hayan expirado sus derechos (50 años después de la muerte de los mismos). Esto llega a tal extremo que hasta un mensaje ordinario de texto que enviemos por correo electrónico tenga "Copyright", aunque no hayamos hecho nada explícitamente para que así sea: el tratado de Berna lo reconoce. Otra cosa es que podamos reclamar daños y perjuicios en caso de que usen nuestras palabras en alguna forma que no queramos. Y hay que tener en cuenta, si en algún momento pensamos en usar algo traído por Internet para algo que no sea el simple uso personal, que este tema no pertenece al Derecho Criminal, así que lo de "inocente mientras no se demuestre lo contrario" no se aplica. Lo que pasa es que en Internet hay millones de delitos contra los derechos de autor, pero no hay tantos abogados que hoy por hoy vean un claro negocio en perseguirlos. Esto está cambiando últimamente, de hecho tengo noticias de gente cercana que, por ejemplo, tenía *letras de canciones en sus páginas*, y han recibido frías solicitudes de abogados de sus respectivos países para que las quiten inmediatamente.

Nota: Después de lo arriba mencionado, debo decir que las figuras aquí plasmadas, o bien son del dominio público, o he obtenido el permiso (electrónico, eso sí) de sus autores.

CONCLUSIONES

Hemos visto cuales son las razones de que Internet sea uno de los temas de moda actualmente. Al hacer efectiva la comunicación entre computadoras de muy variada índole, es una forma sencilla y eficaz de comunicación que traspasa las fronteras entre naciones. En muchos aspectos es un simple reflejo de la sociedad que la ha creado: en un principio la norteamericana; ahora todos tenemos un poco la posibilidad de ir aportando nuestra contribución personal. Sin embargo hay muchos otros temas que van surgiendo y que plantean conflictos por las mismas características de esta red descentralizada y que algunos quieren caracterizar como de *autorregulada*, aunque esto sea más un deseo que otra cosa. No debemos tampoco olvidar que hay diferencias económicas que hacen que Internet no llegue a todos los niveles que sería deseable, si bien lo mismo pasó con la Televisión y hoy en muchos países es un artículo de primera necesidad, antes incluso que tener agua corriente (lo cual no dice mucho a favor de nuestro tipo de sociedad, que así lo impone).

Lo que Internet sea en el futuro depende de muchos aspectos, sobre gran parte de los cuales posiblemente no tengamos ningún control. Significativo es la apuesta de poderosas empresas comerciales (léase Microsoft) por que "todos" (léase económicamente pudientes) estemos conectados en el próximo milenio. Lo que sí es cierto es que a través de Internet ya fluye gran cantidad de información científica que facilita enormemente la forma en que se hace Ciencia en todo el mundo, lo cual no deja de ser un gran avance en si mismo. Para el resto de los temas relacionados con este fenómeno, debemos hacer como en todo: permanecer muy atentos, y, a ser posible, buscar fuentes de información diversas y bien contrastadas.

REFERENCIAS

La mayoría de la información sobre Internet se encuentra obviamente en la misma red, hasta el punto de que da la impresión de que es de lo que más se habla, constituyendo una especie de fenómeno circular. He intentado recopilar las referencias que más útiles que he ido encontrando. Esto no quiere decir que sean ni la mayoría, ni siquiera las más importantes. Por desgracia, y debido al carácter de absoluta actualidad de todo lo que se publica, estas direcciones son altamente efímeras, en el sentido de que posiblemente cuando esto se publique, bastantes direcciones se encuentren obsoletas. Por eso he incluido las que me han parecido más duraderas, o, por lo menos, dar otros datos que permitan su localización a través de los diversos buscadores o índices

Carroll, Terry, "CopyrightFAQ", <http://www.aimnet.com/~carroll/copyright/faq-home.html>

Cranor, Lorrie F., "Digital Liberties: free speech and privacy under attack in cyberspace", Revista Crossroads, mayo 1995, <http://www.acm.org/crossroads/xrds1-4/cyberbate.html>

Elmer-Dewitt, Philip, "On a screen near you: cyberporn", 1995, Revista Time, Vol. 146, Nº 1, pgs. 38-45 Engst, Adam, "Internet Starter Kit for Windows", 1996, Macmillan Publishing USA, <http://www.mcp.com/hayden/iskm/iskw2/index.html>

Graham, John F., "Sputnik - The Space Age Begins", 1995, <http://www.space.edu/campus/book/chapter10.html>

Hardy, Henry E., "The History of the Net", 1993, <http://www.oceanic.net/ftp/doc/nethist.html>

Heilemann, John, "A promising day in court for the CDA", 20 de marzo de 1997, Revista Hotwired, <http://www.netizen.com/netizen/archive/>

Kehoe, Brendan P., "Zen and the Art of the Internet", 1992, Primera Edición, <http://www.imr.psi.ch/Internet/zen/>

Korthof, Ed, "Spamming and Usenet Culture", Revista Bad Habits, Nº 18, enero 1995, <http://english-www.hss.cmu.edu/bs/18/Korthof.html>

Mayo, Sherry, "Cryptography and PGP page", <http://rschp2.anu.edu.au.8080/crypt.html>

Rimm, Marty, "Marqueting pornography on the Information Superhighway", 1995, Georgetown Law Journal, Vol. 83, Nº 5, pgs. 1849-1915

Templeton, Brad, "10 big myths about copyright explained", <http://www.clarinet.com/brad/copymyths.html>

Vesely, Rebecca, "Global pact says no to key escrow", 31 de marzo de 1997, Revista Hotwired, <http://www.netizen.com/netizen/archive/>

Zakon, Robert H., "Hobbes's Internet Timeline v2.5", 1996, <http://info.isoc.org/guest/zakon/Internet/History/HIT.html>

Acta de la Decencia en las Comunicaciones (CDA), texto integro en la EFF (Electronic Frontier Foundation), <http://www.eff.org/pub/Censorship>

Campaña del lazo azul, en la EFF (Electronic Frontier Foundation), <http://www.eff.org/blueribbon.html>

Campaña de la llave dorada, de la Coalición de Privacidad en Internet (IPC) <http://www.privacy.org/ipc/>

Centro de leyes del Cyberspacio, <http://www.cybersquirrel.com/clc/>

Convención de Berna para la protección de trabajos artísticos y literarios (París, 1971) Texto en el Instituto de Información Legal, <http://www.law.cornell.edu/treaties/berne/overview.html>

Página Internacional de PGP, <http://www.ifl.uio.no/pgp/>

Pieza Corta (sketch) de "Spam" del grupo Monty Python, de "The Final Rip Off", <http://www.ironworks.com/comedy/python/spam.htm>

Tabla de Conectividad Internacional, Larry Landweber y la Internet Society, 1995, ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity_table/

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Emilio Cuevas
Fernando de Ory

Observatorio de Vigilancia Atmosférica Mundial de Izaña (INM)

RESUMEN

En este trabajo se exponen los antecedentes históricos relacionados con la investigación de la atmósfera en Tenerife hasta llegar a la creación en el Observatorio Meteorológico de Izaña, de una Estación de “vigilancia de la contaminación de fondo” (BAPMoN). Se explican cuáles son actualmente los principales problemas en el marco del denominado “Cambio Climático”, y la manera de abordarlos desde el punto de vista de la observación atmosférica. Así mismo se realiza una exposición sobre el programa de medidas de la Estación, de las campañas especiales, y de los proyectos nacionales e internacionales de investigación atmosférica que se han ido desarrollando en los últimos años en el Observatorio de Vigilancia Atmosférica Mundial (VAM) de Izaña, describiendo los resultados más importantes obtenidos hasta la fecha. Por último, se realiza un esbozo de cuáles podrían ser las líneas de investigación futuras, a medio y largo plazo, y se exponen una serie de reflexiones acerca de la relación existente entre el archipiélago canario y las Ciencias de la Tierra en general.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El antecedente más antiguo que conocemos sobre trabajos científicos organizados en el pico del Teide data del siglo XVII. La Royal Society de Londres, que comenzaría su andadura en 1645, gracias al patrocinio de Carlos II de Inglaterra, 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 Torricelli comenzaba a realizar los primeros experimentos con el barómetro.

Cincuenta años antes de ello Leonardo Torriani, un ingeniero italiano al servicio de Felipe II, escribe el primer apunte de carácter climatológico 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”.

Siguiendo la “Historia de Canarias” del ilustrado canario D. Joseph Viera y Clavijo, podemos hallar la primera indicación referida al pico del Teide como emplazamiento natural para el establecimiento de un Observatorio. Aquella sugerencia fue recogida por Viera de la obra del marqués de Saint Aubin, el cual ya anhelaba “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”.

En la conocida Descripción de las Islas Canarias, escrita en el año 1764, George Glas también plantea la necesidad y la utilidad que reportaría un observatorio en el pico de Tenerife, pues, dice Glas, “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”. El famoso marino británico George Glas mostró un especial interés por el clima de las islas, apuntando unas acertadas observaciones sobre el viento en el pico del Teide y el resto de la isla de Tenerife, de las que nos ha dejado un pormenorizado testimonio en su conocido libro.

Con idéntico parecer a la opinión de Glas se refiere un comentario de Viera y Clavijo, escrito en 1776, quien dice 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”.

Alexander Von Humboldt asciende el 21 de junio de 1799 al pico del Teide registrando diversas medidas de temperatura y presión. Von Humboldt señaló las diferentes fases de altura de la vegetación de la isla; fue 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 singular en nuestras islas.

Del año 1823 data el primer artículo científico sobre el clima de las Islas Canarias, escrito por el geólogo alemán Leopold von Buch. En él se sistematizaron las observaciones del viento alisio en Canarias y en el pico del Teide realizadas desde Edmond Halley, el primer investigador extranjero que se había interesado por este fenómeno.

El 6 de enero de 1832 Charles Darwin llega a la isla de Tenerife con la expedición del "Beagle", aunque, cuenta Darwin, "no se nos permitió desembarcar por temor a que llevásemos el cólera con nosotros". Darwin quiso visitar y conocer la isla de Tenerife tras el interés que le despertaron las noticias de las anteriores estancias de von Humboldt y otros investigadores europeos. Aunque no pudo alcanzar su meta, sin embargo, tuvo la oportunidad de realizar una serie de interesantes observaciones desde el propio "Beagle": "...este polvo cae en tal cantidad, que todo lo ensucia abordo y ofende a lo ojos; algunas veces hasta oscurece la atmósfera, tanto, que se han perdido buques y estrellado contra la costa. Con frecuencia cae sobre barcos que navegan a varios centenares de millas de la costa de Africa, hasta más de 1000 millas... Me ha sorprendido hallar en el polvo recogido abordo de un barco, a 300 millas de tierra, partículas de polvo de 0.625 mm² mezcladas con materias más finas". Las observaciones de Darwin son las primeras que describe de una manera científica lo que hoy conocemos como "invasiones de aire sahariano", o como popularmente se denomina "tiempo sur". El dato que aporta Darwin, sobre el tamaño de las partículas de polvo y su distribución geográfica, constituye el primer registro sobre aerosoles atmosféricos.

Quince años después del viaje de Darwin, en 1847, los franceses Arago y Duperray proyectan 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, basada 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. Duperray, Arago y otros miembros del Instituto con los cuales mantuve relaciones cuando era Secretario General de la Sociedad de Geografía, y que habían examinado la cuestión desde el punto de vista que acabo de indicar, me sugirieron que aprovechara mi nueva situación en las islas con el fin de ocuparme de meteorología e informar a la docta entidad. Estabamos entonces a finales de 1847, y no habia hecho más que incorporarme a mi puesto cuando la revolución de Febrero (1848) estalló como un trueno. Arago, que me habia prometido los instrumentos más necesarios, tenía otras cosas que hacer en vez de enviarlos ... "

El británico Charles Piazzi Smith 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 es el primer investigador que se establece 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 la temperatura producida en la atmósfera por el viento alisio.

Piazzi Smyth viajó hasta la isla de Tenerife para comprobar 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".

El norteamericano W. Ferrel 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.

En los años 1862 y 1863, y por orden de la Junta General de Estadística, se realizaron una serie de observaciones de ozono con motivo de la aparición de una epidemia de fiebre amarilla en Tenerife. Estas medidas se llevaron a cabo porque en aquella época se atribuía un papel muy importante al ozono atmosférico como componente purificador del aire. Estas fueron, sin duda alguna, las primeras medidas de ozono realizadas en España.

K. von Fritsch, Vicedirector del Instituto Central para la Meteorología y el Magnetismo Terrestre en Viena, del mismo modo Piazzi Smyth, permaneció durante un prolongado período en Tenerife. 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 atmósfera.

La estancia del astrónomo británico Charles Piazzi Smyth en Tenerife durante los dos meses del verano de 1856 estableció, por distintas razones, una frontera en cuanto a la necesidad de un Observatorio en el Teide. Fue hasta la fecha la misión científica más completa realizada en Las Cañadas y el pico del Teide, realizando investigaciones astronómicas, meteorológicas, mareométricas y botánicas. Su libro "Teneriffe, an astronomer's experiment..." fue enormemente difundido por el éxito de sus investigaciones meteorológicas y astronómicas. Desde entonces la obra de Piazzi Smyth y la montaña del Teide aparecieron en numerosos libros geográficos, y en todos los manuales científicos extranjeros que trataban sobre Meteorología o Astronomía. Tal fue su éxito que el científico alemán J. H. Schroeter pondría el nombre "pico" a una elevación montañosa de la Luna. Otro lugar de la Luna ha recibido el nombre de "Montañas de Tenerife", escogido por el astrónomo británico W. R. Birt en honor de Piazzi Smith. También en la misma región lunar puede encontrarse otro cráter llamado "Piazzi Smyth".

El éxito de la obra de este científico escocés puede explicarnos la creciente llegada a la isla de investigadores extranjeros en busca de más y mejores datos sobre los vientos de altura en el Teide. Una muestra de la competencia profesional y el celo existente entre los investigadores extranjeros, puede hallarse con suma rapidez. Tras su estancia en Tenerife, el francés G. Belcastel llegaría a escribir que Piazzi Smyth "envidiaba para su patria" el pico del Teide.

El médico británico Dr. William Marcet, quien fuera también Presidente de la Royal Meteorological Society desde enero de 1888 a enero de 1890, estuvo en el pico del Teide a finales de junio de 1878. Además de ser un médico interesado por el clima desde el punto de vista terapéutico y sanitario, Marcet realizó una serie de observaciones en el pico del Teide, por lo que la precisión y meticulosidad de dichas observaciones parecen más de acuerdo con las de un destacado meteorólogo de su época que con las de un médico aficionado. Su interés se centró, aparte de las condiciones climáticas del Valle de La Orotava, en los vientos de altura predominantes en la Isla.

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

También el británico 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 dable suponer 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, desarrolló también diversas observaciones meteorológicas y las primeras, casi con certeza absoluta, sobre electricidad atmosférica en todo el territorio español.

El Dr. Biermann, otro científico de nacionalidad alemana, expuso detalladamente en una obra exclusivamente dedicada al clima de las Islas Canarias las relaciones de vientos alisios en las capas inferiores de 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 elaboró de forma aun más exacta 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", el francés A. Cornu publicó un trabajo en el año 1890 en la revista Comptes Rendues.

En 1900 el sueco K. Angström publica 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". En el informe anual del Observatorio suizo de Sonnblick de 1903 puede encontrarse una comparación de las intensidades de la radiación observadas en el pico del Teide y los valores del Observatorio suizo medidos por F.M. Exner. K. Angström y su colaborador O. Edelstamm hicieron una serie de medidas comparativas en la proximidad del pico (3692 m.), sobre el lugar de observación conocido por Altavista (3252 m.), en un punto de Las Cañadas del Teide (2125 m.) y en un lugar de la costa sur de Güimar (360 m.).

En el año 1904 se realizan desde el yate del célebre oceanógrafo Alberto de Mónaco los primeros sondeos con globo piloto en aguas de Tenerife. El interés internacional por el establecimiento de una Estación permanente en el Pico del Teide condujo al establecimiento de un Observatorio provisional alemán en Las Cañadas del Teide en el año 1910, el cual estuvo rodeado de numerosas y complejas negociaciones diplomáticas entre los gobiernos de España y Alemania hasta el año 1916, cuando sucede la construcción de un Observatorio definitivo en la montaña de Izaña, donde se halla en la actualidad la Estación de Vigilancia Atmosférica.

Desde la instalación del primer observatorio provisional se realizan en las Cañadas del Teide medidas de electricidad atmosférica por los investigadores alemanes Ludeling y Luyken, en el año 1913; de extinción de la radiación ultravioleta y polarización de la luz, así como de la ionización de las capas altas de la atmósfera por también por los alemanes Dember y Uibe en 1914;

A partir de la 1ª Guerra Mundial cesan las expediciones científicas de investigadores extranjeros, y sobre todo las de científicos alemanes. 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. De estos años sólo contamos con los excepcionales trabajos del meteorólogo español Font Tullot, quien sin contar con medios materiales ni humanos sacó a la luz sus relevantes trabajos sobre nuevos aspectos de la dinámica atmosférica regional: dinámica de los "vientos superiores" de la atmósfera, inversión del alisio y altura del mar de nubes, invasiones de aire sahariano, radiación solar, etc. A partir de 1958 y coincidiendo con la apertura política del régimen franquista se inician nuevas investigaciones internacionales, aunque la mayor parte de ellas tratan sobre astronomía y astrofísica.

Los primeros trabajos de carácter internacional, y ya relacionados estrechamente con la investigación atmosférica se basan en la recogida de muestras desde el año 1961 para la determinación de C^{14} , con el objetivo de analizar la evolución de la radioactividad de origen antrópico (pruebas nucleares) en la atmósfera. Este proyecto fue iniciado en el Observatorio de Izaña por parte del investigador noruego Reidar Nydal, del Instituto Noruego de Tecnología (Trondheim).

Los trabajos de Font Tullot sirven de base para un estudio de considerable relieve, como es "Le climat des îles Canaries" del francés Huetz de Lemp, publicado en la Universidad de la Sorbona de París en el año 1969.

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 previa en el Observatorio de Izaña de la instrumentación y los equipos del buque "Meteor". Este hecho, sucedido en el año 1968, constituye el hito fundamental para la instalación de una Estación de medida de componentes atmosféricos en nuestro Observatorio. Christian E. Junge, considerado hoy como el pionero de la química atmosférica, es quien da los primeros impulsos para el establecimiento de una Estación BAPMoN (Background Atmospheric Pollution Monitoring Network), una vez demostradas las excelentes condiciones naturales del emplazamiento, y los óptimos resultados obtenidos en el mismo.

Justo un año después, en 1969, se publica un informe avalando las excelentes condiciones del emplazamiento de Izaña para la realización de medidas de química atmosférica, por el científico alemán Abel. Dado el gran interés mostrado en la química atmosférica por parte de los investigadores alemanes, en 1974 se inician las negociaciones entre los gobiernos de Alemania y España para el establecimiento de una Estación de medida de contaminación de fondo (BAPMoN) en el antiguo Observatorio Meteorológico de Izaña.

Prácticamente al mismo tiempo, en el año 1975, se inician los primeros estudios sobre transporte de aerosoles en el Atlántico Norte por parte del profesor J. Prospero, de la Universidad de Miami (USA), en el marco del Proyecto AEROCE (Atmosphere/Ocean Chemistry Experiment).

También el investigador norteamericano Rasmussen, lleva a cabo en nuestro Observatorio medidas de halocarburos en la atmósfera (componentes clorados). Esta nueva expedición científica sucedía en el año 1979, con cargo a un proyecto financiado por el "Oregon Graduate Center for Study and Research" (U.S.A).

La realización de mediciones atmosféricas (ozono superficial, CO₂, CH₄, Núcleos, turbiedad atmosférica...) y estudios encaminado a determinar la idoneidad del Observatorio de Izaña como Estación BAPMoN, fueron llevadas a cabo por Schmitt y Balchtrusch en el año 1981, comisionados por el Servicio Meteorológico y el Instituto de Medioambiente de la antigua República Federal de Alemania.

Por fin, diez años después de las primeras negociaciones entabladas entre España y Alemania, aparece publicado en el B.O.E. del 15 de Junio de 1984 el acuerdo hispano-alemán para el establecimiento de una Estación BAPMoN en el Observatorio de Izaña.

SINOPSIS DE LA TRAYECTORIA HISTORICA DE LAS INVESTIGACIONES ATMOSFERICAS EN LA ISLA DE TENERIFE.

- Antes del Siglo XX: investigaciones sobre física y dinámica atmosférica.
- Desde principio de siglo hasta finalizar la segunda guerra mundial: investigaciones aeronáuticas
- Desde la segunda guerra mundial hasta la década de los sesenta: no hay investigación relevante.
- A partir de los años sesenta: investigaciones de química y física atmosférica relacionados con el "Cambio Climático".

2. EL PROGRAMA DE VIGILANCIA ATMOSFÉRICA MUNDIAL (VAM) Y LA MISIÓN DEL OBSERVATORIO DE IZAÑA

Una de las conclusiones básicas a las que se llegó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre "El Medio Ambiente y el Desarrollo", celebrada en Río de Janeiro en Junio de 1992, es la necesidad de establecer un sistema fiable de observación a nivel mundial y nacional,

para vigilar, comprender y predecir el comportamiento y la evolución del medio ambiente mundial. Esta necesidad muestra, sin duda alguna, el sentir general de que no se conocen suficientemente bien los procesos que están teniendo lugar en la atmósfera. Por ello es necesario distinguir los conceptos de "Observación del Tiempo" y "Observación del Clima", de tal modo que nos permitan abordar desde una perspectiva más adecuada la investigación sobre los cambios detectados en la composición de la atmósfera, y las posibles modificaciones que estos cambios puedan producir en el clima terrestre. La sociedad, a través de sus gestores, demanda una información científica detallada y exacta, que sea realmente útil para emprender acciones económicas y sociales concretas.

Para poder entender claramente las nuevas necesidades en materia de observación, sería necesario describir previamente cuál es el nuevo marco mundial que exige ese cambio en el "modo de observar".

La población mundial ha crecido exponencialmente desde el comienzo de la Revolución Industrial., pasando de algo más de mil millones de personas a casi seis mil millones en la actualidad. Este crecimiento, que es cada vez más acelerado, aunque la tasa de natalidad haya descendido en algunos países, implica mayores necesidades de recursos naturales. El ritmo en el crecimiento de la producción industrial a escala mundial, asociado al incremento de la población, es exponencial a partir de la década de 1960.

La actividad humana (principalmente aquella asociada a la industria y a las tareas agrícolas) ha propiciado la aparición de un serie de problemas nuevos en la atmósfera, gran parte de los cuales son ya familiares para la mayoría de los ciudadanos. En la tabla I se resumen los problemas atmosféricos más importantes, los compuestos químicos que los causan, sus principales fuentes antropogénicas y naturales, los impactos más importantes y la duración de los efectos.

Problema atmosférico	Efecto Invernadero	Deterioro Capa Ozono	Lluvia Ácida	Aumento Procesos Oxidantes (Smog)	Radioactividad	Aumento Calima
Productos Químicos	dióx. carbono, metano, óx. nitroso	CFC's, óx. de nitrógeno	óx. azufre y nitrógeno	ozono troposférico, óx. nitrógeno, monóx. carbono, hidrocarburos	radionúcleos	hollín, metales, partículas industriales
Principales Fuentes						
Antropogénicas	combustibles fósiles, deforestación	propelentes, aislantes, refrigeración	combustibles fósiles, fundiciones	procesos industriales	energía nuclear, pruebas nucleares	combustibles fósiles
Naturales	volcanes, incendios		volcanes, tierras pantanosas	intrusiones estratosféricas	suelo	bosques, desiertos
Impacto	clima, aumento nivel del mar	salud	lagos, suelos, bosques, estructuras	salud, vegetación	salud, agua, suelo, biota	visibilidad, salud, clima, cultivos
Duración del Efecto	siglos	decenios (o más)	años	días/meses	escalas variables	días/meses

Tanto el recalentamiento de la atmósfera terrestre (ver figura 1), como consecuencia del aumento de los gases de efecto invernadero, como el progresivo deterioro de la capa de ozono que nos protege de las dañinas radiaciones ultravioleta en el rango B del espectro (UVB), son los problemas atmosféricos más importantes debido a tres razones:

- Sus importantes efectos.
- Su detección a escala mundial

- La prolongación de sus efectos en el tiempo, dado que estos componentes químicos poseen una vida media en la atmósfera muy larga (el dióxido de carbono entre 40 y 200 años, el óxido nitroso, 150 años, los diferentes CFC's, alrededor de 100 años, etc.).

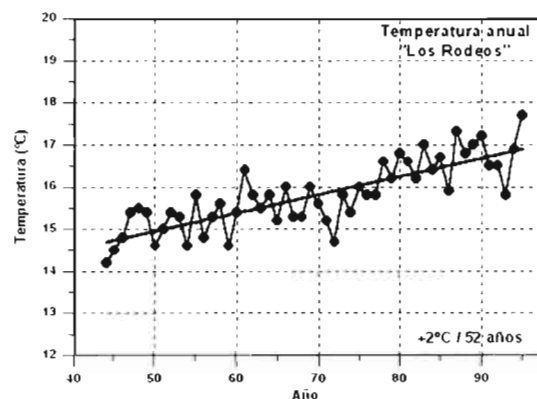
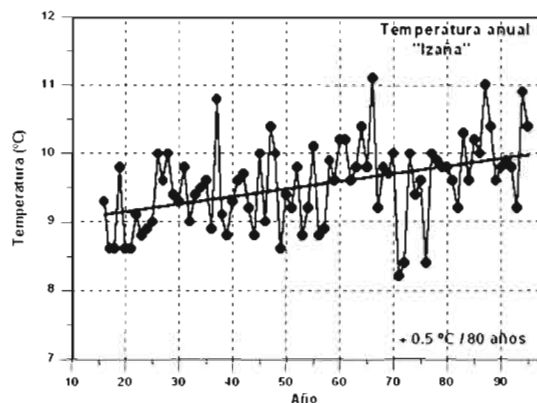


Figura 1a y Figura 2b. La temperatura media a nivel mundial se ha elevado unos 0.7°C desde la Revolución Industrial. Sin embargo la variación de temperatura con el tiempo es muy diferente de unas regiones a otras de la Tierra. Podemos observar cómo la serie larga de temperatura media anual del Observatorio de Izaña muestra un aumento de 0.5°C en 80 años, y la correspondiente al Observatorio del Aeropuerto de Los Rodeos un aumento de 2°C en 52 años.

Aunque en los últimos años han sido aprobados diferentes Acuerdos internacionales para reducir las emisiones de contaminantes, principalmente entre los países más industrializados, el problema dista bastante de tener una solución inmediata, por dos motivos:

- Los acuerdos, en muchos casos, son exclusivamente políticos, declaraciones de buena voluntad, pero no se materializan en acciones concretas.

- Aun en el supuesto de que las emisiones de gases contaminantes se eliminaran por completo, situación que está muy lejos de la realidad, el tiempo de residencia de algunas sustancias es tan largo (decenios o siglos) que sus consecuencias perdurarían durante muchos años.

- La situación económica mundial apunta a un claro empeoramiento. Hasta ahora solamente han contaminado la atmósfera de forma significativa los países industrializados, los cuales representan un 15% de la población mundial. Estos países producen, por ejemplo, las 2/3 de las emisiones totales de dióxido de carbono. Países como Indonesia, Pakistán, Bangladesh, India y China poseen, en conjunto, casi la mitad de la población mundial. ¿Qué sucederá si estas naciones, como es previsible, comienzan a desarrollarse económicamente para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, pero con una tecnología obsoleta y altamente contaminante?

Como vemos, la presión del hombre sobre su entorno en general, y sobre la atmósfera en particular, es muy elevada. Dicha presión es de varios ordenes de magnitud superior a la que ejercía hace tan sólo un siglo, y sin duda alguna, esta influencia se incrementará, al menos, a corto y a medio plazo. En ocasiones se escuchan comentarios relativos a que la Tierra o la atmósfera poseen sus propios mecanismos de defensa, y que éstos pueden absorber

cualquier cambio que sobre ellas se pueda ejercer. Desgraciadamente esta afirmación responde más a una necesidad psicológica de creer que nada va a suceder, que a una situación real.

También se plantea la posibilidad de que muchos de los cambios detectados, por ejemplo en el aumento de la temperatura terrestre, estén asociados a ciclos de periodo mucho más largo que los registros obtenidos hasta la fecha. Aunque esta variabilidad natural también existe en algunos casos, ya disponemos de suficientes resultados científicos que demuestran que algunos de los cambios detectados se deben exclusivamente a actividades humanas llevadas a cabo en los últimos decenios, como ocurre, por ejemplo, con el deterioro de la capa de ozono. De hecho, en el último informe del IPCC (Intergovernmental Panel of Climatic Change) publicado en 1996 se afirma, por primera vez, que el cambio climático es causado por las actividades humanas.

En cualquier caso la investigación del clima tiene como uno de sus objetivos, separar las señales antrópicas de las naturales y estudiar sus posibles interrelaciones.

Hasta ahora casi todas las planificaciones nacionales que, de un modo u otro, están ligadas a la Meteorología, se han realizado sin tener en cuenta posibles cambios en el Clima, como si éste fuera a ser estable en el futuro. Durante el periodo 1972-75, el mundo se alarmó ante la catastrófica sequía del Sahel en Africa, y sus consiguientes implicaciones en el orden

económico y social. Una década más tarde otro desastre volvió a repetirse, entonces en Etiopía con una gravísima sequía (1983-85); otras situaciones catastróficas pudieron observarse por el efecto de “El Niño” en numerosas regiones del mundo en 1982-83, y en la ola de calor de 1988 en los Estados Unidos.

Parece, a la vista de lo citado hasta ahora, que existen notables diferencias entre la “Observación del Tiempo” y la “Observación del Clima”. Pero, exactamente ¿qué debemos observar y qué debemos estudiar?

Por un lado debemos estudiar las causas. Es decir, examinar aquellos componentes atmosféricos cuyos cambios puedan producir impactos importantes. Así encontraríamos una larga lista de componentes, entre los que cabría destacar el dióxido de carbono, el metano, los CFC's, el ozono total, el ozono superficial, los óxidos de nitrógeno, etc. Por otro lado se podrían observar los efectos. Como ejemplo de éstos, podríamos vigilar el aumento del nivel medio de los mares, el posible aumento de la radiación ultravioleta, el aumento de la temperatura media mundial, las modificaciones en los sistemas de circulación atmosféricos, la degradación de los bosques por la lluvia ácida, la disminución/aumento de la superficie de los casquetes polares y de la capa nival, etc.

Podemos percibir que la observación del clima guarda importantes diferencias respecto a la observación del tiempo:

1. En la Observación del Tiempo se estudian exclusivamente parámetros meteorológicos. En la Observación del Clima no sólo se miden parámetros meteorológicos sino, además, muchos otros componentes, como gases y partículas de la más variada naturaleza.

2. En la Observación del Tiempo nos situamos en unas dimensiones espaciales y temporales que nos son familiares: regiones, países, horas ó días; y medimos variables que incluso podemos sentir (presión, temperatura, humedad, viento, etc). En la Observación del Clima, por el contrario, nos introducimos en escalas más insólitas para nosotros; en el orden temporal, son demasiado largas como para hacer un seguimiento cotidiano; la unidad mínima es el año, la dimensión espacial demasiado grande: el continente o todo el globo terráqueo; y en el orden de las medidas, éstas son muy pequeñas, entrando en el “nanomundo” de la ppm (1 parte en 10^6 partes), ppb (1 parte en 10^9 partes) ó ppt (1 parte en 10^{12} partes), o intentando detectar cambios imperceptibles en largos periodos de tiempo.

3. En el orden económico y social, el objeto de estudio en la Observación del Tiempo es exclusivamente la naturaleza; en la Observación del Clima, el objeto de estudio sigue siendo la naturaleza, pero también las fuentes contaminantes, su naturaleza y su localización geográfica.

4. La Observación del Tiempo es llevada a cabo, básicamente, por profesionales de la Meteorología; en cambio, la Observación del Clima, es ante todo, multidisciplinar: Físicos, Meteorólogos, Químicos, Matemáticos, Ingenieros, Biólogos, etc. están involucrados en dicha Observación.

5. En la Observación del Clima, pueden tener una gran importancia variaciones muy pequeñas en diferentes variables, e interesa, ante todo, obtener valores absolutos con mucha exactitud. La precisión requerida en la Observación del Tiempo es mucho menor.

6. En la Observación del Clima, los instrumentos y herramientas que se manejan son básicamente los utilizados en la Observación del Tiempo (estaciones meteorológicas, satélites, modelos numéricos etc.). A ellos habría que añadir el sofisticado y complejo instrumental utilizado en la observación de otras variables, como el ozono, el dióxido de carbono, los aerosoles, la radiación, etc. y la complejidad añadida en los modelos numéricos con nuevas y más complicadas parametrizaciones.

7. La Observación del Tiempo fija su atención en el estudio de procesos que ocurren básicamente en la atmósfera; la Observación del Clima ha de tener en cuenta, por el contrario, las múltiples interacciones que existen entre la atmósfera, los océanos y la biosfera en general.

8. Si midiéramos el grado de madurez de una ciencia por la confianza de las predicciones que de ella pueden obtenerse, podríamos inferir que la Observación del Tiempo está prácticamente naciendo. Pero si tomamos como referencia que el requisito primordial de una ciencia es la explicación de los fenómenos observados, la Meteorología se encontraría en una situación bastante más avanzada. Hoy en día, los Meteorólogos comprenden y abarcan una serie de procesos físicos que explican el Tiempo atmosférico, aunque sean incapaces de predecir con la exactitud que nos gustaría de qué forma se va a producir su evolución a lo largo del tiempo. La Observación del Clima se encuentra, por desgracia, en un estadio inferior, ya que ni tan siquiera conocemos muchos de los procesos e interacciones que influyen en el Clima.

Por otro lado, los componentes atmosféricos cuyo cambio puede producir, en mayor o menor medida, un posible cambio climático -dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), ozono (O_3), diferentes CFC's y muchos otros- representan en conjunto tan sólo un 0.036% de la composición total de la atmósfera. El problema se complica aún más si comprobamos que los errores experimentales cometidos en la determinación de numerosos componentes atmosféricos, son superiores a los ritmos anuales de crecimiento de dichos componentes y que, además, en numerosas ocasiones, y principalmente bajo condiciones de atmósfera libre (condiciones de fondo), las concentraciones atmosféricas son inferiores a los límites de detección instrumental.

Toda esta serie de consideraciones nos indican que no nos encontramos ante una tarea fácil. La Observación del Tiempo, sus técnicas y su metodología, no puede ser utilizada en la Observación del Clima.

Con el fin de afrontar este nuevo y difícil reto, la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) creó en el año 1989 la red de Vigilancia Atmosférica Mundial (V.A.M.). Esta red se basa principalmente en otras dos de anterior creación: el Sistema Mundial de Observación del Ozono (SMO03) y la red de Control de la Contaminación de Fondo Atmosférica (BAPMoN), establecidas en los años cincuenta y sesenta respectivamente. Las estaciones VAM tienen dos finalidades principales:

- Realizar y proporcionar mediciones de los componentes atmosféricos seleccionados y de las características físicas de la atmósfera, las cuales han de ser representativas de áreas geográficas muy amplias o de la troposfera libre.

- Apoyar y promover estudios científicos basados en las medidas proporcionadas por estas Estaciones, incluyendo la dispersión, el transporte, la transformación química y la deposición de contaminantes sobre la Tierra y los océanos.

Naturalmente, estas Estaciones están situadas en lugares "remotos", alejados suficientemente de cualquier fuente de contaminación. De este modo las condiciones de medida son suficientemente representativas, como sucede con las Estaciones VAM mundiales, o de determinadas regiones, como ocurre con las Estaciones VAM regionales. Naturalmente la instrumentación utilizada en estas Estaciones es altamente sofisticada, por cuanto ésta ha de medir concentraciones muy pequeñas en valor absoluto, o variaciones muy pequeñas a lo largo de amplios periodos de tiempo.

En la actualidad existen 10 Estaciones VAM de importancia mundial: Mauna Loa (USA), Polo Sur (USA), Barrow-Alaska (USA), Samoa (USA), Alert (canadá), Ushuaia (Argentina), Tamanrasset (Argelia), Cape-Grim (Tasmania-Australia), Monte Waliguan (China) y la Estación de Izaña (España), dependiente del Instituto Nacional de Meteorología (INM). Como podemos observar la OMM ha distribuido por todo el mundo un reducido número de Estaciones, las

cuales deben obtener datos de la máxima calidad y fiabilidad. Naturalmente, no es si no una vez transcurridos varios años cuando este tipo de Estaciones comienzan a mostrar resultados interesantes, detectando variaciones periódicas (por ejemplo, oscilaciones anuales, diarias, estacionales, u otras) y tendencias de diferentes componentes atmosféricos y variables físicas. El uso conjunto de los datos proporcionados por todas estas Estaciones nos permiten obtener una visión global de la distribución de los diferentes componentes atmosféricos en una escala mundial.

Con el fin de asegurar la calidad y fiabilidad de los datos, la OMM está actualmente desarrollando tres Centros de Control de Calidad de Datos y Actividad Científica (QC/QA):

- El Instituto Fraunhofer de Alemania, para Europa y Africa.
- La Universidad de Albany, en Estados Unidos, para el continente americano
- El Centro de Tokio, en Japón, para Asia y Oceanía.

Estos centros actúan como jueces objetivos e imparciales de la calidad de los datos obtenidos en las diferentes Estaciones de su cobertura, otorgando una valoración a los mismos. Asimismo tienen otras tareas encomendadas, todas ellas encaminadas a conseguir datos útiles desde el punto de vista científico. Entre dichas tareas cabe destacar:

- El establecimiento de una metodología común de medida, así como de análisis y evaluación de los datos, fijando las mínimas características técnicas que deben reunir los equipos de medida (límites de detección, precisión y exactitud, compatibilidad, etc).
- Clasificación de los datos recibidos (fiables, dudosos, malos, representativos de las condiciones de fondo, etc.) y depuración de aquéllos datos que no deben ser incorporados a las bases de datos de los Centros Mundiales de Datos.
- Establecimiento de procedimientos de calibración e intercomparación de los instrumentos o gases de referencia respecto a patrones mundiales, de modo tal que todas las Estaciones trabajen exactamente en las mismas escalas, permitiendo así la intercomparación de los datos.
- Realización de auditorías periódicas en las Estaciones, para verificar que éstas trabajan de acuerdo con las normativas establecidas.

Asimismo existe una serie de Centros Mundiales de recogida de datos, donde se han establecido unas bases de datos mundiales en los que se permite el acceso a cualquier investigador que lo solicite:

- Ozono y radiación ultravioleta en Toronto (Canadá).
- Química de la precipitación en Ashville (Estados Unidos).
- Radiación en San Petesburgo (Rusia).
- Gases de efecto invernadero en Tokyo (Japón).
- Aerosoles en Ispra (Italia/UE).

3. EL PROGRAMA DE MEDIDAS DE LA ESTACIÓN VAM DE IZAÑA

En la actualidad el Observatorio de Izaña está estructurado en cuatro grupos de trabajo e investigación, dentro de los cuales se desarrollan diferentes programas de medida:

- Grupo del "Ciclo del Carbono".
- Grupo de "Ozono y Ultravioleta".
- Grupo de "Aerosoles y Radiación".
- Grupo de "Meteorología".
- Grupo del "Ciclo del Carbono"

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de "efecto invernadero" más importante en la actualidad y se mide en esta Estación de forma continua, desde el año 1984, mediante un analizador basado en las propiedades de absorción en la banda del infrarrojo del CO₂. Tal y como se

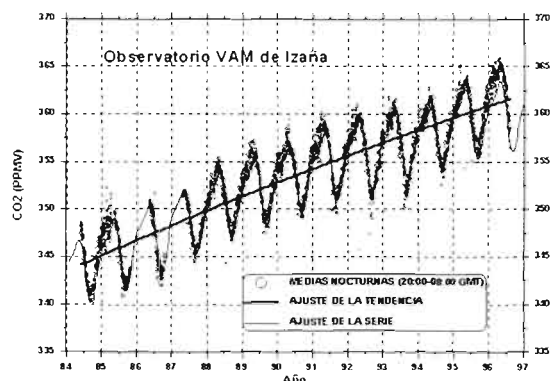


Figura 2. Serie de valores promedio diarios (periodo nocturno) de dióxido de carbono (CO_2) obtenida en el Observatorio VAM de Izaña en el periodo 1984-1997. Se observa una clara variación estacional con máximos en primavera y mínimos en otoño, y una fuerte tendencia positiva (1.4 ppm/año).

puede comprobar en la figura 2, este gas muestra una fuerte tendencia positiva de 1.4 ppm/año.

Otro gas de "efecto invernadero" de gran importancia, que se mide de forma continua en la Estación de Izaña desde 1984, es el metano (CH_4). Su análisis y evaluación se realiza mediante cromatografía de gases.

Por último, dentro del Grupo del "Ciclo del Carbono" se mide, desde el año 1995, también de forma continua mediante la técnica de cromatografía de gases, monóxido de carbono (CO), gas determinante en los ciclos de formación y destrucción del ozono troposférico.

•Grupo de "Ozono y Ultravioleta".

El ozono troposférico (en la superficie terrestre) tiene una gran importancia por su gran capacidad oxidante, pues controla un gran número de procesos fotoquímicos, y está convirtiéndose, también, en los últimos años en un gas de importancia en relación al efecto invernadero. En Izaña se mide de forma continua desde Junio de 1984 (aunque con gran fiabilidad y exactitud solo desde Junio de 1987) utilizando dos analizadores de ozono basados en la absorción de la radiación ultravioleta. Dentro del programa de ozono superficial de la Estación de Izaña, también se realizan medidas continuas de este componente en el faro de Punta del Hidalgo y en el Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife. En relación a este componente, cabe destacar que el Observatorio dispone de un calibrador estándar para ozono superficial que es, además, el instrumento patrón de la red latinoamericana SCO_3P ("South Cone Ozone Project").

El ozono total en columna, es decir, aquel integrado desde el nivel del mar hasta el tope de la atmósfera, se mide en Izaña desde Mayo de 1991 mediante un espectrofotómetro que trabaja en el rango del ultravioleta B (UVB). Estas medidas tienen como principal objetivo la vigilancia de la denominada "capa de ozono". Con este mismo equipo se obtienen, asimismo, dos perfiles verticales diarios (desde unos 10 km hasta unos 50 km. de altura) de ozono, al amanecer y a la puesta de sol.

Los perfiles verticales de ozono, temperatura, humedad y viento desde el nivel del mar hasta unos 34 km. de altura (ver figura 3) se obtienen de los ozonosondeos realizados en la Estación de radiosondeos de S/C de Tenerife (una de las cinco que existen en España). Normalmente se efectúa un ozonosondeo semanal desde Noviembre de 1992, pero se llegan a realizar alrededor de veinticinco por mes en campañas intensivas financiadas por la Unión Europea o por otras instituciones

extranjeras. Este programa permite obtener un conocimiento de la distribución de ozono a lo largo de toda la troposfera (desde el nivel del mar hasta unos 12 km. de altura), así como la magnitud, el perfil y la altitud de la capa de ozono, situada en estas latitudes y alrededor de 25 km. de altura.

La radiación UVB es medida en Izaña, desde Mayo de 1991 (figura 4) mediante un espectrofotómetro. Se realizan varios "scan" diarios en diferentes alturas solares (aproximadamente cada 15-20 minutos) en los que se miden radiancias en el rango de 290 a 325 nm (con un paso de 0.5 nm). Asimismo se mide radiación ultravioleta global en el rango B mediante un piranómetro de UVB

•Grupo de "Aerosoles y Radiación"

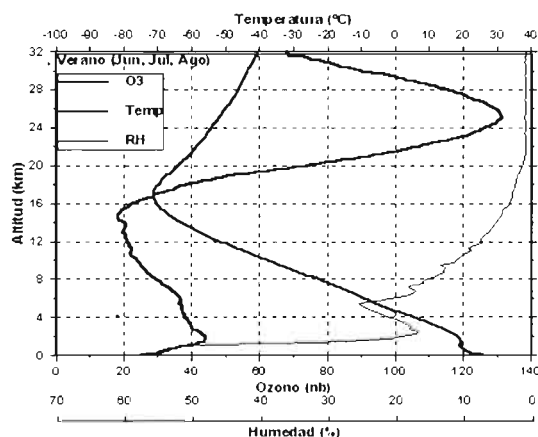


Figura 3. Perfil vertical medio (desde el nivel del mar hasta 32 km. de altitud) de ozono (nb), humedad relativa (%) y temperatura para el verano (Junio, Julio y Agosto). Se observa que para esta estación el máximo de ozono se encuentra alrededor de 25 km. de altitud.

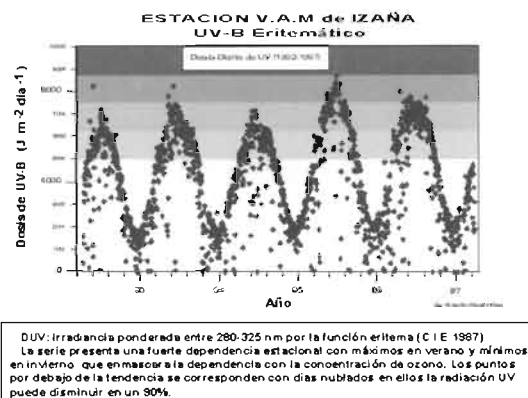


Figura 4. Serie de irradiación ultravioleta (280-335 nm) ponderada por la función eritema, medida con el espectrofotómetro Brewer#33 del Observatorio VAM de Izaña

La radiación global y difusa, por un lado, y la directa por otro, se miden en el Observatorio de Izaña desde 1993 mediante piranómetros y pirheliómetros, respectivamente. También se mide la radiación directa espectral con filtros de paso alta.

El espesor óptico de aerosoles es medido en Izaña mediante un fotómetro solar tres canales (368, 500 y 778 nm) desde enero de 1994. Las medidas de espesor óptico sirven, entre otras cosas, para determinar la "calidad" del cielo desde un punto de vista óptico.

Desde enero de 1996 se miden y analizan los datos proporcionados por dos piranómetros de "banda rotatoria" espectrales (de 7 filtros) instalados en la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Tenerife Sur y en el Observatorio de Izaña, respectivamente. Los datos suministrados por estos equipos son utilizados para la determinación óptica de aerosoles en diferentes longitudes de onda.

A partir de enero de 1997 se incorporaron al programa de medidas del Observatorio varios equipos para la determinación de radiación en los rangos espectrales de fotodisociación del NO_2 y del O_3 , respectivamente, mediante piranómetros especiales de banda limitada, $J(\text{NO}_2)$ y $J(\text{O}_3)$.

Para el cálculo y la distinción del número de partículas atmosféricas entre 3 nanómetros y 1 micra, se utiliza un contador de núcleos basado en la técnica por determinación de láser. Este mismo equipo permite, además, la identificación del número de partículas según los diferentes rangos de tamaño de las mismas.

•Grupo de "Meteorología".

Además de los programas de medidas anteriormente descritos se obtienen datos meteorológicos de forma continua con la instrumentación convencional de un Observatorio Meteorológico Principal (donde se realizan observaciones visuales) y con una Estación meteorológica automática emplazada en la propia Estación V.A.M. Toda esta información es elaborada y transmitida cada tres horas a los Centros de Predicción Meteorológica, esto es, al Grupo de Predicción y Vigilancia de Canarias y a la Sala de Análisis y Predicción del I.N.M. en Madrid.

Este grupo de trabajo se encarga del análisis de series de diferentes parámetros meteorológicos. Además se ha procedido a la informatización de series meteorológicas históricas (el Observatorio Meteorológico como tal fue creado el 1 de enero de 1916).

Asimismo se elaboran estudios con los datos proporcionados por los radiosondeos meteorológicos que, desde el año 1958, se realizan desde Santa Cruz de Tenerife (a las 10.00 y las 22.00 horas T.M.G.).

Por medio de modelos meteorológicos y avanzadas técnicas de tratamiento de datos (sistema Mclidas) podemos obtener la procedencia y la trayectorias descrita por las diferentes masas de aire durante los últimos diez días. Además, estos sistemas proporcionan otros productos meteorológicos de apoyo a los diferentes programas de medidas de la Estación V.A.M. de Izaña.

4. LOS PROGRAMAS DE MEDIDAS EN COLABORACIÓN CON OTRAS INSTITUCIONES

•Universidad de Miami (U.S.A.)

La colaboración con la Universidad de Miami se inicia de una manera continua en el año 1989, ya que anteriormente se había colaborado con esta institución en campañas de

recogida de muestras. El programa de medidas de esta Universidad está enfocado básicamente a la determinación y estudio de las propiedades de los aerosoles troposféricos, tanto desde el punto de vista químico como óptico, y comprende la determinación de:

- trazadores radioactivos Be^7 y Pb^{210} mediante filtros.
- NO_3^- y SO_4^{2-} mediante filtros.
- aerosoles particulados metálicos mediante filtros.
- núcleos de condensación con un analizador TSI.
- propiedades ópticas de los aerosoles mediante un nefelómetro.
- propiedades ópticas de los aerosoles mediante un aethalómetro.

•Laboratorio de Atmósfera del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

La cooperación científica con este laboratorio se inicia en el año 1993 mediante un proyecto de la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología). Desde entonces funciona de forma continua en el Observatorio VAM de Izaña un Espectroradiómetro Visible de Absorción (EVA) de medida zenital para la medida de NO_2 y O_3 en la columna total. Este instrumento fue desarrollado en su totalidad en dicho laboratorio.

•Universidad de Heidelberg (Alemania)

La colaboración científica con esta universidad alemana se inicia en el año 1984 con proyectos relacionados con la determinación de dióxido de carbono y metano en la atmósfera. En la actualidad el programa de medidas de esta universidad en el Observatorio VAM de Izaña consiste básicamente en la captación continua de aire en bolsas para la determinación de Kr^{85} e isótopos de carbono en CO_2 .

•Instituto Max Planck de Mainz (Alemania)

En el año 1996 y a través de un proyecto Europeo de investigación se inicia la colaboración de nuestro Observatorio con este Instituto. Actualmente se realiza la captación continua de aire en bolsas para la determinación de isótopos de carbono en CO_2 .

•Laboratorio de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, U.S.A.)

En el año 1991 se establece un acuerdo con este importante laboratorio estadounidense con el fin de realizar un muestreo semanal en matraces para la determinación de CO_2 , CH_4 , CO y tasas isotópicas $\text{C}^{12}/\text{C}^{13}$ y $16\text{O}/18\text{O}$.

5. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS

•Proyecto AEROCE ("Atmosphere/Ocean Chemistry Experiment"): se desarrolla de forma ininterrumpida desde 1989 hasta nuestros días y su objetivo es estudiar la distribución y las propiedades químicas y ópticas de diferentes aerosoles particulados sobre el Atlántico Norte dentro de una red formada por las Estaciones de Izaña, Mace-Head (Irlanda), Bermudas y Barbados. En este proyecto participan las Universidades americanas de Miami, Rhode-Island y Virginia.

•Proyecto "MAKS" de la NOAA/ Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory - CMDL-: Este proyecto está financiado por la NOAA/CMDL y consiste básicamente en el establecimiento de una red a escala mundial para conocer la distribución espacial y la evolución temporal de determinación de CO_2 , CH_4 , CO y tasas isotópicas $\text{C}^{12}/\text{C}^{13}$ y $16\text{O}/18\text{O}$. El Observatorio VAM de Izaña es un punto muy importante de este proyecto por cuanto es utilizado como Estación de referencia.

- Proyecto ESCOBA ("The Global Carbon Cycle and its Perturbation by Man and Climate: Part II. Atmosphere"): Proyecto financiado por Unión Europea que comenzó en el año 1993 y finalizó en el año 1996. Su objetivo más importante era el de obtener un conocimiento más exacto de la distribución del dióxido de carbono a nivel mundial y analizar su carácter de "gas de efecto invernadero". En este proyecto participaron el Instituto Max Planck (Alemania) y diferentes universidades de Francia, Alemania y Gran Bretaña.

- Proyecto SCUVS ("Stratospheric Climatology Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy") Aunque el proyecto fue financiado por la CICYT solamente en el periodo 1993-96, dado su gran interés científico, continua en la actualidad con financiación propia del INTA y del INM. En un principio el objetivo fue implantar establecer en el Observatorio VAM de Izaña las medidas de dióxido de nitrógeno (NO_2) total en columna, mediante un espectrofotómetro de absorción en el visible. En la actualidad se analizan las series de NO_2 en columna intentando explicar las variaciones estacionales y determinados episodios de gran interés, conjuntamente con datos de ozono estratosférico.

- Proyecto SESAME ("European Stratospheric Arctic and Middle Latitude Experiment"): Este proyecto, sin financiación externa se viene desarrollando, desde 1993, todos los años durante los meses de invierno. El objetivo más importante es obtener un conocimiento detallado de la distribución de ozono total en la región Ártica y latitudes medias durante el invierno del hemisferio norte ya que se detectan valores muy bajos de ozono en latitudes altas en esta época del año. En este proyecto participan más de 40 instituciones científicas de Europa y Norte América.

- Proyecto BOA ("Budget of Ozone Over the North Atlantic"): Este proyecto, financiado por la Unión Europea, se desarrolló en el periodo 1994-96. El objetivo de este proyecto fue el de adquirir un mejor conocimiento de la distribución del ozono troposférico sobre el Océano Atlántico y su papel como oxidante en la troposfera libre. Participaron en el mismo el Instituto Forschungszentrum Jülich, KFA (Alemania), la Universidad de París-Val de Marne (Francia), la Universidad de Bristol (Gran Bretaña) y MeteoConsult (Alemania). Merecen ser destacadas, en el marco de este proyecto, las campañas intensivas de ozonosondeos (más de 20 por mes y estación) llevados a cabo en las estaciones de S/C de Tenerife y Madrid en Febrero y en Junio de 1995. Un resultado transcendental para las islas Canarias fue el de determinar que los valores altos de ozono registrados en el Observatorio VAM de Izaña eran debidos a procesos naturales (intrusiones estratosféricas) en lugar de a transporte de largo recorrido de masas de aire procedentes de lugares contaminados (Europa).

- Proyecto "Investigation of the Oxidizing Capacity of the Atmosphere by Measurement of All Relevant Parameters Over Areas of Different Meteorological Conditions and Different Pollutational Impact": Financiado por la Unión Europea en el periodo 1994-96. El resultado más importante fue el de cuantificar el impacto provocado por las actividades humanas en la capacidad oxidante de la troposfera. Participaron en este proyecto la Universidad de Frankfurt (Alemania), la Universidad de East-Anglia (Gran Bretaña), y la de Oslo (Noruega).

- Proyecto ACE-2 ("Aerosol Characterization Experiment"): Este proyecto financiado por la Unión Europea es liderado por el centro europeo de investigación "Joint Research Center" (JRC) de Ispra, Italia. En el marco de este proyecto se han desarrollado campañas intensivas especiales en los meses de Julio de 1994, 1995, 1996 y 1997. El objetivo principal de este proyecto es el de intentar comprender las propiedades de los aerosoles en la atmósfera del Atlántico Norte, sobre todo aquellos que son transportados desde regiones contaminadas (Europa) a regiones remotas limpias, y evaluar su relevancia en el forzamiento radiativo.

- Proyecto REVUE ("REconstruction of Vertical ozone distribution from Umkehr

Estimates”): Financiado por la Unión Europea, comenzó en enero de 1996 y finalizará en diciembre de 1998. Su objetivo más importante es el establecimiento, análisis y evaluación de una base de datos mundial de perfiles verticales de ozono obtenidos mediante la técnica Umkehr (espectrofotometría), y la validación de estos perfiles frente a los obtenidos mediante ozonosondeos.

- Proyecto SUVDAMA (“Scientific UV DATA Management”): Financiado por la Unión Europea se inició en enero de 1996 y finalizará en diciembre de 1998. Los principales objetivos de este proyecto son los de establecer una base de datos de radiación ultravioleta europea de uso científico, e iniciar una interpretación general de las medidas en tierra de radiación UV. Estos objetivos se conseguirán mediante la medida controlada de alta calidad de UV en diferentes estaciones seleccionadas de Europa.

- Proyecto SUSPENS (“Standardization of Ultraviolet Spectroradiometry in Preparation of an European Network”): Este proyecto, que se inició en enero de 1996 y finalizará en diciembre de 1998, está financiado por la Unión Europea. Su principal objetivo es establecer en Europa una metodología única de calibración de equipos (espectrales y de banda ancha) de medida de radiación ultravioleta.

- Proyecto “CO-OH Europe”: Financiado por la Unión Europea (subcontrato del Max Planck Institute for Chemistry, Alemania), se inició en junio de 1996, y finalizará en diciembre de 1998. Los objetivos de este Proyecto son, por un lado, desarrollar una metodología a partir de medidas de C¹⁴ en monóxido de carbono (CO) para validar la distribución de OH, y por otro, determinar la contribución europea de CO en la atmósfera.

- Proyecto TRACAS (“TRANsport of Chemical species Across the Subtropical tropopause”): Este proyecto que trata de conocer el papel jugado por el chorro subtropical en el intercambio de diferentes componentes químicos entre la estratosfera y la troposfera, se iniciará en Noviembre de 1997, y será financiado por la Unión Europea hasta Diciembre de 1999.

Como se puede apreciar, en los últimos tres años el Observatorio VAM de Izaña se ha involucrado en numerosos proyectos científicos que han servido para que adquiriera una gran proyección internacional.

Además de estos proyectos, el Observatorio de Izaña ha acometido campañas de medida de reconocido prestigio internacional, y entre ellas cabe destacar las siguientes:

- Campaña OCTA (“Oxidizing Capacity of the Tropospheric Atmosphere”): Llevada a cabo en Agosto de 1993, fue financiada por la Unión Europea. El principal objetivo fue el de obtener un conocimiento detallado del comportamiento de diferentes componentes atmosféricos como radicales libres (OH, NO₃), ozono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metánicos, etc. para estudiar la capacidad oxidante de la troposfera libre.

- Campaña NOGIC-93 “The Nordic Ozone Group Intercomparison”: Financiada por el Consejo de Ministros Nórdico, la Academia de Finlandia, Viäsälä Öy y la Agencia de Protección del Medioambiente Sueca. Realizada en Izaña entre el 24 de Octubre y el 5 de Noviembre de 1993. El principal objetivo fue calibrar (en laboratorio óptico y con medidas al sol) e intercomparar los equipos para la medida de radiación UVB y ozono pertenecientes a diferentes grupos de investigación de Finlandia, Suecia, Noruega, Dinamarca, Islandia, Canadá, Grecia y España.

- Campaña “The 12ht WMO Ozone Commission Dobson Calibration and Intercomparisons”: Campaña financiada por la OMM y por la NOAA (USA), fue llevada a cabo en el Observatorio de Izaña del 14 al 30 de Junio de 1994. El principal objetivo fue realizar la calibración de espectrofotómetros DOBSON para la medida de ozono de países americanos (Argentina, Perú, Brasil, Estados Unidos) y europeos (Portugal, España y Alemania) y realizar una intercomparación con espectrofotómetros Brewer (equipo estándar

mundial -Canadá- y equipo de Izaña), instrumento SAOZ (Francia) y dos espectroradiómetros de filtro M-183 (Rusia y Cuba, respectivamente).

- **Campaña CASCUM-95: INTERCOMPARACION DE INSTRUMENTOS DE ULTRAVIOLETA Y OZONO TOTAL:** Financiada por la Unión Europea, y realizada en Izaña 12 al 20 de Julio de 1995. Se realizó una intercomparación de espectroradiómetros para la medida de instrumentos de UVB y ozono en el marco del proyecto europeo CASCUM encargado de desarrollar un sistema europeo de calibración de espectroradiómetros. En dicha intercomparación participaron espectroradiómetros de Austria, Gran Bretaña, Grecia y España.

- **CAMPAÑA INTENSIVA DE OZONOSONDEOS CON LA NOAA/CMDL:** Financiado por la National Science Foundation y la NOAA/CMDL (USA) y realizada en Tenerife en Julio de 1995. Consistió en una campaña intensiva de ozonosondeos (más de 25) en la Estación de radiosondeos de S/C de Tenerife. Simultáneamente tenía lugar otra campaña de ozonosondeos en las Azores. Estas campañas se enmarcan en el proyecto NARES cuyo principal objetivo es el de conocer la distribución de ozono troposférico sobre el Atlántico Norte.

- **CAMPAÑA NOGIC-96 "THE NORDIC INTERCOMPARISON OF ULTRAVIOLET AND TOTAL OZONE INSTRUMENTS":** Financiada por Consejo de Ministros Nórdico, la Academia de Finlandia, Viäsälä Öy y la Agencia de Protección del Medioambiente Sueca. Realizada en Izaña entre el 8 y el 21 de Octubre de 1996. El principal objetivo fue el de calibrar (en laboratorio óptico y con medidas al sol) e intercomparar 25 equipos para la medida de radiación UVB y ozono pertenecientes a diferentes grupos de investigación de Finlandia, Suecia, Noruega, Dinamarca, Islandia, Canadá, Grecia, Holanda, Estonia y España. Por último, otras facetas del Observatorio VAM de Izaña a ser destacadas son las colaboraciones técnicas y científicas con la OMM, y con diferentes Estaciones de las redes VAM y SCO₃P de Latinoamérica.

6. LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL FUTURO

Hasta ahora la mayor parte de las medidas atmosféricas que se han realizado en todo el mundo se efectúan a nivel de superficie, o a lo sumo en los primeros kilómetros de atmósfera. Gracias a estas medidas realizadas desde hace años en numerosos lugares del planeta sabemos hoy que la troposfera (desde el nivel del mar hasta unos 12 km. de altura) se está calentando paulatinamente y que están teniendo lugar importantes transformaciones de su composición química. Pero, ¿qué sucede en niveles más altos de la atmósfera?. Se sospecha que en la estratosfera (capa atmosférica entre los 12 y los 50 km. de altura) también se estarían produciendo importantes modificaciones en la composición atmosférica (por ejemplo, decrecimiento del ozono, aumento de CFC's, etc.) a la par que un enfriamiento. Estos cambios estratosféricos junto a los que ya se conocen en la troposfera podrían ocasionar significativos cambios en la circulación atmosférica general que podrían llegar a afectar al clima de las diferentes regiones de la Tierra.

Sin embargo, observar la estratosfera es mucho más complicado que realizar medidas en la troposfera: se requiere instrumentación mucho más avanzada y costosa y lugares de excelentes condiciones de cielo donde instalar esta instrumentación. Un grupo muy pequeño de selectas Estaciones empiezan a conformar la denominada "Red para la Detección de Cambios Estratosféricos" (en inglés, el NDSC -Network for Detection Stratospheric Change-). El Observatorio VAM de Izaña posee ya parte de la instrumentación mínima requerida en este tipo de Estaciones y además está situada en uno de los mejores emplazamientos a nivel mundial, tanto por su situación geográfica como por las transparencias de sus cielos, por lo que esta Estación en pocos años se incorporará a la vanguardia mundial de la investigación estratosférica.

El hecho de que la vigilancia atmosférica deba ser realizada a escala planetaria, hace que cada vez se impulse con mayor fuerza la observación atmosférica desde el espacio mediante satélites. Si bien esta nueva "perspectiva" de la observación atmosférica hará que, al menos en ciertos campos de esta investigación, un gran número de estaciones terrestres sean prescindibles. Sin embargo será cada vez más necesario disponer de una serie de estaciones en tierra situadas en excelentes emplazamientos y dotadas de precisa y avanzada instrumentación que sirvan de referencia a la instrumentación instalada en los satélites. El Observatorio VAM de Izaña ya ha comenzado a trabajar en esta línea sirviendo como Estación de referencia de instrumentos para la medida del ozono estratosférico y de aerosoles instalada a bordo de satélites de la NASA.

De unos años a esta parte el Observatorio VAM de Izaña viene colaborando de forma estrecha con otras Estaciones (de las redes SCO₃P y VAM) latinoamericanas. Una de las futuras líneas de trabajo es la de iniciar campañas de medida en la Antártida en el marco del Programa Antártico del INM en colaboración con Estaciones argentinas situadas en este continente.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

A pesar de que la especie humana se ha organizado en sociedades a lo largo de 10.000 años, es tan solo a partir de los últimos 300 años, cuando ha experimentado un rápido crecimiento de su población y un espectacular progreso técnico. Todo ello le ha permitido avanzar y progresar, pero también traspasar determinados límites medioambientales por la intensa, y a su vez deficiente, explotación de los recursos naturales.

En un sistema mundial de economía de mercado, que basa su existencia en un crecimiento económico continuo, la simple idea de que exista un límite es impensable desde el punto de vista económico y muy difícil de asumir desde el punto de vista político. Hasta ahora este sistema económico ha rechazado cualquier límite o freno a su crecimiento y modelo de producción, confiando en el formidable poder de la tecnología para resolver los problemas económicos y ambientales futuros. Sin embargo, vivimos en un mundo limitado. En el caso de la atmósfera, que es el espacio natural que como profesionales nos preocupa, la vida se desarrolla en una frágil y delgada capa, de apenas 4 km. de espesor, que envuelve a la Tierra. En este marco es lógica la determinación de los gobiernos por abordar la investigación científica del deterioro de la atmósfera, por dos razones: para disponer de la información necesaria que permita tomar decisiones ante un previsible cambio climático, y para dar respuesta a las interrogantes que sobre los nuevos problemas atmosféricos demanda la sociedad.

Como se desprende fácilmente de la lectura de este capítulo, la investigación científica en las islas Canarias sobre diversos aspectos relacionados con la atmósfera tiene ya una larga historia de más de dos siglos. Si a este aspecto añadimos la presencia de numerosas y prestigiosas instituciones científicas en el archipiélago canario -el Instituto de Astrofísica de Canarias, el Instituto Español de Oceanografía, el Instituto Geográfico Nacional, la Estación Vulcanológica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Instituto de Productos Naturales y Orgánicos, etc.- que en la actualidad se dedican al estudio de la Naturaleza, podremos comprender la singularidad del espacio y la geografía de las islas como "tubos de ensayo de un gran laboratorio natural".

Aprovechar tal singularidad sólo puede reportar beneficios, ya sea a la sociedad canaria en particular como a la comunidad científica internacional en general. Pues más allá de estas trascendentes consideraciones no podemos perder de vista la enorme importancia que tienen las ciencias medioambientales para la formación de investigadores canarios, y para asociar el nombre del archipiélago canario con estas actividades de profunda repercusión social.

LA INVESTIGACION BIOMEDICA EN CANARIAS: ¿PROHIBIDO INVESTIGAR?

Jesús Villar

Director, Unidad de Investigación, Hospital de la Candelaria, S/C de Tenerife

Nadie duda de la importancia que ha tenido la investigación para aliviar, prevenir y tratar las enfermedades que afligen al ser humano. Sin la investigación, no hubiera sido posible el descubrimiento de las vacunas, la anestesia, la fabricación de antibióticos, la cirugía cardíaca, los trasplantes de órganos, la clonación de genes, etc.

Por ello no es exagerado decir que el tratamiento de la enfermedad es el fin más alto de nuestra cultura.

En Canarias, la investigación biomédica está en crisis. Más grave que en el resto de nuestro país, una suma de procesos y circunstancias históricas han conducido a Canarias a una delicada situación caracterizada por un desafortunado retraso científico y tecnológico. Canarias, que está viviendo un proceso acelerado de incorporación al mundo internacional, debe intentar ser protagonista con descubrimientos propios para tener un sitio en las sociedades avanzadas del siglo XXI.

¿QUIEN INVESTIGA EN CANARIAS?

Canarias tiene una notable escasez de personal altamente cualificado para la práctica de la ciencia en general. Esta deficiencia es bastante más grave en el campo de la medicina donde la formación de un especialista en cualquier disciplina no contempla la rotación por un instituto o centro de investigación. Es paradójico que mientras que somos testigos de grandes avances en el conocimiento científico, pocas personas esten siendo entrenadas para aplicarlos. Está de sobra demostrado que sólo a través de la investigación se alcanza la excelencia en cualquier disciplina científica.

La escasez de personal investigador es reflejo del nivel de formación de nuestros ciudadanos. Somos una sociedad científicamente analfabeta. Más del 60% de los canarios adultos no han pasado de la educación primaria.

Nuestros jóvenes bachilleres tienen bastante dificultad para recordar los siete colores del arco iris; desconocen como funciona un timbre, y por supuesto siguen ignorando que el objeto que está cambiando el mundo es el chip.

Y es que en nuestro país, la ciencia nunca ha sido considerada como parte de nuestra cultura. No se exagera cuando se dice que muchos profesores están sólo una lección por delante de los alumnos. Al final de la segunda guerra mundial se emprendieron campañas supranacionales para educar a la población basadas en la premisa "pueblo que lee, pueblo que progresa". En los años 60, las naciones más desarrolladas cambiaron el lema por otro: "pueblo que investiga, pueblo que progresa". A las puertas del año 2000, no se entiende todavía que iniciativas de alfabetización como la de Radio ECCA sigan teniendo una importancia vital en nuestra Comunidad. El alto índice de analfabetismo en Canarias nos ha costado un retraso que cada vez resultará más difícil de corregir. A la velocidad que están ocurriendo los cambios económicos y políticos en el Pacífico y en la Unión Europea, sólo nos queda seguir el consejo de la Reina Roja en Alicia en el País de las Maravillas: correr más deprisa para estar simplemente en el mismo sitio.

Los investigadores de Canarias en el campo de la biomedicina están concentrados en las dos universidades canarias (Universidad de La Laguna y Universidad de Las Palmas) y en los cinco grandes hospitales docentes de las dos provincias canarias (Hospital de la Candelaria, Hospital Clínico de Tenerife, Hospital del Pino, Hospital Insular y Hospital Materno-Infantil). A pesar de este entorno de lujo para una población de algo más de millón y medio de habitantes, en Canarias hay pocos puestos de trabajo para investigadores. De los cerca de 3.000 investigadores potenciales que dicen que trabajan en Canarias, menos del 3% solicitan ayudas para la investigación; muchos proyectos - financiados o no- nunca se publican; y pocos investigadores adquieren formación post-doctoral en el extranjero. En Canarias, por regla general, un investigador pasa todo su periodo de entrenamiento científico y posteriormente su carrera como investigador en un espacio de tamaño similar a Rhode Island en New York, una situación que es impensable -si no prohibida- para cualquier colega de EE.UU. o Canadá. Así pues, salvando las cifras grandilocuentes mencionadas constantemente en los foros políticos, pocos son los médicos y profesores de las facultades de medicina canarias que investigan en nuestra tierra. Sin embargo, son numerosos y brillantes los investigadores españoles que se han formado con

dinero del erario público y que viven “exiliados científicamente” en prestigiosos hospitales, institutos de investigación y universidades extranjeras porque no se les ofrece ninguna posibilidad de regresar.

En Canarias, la investigación biomédica es una casa dividida. Y una casa dividida no puede mantenerse por mucho tiempo, porque una de las claves del éxito en la investigación científica es la colaboración entre investigadores y centros. En Canarias existe un nivel muy primitivo de colaboración e interacción entre los diferentes hospitales y las universidades. Este podría ser uno de los motivos que explicarían la ausencia de estudios epidemiológicos que harían de nuestra Comunidad Autónoma un lugar privilegiado en el estudio de prevalencia de enfermedades en nuestro país, en lugar de partir de estimaciones procedentes de estudios norteamericanos.

Asistencia, docencia e investigación forman una triada indivisible para la práctica de la medicina en los hospitales modernos. No es posible imaginar la práctica de ninguna especialidad médica sin el apoyo en la continua actualización y las actividades de investigación que la sustentan. Por tanto, no está justificado el mantenimiento de monopolio alguno en estos terrenos a favor de ninguno de los cinco grandes hospitales de Canarias. Hospitales todos ellos que reúnen además las características para ser denominados universitarios. No en vano, más del 10% de los médicos seleccionados para realizar la especialización tipo MIR en hospitales de la red nacional de asistencia sanitaria se forman en estos cinco hospitales.

¿QUE SE INVESTIGA EN CANARIAS?

España es uno de los países que menos ciencia crea de Europa. Canarias es una de las regiones europeas de la cola en cuanto a la producción científica biomédica de calidad. Se cuentan con los dedos de una mano los científicos biomédicos canarios que tienen una presencia firme en los repertorios científicos internacionales. Según el Science Citation Index -base de datos con más de 3.000 revistas científicas-, menos del 1% de los 2.600 artículos españoles sobre biomedicina publicados en 1994 habían sido realizados por investigadores de instituciones canarias. Madrid, Cataluña, Navarra y Cantabria ocupan los primeros puestos en la producción científica tanto a nivel hospitalario como universitario. Sólo Madrid y Barcelona juntas realizan cerca del 60% de la producción científica de todo el país.

En Canarias se hace muy poca investigación experimental y fundamental. La producción científica es fundamentalmente hospitalaria. Tanto en las universidades como en los hospitales canarios, la actividad “científica” se concentra fundamentalmente en la realización de tesis, tesis doctorales y comunicaciones a congresos científicos. El fin de la investigación es publicar, y mientras ésta no se publique en revistas científicas que figuren en las grandes bases de datos, es inexistente.

¿CÓMO SE INVESTIGA EN CANARIAS?

A diferencia de otros países, no existe en los hospitales canarios la figura de investigador médico a tiempo completo o del médico al que se le proteja entre un 25 y un 75% de su tiempo para la práctica de la investigación.

Con solo preparando a los estudiantes para el ejercicio de la asistencia sanitaria, el sistema descuida el gran abanico de oportunidades para hacer ciencia que tanto necesitan los jóvenes como la sociedad. Al igual que ocurre en muchos países, es hora de copiar e incorporar a nuestro sistema de formación los programas que combinan la formación de médico especialista con la de investigador mediante la rotación durante 2 ó 3 años por una Unidad de Investigación para realizar un proyecto de investigación que ha de ser defendido como tesis doctoral.

Los hospitales canarios carecen de estructuras fundamentales en los hospitales modernos entre las que hay que mencionar la ausencia de especialistas en bioética, departamentos de estadística, epidemiólogos clínicos y unidades de ilustración. La

epidemiología es una disciplina esencial para el desarrollo de la actividad científica y asistencial, sobre todo en una era en la que nos movemos en dirección a la práctica de la "medicina basada en la evidencia científica".

Los pocos investigadores sanitarios que existen en Canarias trabajan actualmente en un ambiente hostil y negativo para la ciencia, teniendo que compartir su actividad científica con la docente y asistencial, sin una infraestructura adecuada, y carentes de una supervisión que les oriente en su metodología. El médico que investiga lo hace a expensas de aumentar voluntariamente su jornada laboral y consumir su tiempo libre hasta llegar en algunos casos a trabajar más de 60 horas semanales. Sólo aquellos que trabajan únicamente para la universidad disponen de mayor tiempo para la actividad científica. Inexplicable y lamentablemente, más del 50% de los especialistas que trabajan en los hospitales canarios no disponen de mesa y silla. Así pues, lejos de pensar en grandes cantidades para comprar equipos de alta tecnología, la investigación en los hospitales canarios empieza por dar a todos los facultativos una mesa y una silla.

Creo firmemente que si la calidad de la medicina clínica tiene que mantenerse, nosotros tenemos que cambiar también aún cuando sea incómodo y doloroso para muchos que han vivido acostumbrados al status quo. Es adaptarse para sobrevivir. Incorporar médicos investigadores en las plantillas de los hospitales canarios es esencial para que se pueda ofertar medicina de calidad.

Si más de la mitad de la actividad investigadora en biomedicina es de tipo clínico, es paradójico que no esté presupuestada en los hospitales. Habría que decir pues, que los fondos que han financiado la realización de proyectos y estudios de investigación, comunicaciones a congresos, tesinas y tesis doctorales han salido la mayoría de las veces de los presupuestos asignados a la asistencia sanitaria. Para muchos, esta forma de actuar constituiría un acto de "piratería" científica, pero bien es verdad que aún cuando no era la finalidad de la administración, ha servido para fomentar la poca investigación de calidad que se ha realizado en nuestros hospitales en los últimos 20 años. Paradójicamente, esta forma de hacer ciencia también ha sido la responsable de que para muchos profesionales la realización y presentación de una comunicación científica a un congreso haya constituido el único capítulo de su vida investigadora.

Desde hace siglos, la medicina española es ferozmente autárquica. De ahí procede nuestra propensión a la aspereza, al encierro, a los malos modos, al ensimismamiento en la sinrazón, al encastillamiento en la aldea y en la sangre de uno. No hay ninguno de nuestros mejores científicos, escritores o dirigentes políticos que no fuera un resuelto viajero. El éxito de Canarias en los años veinte y treinta es en gran parte el resultado de un cierto número de viajeros cruciales (médicos, físicos, biólogos, pintores, escritores, dirigentes políticos), muchos de ellos costeados por la Junta para la Ampliación de Estudios. Sin embargo, en la actualidad las direcciones médicas de los hospitales sigue practicando la técnica del avestruz cuando solo autoriza al profesional sanitario que lo demanda una ausencia anual inferior a siete días por razones de asistencia a congresos, simposiums internacionales, conferencias invitadas, reuniones científicas. Como ha dicho recientemente el académico de la Lengua Antonio Muñoz Molina, el intelectual español tiene que irse de vez en cuando, alejarse de España aunque sólo sea unos pocos días, para respirar de otro modo, para mirar otra luz y escuchar otras voces, para no ver cada mañana los mismos titulares en los mismos periódicos y no arriesgarse a contraer un envenenamiento del alma. Ahora, igual que antes, hay que salir para aprender.

¿DONDE SE INVESTIGA EN CANARIAS?

En líneas generales, en nuestro país el hospital nunca ha sido considerado un centro de investigación. Es de pena la definición del término hospital que recoge la edición de 1990 del Nuevo Diccionario Ilustrado Sopena: "establecimiento en el que se curan enfermos, por lo general pobres". Al igual que ocurre en EE.UU., Canadá, Japón y varios países de Europa, los hospitales docentes deberían constituirse en centros de investigación. Es bastante improbable que las universidades puedan formar al suficiente número de investigadores para hacer que la investigación biomédica en Canarias y en el resto de España ocupe un lugar predominante.

Según un grupo de expertos convocados por el programa europeo de innovación Eureka con motivo de su décimo aniversario, el escenario de la innovación en Europa es tan deficiente que necesita un cambio radical. Identificar las áreas en las que Europa es fuerte y trabajar sobre ellas en vez de intentar corregir las debilidades es otra recomendación de los expertos, entre los que no figura ningún español, a pesar del intento del Gobierno español por situar alguno.

El 80% de los laboratorios de investigación y empresas europeas activas en la cooperación transnacional de investigación y desarrollo (I+D) se concentra en 10 regiones claves: sureste de Inglaterra, París, Frankfurt, Munich, Turín, Milán, Rotterdam-Amsterdam, Rin-Ruhr, Stuttgart y Lyon-Grenoble. Mientras que en España existen algo más de 40 laboratorios que hagan investigación fundamental (lo que supone un laboratorio por cada millón de habitantes), en Canadá sólo en una universidad ya existe el mismo número de laboratorios que en toda España. La mayoría de los laboratorios españoles de biología celular y molecular están afiliados al Centro Superior de Investigaciones Científicas, una institución multidisciplinaria que hasta hace tan sólo un par de años, no tenía demasiado enfoque en proyectos relacionados con problemas clínicos. Además, quienes trabajan en esas instalaciones son biólogos. Los médicos españoles siguen sin recibir entrenamiento en biología molecular y por tanto su figura está ausente de los círculos modernos de investigación. Estas carencias motivaron que en 1992, el Ministerio de Sanidad creara Unidades de Investigación en cerca de 100 hospitales del país, de las que se asignaron tres de ellas a Canarias. La configuración estandar de una Unidad de Investigación debe contar con áreas para los investigadores clínicos, quirófano experimental, laboratorio de investigación, zonas de apoyo y personal dedicado exclusivamente a la Unidad. Por el momento sólo se ha construido la Unidad del Hospital de la Candelaria, pero es de esperar que una vez construidas, se conviertan en el motor que necesitan los hospitales para que la medicina que se haga en Canarias pueda figurar en el mapa de la ciencia. Estas Unidades deberían ser el destino de biólogos y médicos en formación y la estrategia perfecta para aglutinar la producción científica de un centro hospitalario.

¿QUIEN FINANCIA LA INVESTIGACION EN CANARIAS?

La experiencia demuestra que la producción científica depende de los fondos invertidos en investigación. Para hacer "buena ciencia" se necesita dinero, instalaciones adecuadas y personal entrenado. España gasta 1 peseta y 20 céntimos por persona y día en investigación biomédica, uno de los índices más bajos entre los 30 países más industrializados. Entre 1982 y 1992, España pasó del 0.45 al 0.9% del PIB en I+D. Este porcentaje está congelado desde 1992 y presenta una ligera tendencia a la disminución (en 1996 ha sido del 0.85%). En la Unión Europea, el promedio que se dedica a la investigación es del 2.02% del PIB. Estados Unidos y Japón están cerca del 3%, Alemania dedica un 2.6%, Francia el 2.4%, Bélgica el 1.8% e Italia el 1.5%.

En Canarias se dedica poco dinero a la investigación. A pesar de que en nuestro país las Comunidades Autónomas gestionan más de la mitad del presupuesto para el conjunto del sistema sanitario, los programas de política científico-médica en Canarias están planificados casi exclusivamente por la Consejería de Educación. En 1995, el presupuesto de la CAC fue de 443.000 millones de pesetas, del que tan sólo se dedicó menos del 0.2% a la investigación científica, técnica y aplicada, una cantidad equivalente a lo que costaría hacer 2 km de carretera. Ese mismo año, la Consejería de Sanidad no dedicó ningún presupuesto a la investigación. En 1996, una convocatoria de la Consejería de Sanidad destinó la ridícula cantidad de 30 millones de pesetas (0.02% del presupuesto sanitario) para financiar proyectos de investigación para toda Canarias. Curiosamente, esta cantidad era igual al presupuesto de las Fiestas del Cristo de La Laguna. Desde cualquier punto de vista, esta acción representa una irresponsabilidad del Gobierno Canario por cuanto la Administración Central dedicará cada vez menos dinero para financiar la investigación de aquellas CC.AA. que, como la nuestra, tienen transferidas la educación y la sanidad. Así por ejemplo, en la última convocatoria FIS, Madrid obtuvo el 50% de todas las becas y el 30% de todos los proyectos de investigación concedidos. Cataluña, que lidera la

producción científica nacional, invertirá entre 1997 y el 2000, 615.000 millones de pesetas en investigación (más de 150.000 millones de pesetas anuales). En Navarra, la Dirección General de Salud dedica el 0.35% de su presupuesto para el fomento de la investigación y formación científica, con un incremento paulatino hasta llegar al 0.6% en 1999.

En 1996, coincidiendo con el nuevo cambio político experimentado en nuestro país, las perspectivas desde el Ministerio de Educación no parecían muy halagüeñas. Sobre todo después de la eliminación del término Ciencia del Ministerio. La publicación del Manifiesto del Escorial por un grupo de destacados intelectuales, hizo cambiar el rumbo y la actitud de los responsables políticos de la Ciencia en España. En la actualidad, existen varias acciones programadas para los próximos cuatro años por parte de la Secretaría Nacional para la Ciencia en las que se va a destinar cuantiosas sumas de dinero procedentes de los fondos europeos y de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología para el fomento de I+D e innovación.

Sin un presupuesto específico para investigación biomédica los organismos que deberían financiar la ciencia se transforman en verdugos. Unos presupuestos coherentes con la realidad científica de Canarias sugieren que es necesario al menos el 1% del presupuesto sanitario de forma paulatina hasta el año 2000 para el fomento de la ciencia. La mitad de esa cantidad debe destinarse a la formación de jóvenes investigadores y la contratación de investigadores expertos que ya han sido formados en el extranjero y esperan ansiosamente su retorno para devolver la inversión realizada. Las Unidades de Investigación deben ser nidos de formación de personal investigador y el destino de muchos de esos investigadores ya formados de forma excelente en el extranjero. Además, el sistema debe estar abierto a la formación de licenciados europeos que deseen adquirir formación científica en nuestras Unidades de Investigación, si éstas llegan a convertirse en centros de referencia. La otra mitad del presupuesto debería cubrir: (1) la financiación de proyectos de investigación clínica, experimental y fundamental; (2) proyectos de innovación; (3) adquisición de equipos y material de infraestructura; (4) bolsas de viajes para presentar resultados de investigación; (5) becas para ampliar estudios en centros nacionales y extranjeros; (6) organización de conferencias nacionales e internacionales de consenso; (7) organización de cursos de actualización científica con expertos nacionales e internacionales. La ausencia de estas acciones en la actualidad hace que en Canarias esté prohibido investigar en biomedicina. Sin embargo, todavía existen esperanzas porque el futuro está vacío. Es responsabilidad de todos y nuestra gran oportunidad el definirlo. Hagamos entre todos esta revolución científica y convirtamos a Canarias en las islas de la inteligencia. De una vez por todas.

CINCUENTA AÑOS DE INVESTIGACIÓN QUÍMICO ORGÁNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Ángel Gutiérrez Ravelo

Catedrático de Universidad, Departamento de Química Orgánica
Instituto Universitario de Bioorgánica

Para poder entender en que contexto histórico se movió la creación de la Universidad de La Laguna y su azaroso devenir a finales del siglo XVIII, su intermitente caminar a lo largo del siglo XIX, y su llegada a nuestros días con 25.000 estudiantes, unas instalaciones inmobiliarias discretas, un equipamiento material en desarrollo, aunque aún deficiente, un equipo humano joven y entusiasta confiado en que en el siglo XXI, ésta Universidad será una de las más destacadas del país, vamos a recordar como se fundó la Universidad de La Laguna.

La Fundación de la Universidad de San Fernando en 1792 estuvo confiada a los padres Agustinos, dado que en aquellos momentos la cultura estaba encomendada a la Iglesia. En 1823 fue clausurada, posteriormente restablecida en 1825. Esto duró poco pues, en 1830 fue suprimida por órdenes venidas del Gobierno de Madrid. En 1834 se instala nuevamente y vuelve a suprimirse 11 años más tarde en Enero de 1845. Hubo desde esa época un oneroso silencio de la vida universitaria en el Archipiélago lo que unido a las penurias económicas llevaron a una época de pobreza e incultura que ha necesitado muchos años para lograr una vida educativa acorde con los tiempos. La Ley de 11 de Julio de 1912 que creó los Cabildos Insulares, autorizó al Ministerio de la Instrucción Pública para restablecer en la ciudad de La Laguna los "Centros Docentes" precisos para cubrir las necesidades del Archipiélago. Por Real Decreto de 11 de Abril de 1913 se creó una sección universitaria limitada al primer curso de la Facultad de Filosofía y Letras, o sea, el preparatorio de Derecho según el plan vigente en aquella época.

Queremos rendir homenaje al Cabildo Insular de Tenerife ya que la historia reciente de la Universidad ha sido posible gracias a la inestimable, incondicional y generosa ayuda de la institución insular bien en aportaciones económicas directas, sueldos, ayudas en infraestructuras todas ellas de incalculable valor. En estos momentos en que la institución insular está regida por Don Adán Martín Menis queremos personalizar en él nuestro agradecimiento y el de la comunidad universitaria por la comprensión que muestra y la sensibilidad ante la problemática universitaria.

En 1916 se amplían los estudios con la aparición de los dos primeros cursos de la Facultad de Derecho y en 1917 se inician los cursos preparatorios de Medicina y Farmacia como se le denomina en aquellos momentos, cuya licenciatura se completó entre 1919 y 1921. Con el Real Decreto del 1927 quedaron configuradas las Facultades de Derecho, Ciencias Químicas y preparatorio de Filosofía y Letras que paulatinamente fueron siendo completadas.

Como vemos, la Facultad de Ciencias Químicas cumple sus primeros setenta años de vida, se trata, por tanto, de un proyecto en periodo de juventud que necesita del tiempo para consolidar su bien ganado prestigio. Para que entendamos la desidia con que fuimos tratados por los Gobiernos Centrales, tengamos en cuenta que la mayoría de la Universidades Iberoamericanas son infinitamente más antiguas que nuestras Facultades. La creación de la Universidad de La Laguna coincide prácticamente con el comienzo de la Primera Guerra Mundial (1914) y con el nacimiento el 27 de Octubre de 1917 del Profesor Antonio González González que posteriormente tendría un crucial y destacadísimo papel en el desarrollo de nuestra Universidad y que hoy con ochenta años continúa en activo como Profesor Emérito de la misma.

En 1918, finalizada la Primera Gran Guerra, se inicia el denominado período Entre-Guerras 1919-1939 que coincide con el asentamiento de los estudios de Derecho que iban por el tercer curso.

En 1927 se inician los estudios de Química, en una etapa turbulenta de la vida política española, y con un solo paréntesis, la cruel Guerra Civil Española de 1936-1939.

En el Curso 1946-1947 se produce un acontecimiento que marcaría el futuro de la Universidad de La Laguna, la llegada del Profesor Antonio González González a ocupar la Cátedra de Química Orgánica y Bio-Química de la Facultad de Ciencias. Justo desde esa época han pasado cincuenta años que son el objeto de nuestra intervención sobre los cincuenta años de Historia de la Química Orgánica en la Universidad de La Laguna.

Para enmarcar esta historia vamos a conocer un poco más el entorno en que se movía nuestra Universidad de San Fernando en la década de los cuarenta. El Cabildo Insular de Tenerife continuaba con su apoyo permanente, concediendo en 1940 una subvención fija y permanente de 30.000 pts a la Universidad.

Uno de los temas que más interés suscitó en la Junta de Gobierno celebrada en 1942 correspondió al "Examen de los planos que contiene el anteproyecto del actual Edificio Central

de la nueva Universidad presentado por el Arquitecto D. José E. Marrero Regalado proyectado inicialmente para un hospital"; como podemos demostrar observando sus inexplicables anchos pasillos. Aún en la Universidad de San Fernando sita en la Avenida de la Trinidad, se observan los anchos pasillos que nos dan fe de su inicial destino como hospital.

Según cuenta en uno de sus escritos el profesor D. Jorge Fuentes Duchemim en 1942, se decía en los ambientes universitarios, que en nuestra universidad existían **dos esperanzas**: Esperancita, funcionaria, Miss Laguna y Don Antonio que estudiaba en Madrid para Catedrático", como rezaba en su beca, concedida por el Cabildo.

Las esperanzas que ponían las jóvenes generaciones en la llegada de Don Antonio a la Universidad de La Laguna se vieron largamente recompensadas como veremos a lo largo de esta exposición.

En el año 1944 el arquitecto Don Domingo Pisaca, se hace cargo de la Dirección de las obras del Edificio Central de la Universidad actual adjudicadas por un lado a la Empresa D. Pedro Elejabeitia S.A y por otro a La Compañía de Construcciones.

El General García Escámez que se encontraba al frente del denominado Mando Económico hace un donativo de 500.000 pts. al Ayuntamiento de La Laguna en 1946 para compra de solares destinados a edificios universitario; esta aportación fue muy importante porque se acercaba al presupuesto total de la Universidad aprobado en 1946 por un montante de 608.783,49 pts.

Cincuenta años más tarde (1996) el presupuesto de la Universidad es de 15.000.000.000 pts. o sea se ha producido un crecimiento superior a cien mil veces. Esta cantidad podría parecer exagerada pero el hecho real es que nuestra Universidad partía de una total falta de medios, por lo que los números no son significativos.

El 9 de Mayo de 1946 el periódico "EL DÍA" publicaba un emotivo artículo firmado por el biólogo ya desaparecido Doctor Don Carmelo García Cabrera, impulsor de la investigación Oceanográfica en Canarias, en que decía *"Triunfo de un tinerfeño, el Doctor Don Antonio González González consigue la Cátedra de Química Orgánica y Bioquímica de la Universidad de La Laguna en unas reñidas oposiciones celebradas en Madrid"*.

En ese mismo curso se produce la toma de posesión del Profesor González en la Universidad de La Laguna y ya en el año 1947 durante una Conferencia dictada en el Círculo de Bellas Artes de Santa Cruz de Tenerife sobre "Recientes Avances en la Investigación de los Productos Naturales" dice:

"Desde que hacía el Doctorado en Madrid bullía en mi mente la necesidad de crear un Centro de Investigaciones Científicas en Canarias"...

En los comentarios que sobre dicha Conferencia realizaba el periódico "El Día" se decía que el Dr. Antonio González había renunciado al orgullo y comodidad de ejercer su profesión en magníficos laboratorios de la Península para entregarse en cuerpo y alma a laborar por el progreso científico y material de nuestro Archipiélago...

En el Curso 1946-47 en la Universidad de La Laguna, el número de alumnos matriculados era de 609, cincuenta años más tarde, este número se aproxima a los 25.000. En la Universidad de Las Palmas existen actualmente aproximadamente otros 25.000 estudiantes. Hoy contamos con cien veces más estudiantes universitarios en Canarias que en el Curso 1946-1947. El Rector, en ese entonces, de la Universidad de La Laguna era el Profesor Dr. Don I. Alcorta Echevarría de un talante extraordinariamente conservador y con cierta fobia a lo que pudiera parecer innovador o de tipo internacional, como se demuestra con la prohibición de un curso de Esperanto que impartía el Profesor Dr. Régulo Pérez (Curso 1946-1947).

La Cátedra de Química Orgánica en 1947 empieza a impartir enseñanzas prácticas gracias a la inestimable ayuda del Farmacéutico Don Cecilio Fernández, Director del Centro Farmacéutico y persona que apoyó incondicionalmente al Doctor Don Antonio González en su empeño de que la Carrera de Química fuera realmente una carrera experimental.

En el periodo 1947-1951 se inician proyectos de investigación que exigían un duro trabajo dada la carencia de medios que se suplía con un entusiasmo sin límites y con la posibilidad de realizar algunos ensayos fuera de La Laguna. Los proyectos se referían a la investigación de la Flora Canaria y se obtienen unos primeros e interesantes resultados que dan lugar a publicaciones y a la lectura de tres Tesis Doctorales en Madrid tal como especificaba la ley en aquella época.

En esta misma época (1949) el Catedrático Antonio González González realiza una

estancia de estudio en el Departamento de Química Orgánica de la Universidad de Cambridge bajo la dirección del Profesor Todd, el posteriormente Premio Nobel (1957), e inicia relaciones con científicos tales como el Prof. Birch, Prof. Jhonson, Prof. Barton...

Hace unos años el Catedrático de la Universidad de Alicante Doctor Don Miguel Angel Yuz Astiz destacó que la actitud del Profesor González de ir a estudiar fuera siendo Catedrático no era usual en la época. Durante toda su carrera profesional el Profesor González ha estimulado a sus alumnos para que realicen estancias de estudio en las Universidades más prestigiosas del Mundo.

En 1950 estando en Inglaterra Don Antonio, unas intensas lluvias producen grandes y graves destrozos en los laboratorios del edificio de la Universidad, situado en la Calle de San Agustín agravados además por el deplorable estado del edificio.

El Catedrático de Lengua y Literatura Española y Universal Doctor Alberto Navarro es nombrado Rector en 1951, cargo en el que permanece hasta el año 1963.

El Presidente del Cabildo Insular de Tenerife Don Antonio Lecuona inicia en 1952 unas obras en los bajos del edificio del Cabildo con el objeto de habilitar laboratorios para los investigadores de la Cátedra de Química Orgánica, que venían trabajando intensamente y con excelentes resultados, las citadas obras fueron finalizadas en 1958, siendo en ese momento el Presidente del Excelentísimo Cabildo Insular de Tenerife Don Heliodoro Rodríguez el cual, de forma sorprendente, cede los laboratorios a su yerno Dr. Fernández Caldas para trabajos en temas de Edafología.

En este mismo año de 1952 se producen varios acontecimientos de gran interés como son: La llegada de Mr. A. R. Gilson de la Universidad de Cambridge y el Sr. Torres, Químico e Industrial de Barcelona, expertos en diseño y realización de laboratorios los cuales elaboran un proyecto para la construcción de los laboratorios del nuevo edificio de la Universidad en la Avenida de la Trinidad.

Resulta también destacable la creación de la sección Canaria de la Real Sociedad Española de Física y Química hecho que ocurre como reconocimiento a las importantes aportaciones que realizan los diferentes grupos de la Facultad de Química con publicaciones en la revista de la Real Sociedad de Física y Química y otras revistas internacionales, siendo Primer Presidente de la Sección Canaria R.S.E.F.Q. Don Antonio González González.

El Ministro de Educación Doctor Joaquín Ruiz Jiménez llega a Tenerife en 1953 y el Rector y la Junta de Gobierno organizan visitas a las recientemente inauguradas Facultades de Derecho y Filosofía y Letras, quedando excluida la visita a la vieja Facultad de Ciencias de la Calle San Agustín.

El Doctor González como Decano de la Facultad de Ciencias y con la oposición del Rector invitó al Ministro y al Director general de Universidades a visitar las Facultad de Ciencias en pleno funcionamiento. Los visitantes quedan impresionados por el deplorable aspecto de las instalaciones de la Universidad en la Calle San Agustín y prometen ayuda para que se aprueben las obras de los laboratorios de la Facultad de Ciencias en el edificio central. A pesar de esta promesa, el Profesor González tuvo que realizar repetidas visitas a Madrid e incluso presentar su dimisión como decano pero finalmente el 14 de Diciembre de 1953 el Boletín Oficial del Estado publica el decreto por el que se aprueban las obras antes señaladas.

Llegado este momento quisiera puntualizar que los éxitos que han jalonado la brillante carrera del Profesor González, en cada momento han venido acompañados de un trabajo esforzado y un entusiasmo sin límites frente a las dificultades, lo cual, unido a su extraordinaria inteligencia, le ha permitido obtener notables resultados.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas en 1959 concede el Premio Nacional de Investigación Alfonso X El Sabio al Doctor Antonio González González por sus destacadas aportaciones al estudio de la Química de los Productos Naturales, siendo éste el máximo galardón que contadas personalidades de la época recibieron.

En la década de los años cincuenta se inicia una aventura que ha resultado ser muy fructífera y con una enorme trascendencia en diversos países iberoamericanos.

La aventura se inicia con una visita del Profesor González a Brasil y posteriormente a Argentina, México... que permitieron iniciar un flujo de investigadores de todo el Continente Iberoamericano hacia la Universidad de La Laguna. El objetivo era la ampliación de estudios de Química Orgánica y llevar a cabo trabajos de investigación conducentes a la realización de Tesis Doctorales sobre temas diversos todos ellos relacionados con la Investigación Química de los Productos Naturales Orgánicos.

Los frutos más palpables, junto a la existencia de un innumerable grupo de profesores en diversas Universidades, han sido:

- Generación de grupos de Investigación en Sudamérica y la formación de Profesores e Investigadores.
- Estudios de especies de la rica y diversa flora Americana.
- Establecimiento de vínculos científicos con la cultura emergente más importante del siglo XXI.
- Favorecer las relaciones culturales a todos los niveles.

La década de los sesenta se inicia con un nuevo éxito de la Cátedra de Química Orgánica pues por su excelente labor de investigación se le concede al Profesor González el Premio de la Fundación Juan March.

En 1961 se celebró, organizado por la Cátedra de Química Orgánica, un acontecimiento cual es la celebración del la X Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física y Química en el Edificio Central de la Universidad reunión que fue un éxito de organización y donde además se aportan relevantes ideas que dinamizan la vida científica del país.

En 1961 los Doctores Eglinton y Hamilton de la Universidad de Glasgow se incorporaron a la Cátedra de Química Orgánica para desarrollar un trabajo de colaboración por encargo del Ministerio de Agricultura del Reino Unido. Dado que la Universidad no disponía del equipamiento adecuado, la Universidad de Glasgow facilitó un Cromatógrafo de gases y un Espectrofotómetro de Infrarrojo; la incorporación de estos equipos, los primeros establecidos en una Universidad española, representaron un extraordinario cambio en el ritmo de producción y en la calidad de los trabajos del grupo de químicos que investigaban sobre Productos Naturales en nuestra Universidad. Cuando regresaron a Escocia, los investigadores conscientes de las necesidades de La Universidad de La Laguna ofrecieron los equipos a un precio simbólico.

En 1963 se produce gracias a la generosa ayuda del Cabildo, la inauguración de un magnífico laboratorio de investigación denominado: Laboratorio de Investigaciones Químicas de Tenerife.

En este mismo años el Profesor González es nombrado Rector Magnífico de la Universidad de La Laguna.

El 8 de agosto de 1963 el periódico "El Día" comenta, acerca del nombramiento como Rector del Profesor Antonio González dice: "...Sabemos la natural y profunda satisfacción dentro y fuera del ámbito universitario con que todo el país acogerá hoy esta noticia..., Estamos seguros que su presencia en el Rectorado de la Universidad será fructífera y fecunda"....

Los estudios universitarios y de grado medio que existían en la Universidad de La Laguna cuando llega el Profesor González al Rectorado son los siguientes: Filosofía y Letras (Románicas), Derecho, Químicas, Agrícolas (técnicas), Perito Industrial, Náutica (Transporte), Escuela Normal, Escuela de Comercio y dos Institutos de Bachillerato en cada provincia.

Cuando sale del Rectorado en 1968, los estudios universitarios se han multiplicado y ya por fin muchas carreras pueden cursarse en Canarias: Esperanto, Periodismo, Física, Historia, Geografía, Biológicas, Económicas, Matemáticas, Medicina, Escuela Superior Ingeniería (1964), Lenguas Modernas, y la Enseñanza Media ve la aparición de Secciones delegadas en Tejina, La Orotava, Icod, Güímar, La Gomera...

Estos datos son indicativos de la notable labor llevada a cabo en el Rectorado, generosa en el esfuerzo pero que también se vio recompensada por la ayuda de la Administración. Algunos logros que inicialmente se habían puesto como objetivo se quedaron en el camino por la falta de ambición de los políticos locales, mientras que ellos mismos potenciaron otras alternativas que también han sido a la larga fructífera.

En esa misma década se le conceden al Profesor González dos nuevas distinciones como son la Gran Cruz al Mérito Civil (1967) y la Medalla de Oro de la Real Sociedad Española de Física y Química.

Las relaciones internacionales se relanzan con la realización de un Symposium Hispano-Francés de Productos Naturales (1972) en la Universidad de La Laguna, y la participación de los mejores especialistas internacionales entre los que cabe destacar el Profesor Poitier (famoso por sus investigaciones sobre el *taxol*), el Profesor Rivas...etc. La participación de algunos profesores sudamericanos, previamente formados en La Laguna sirvió para darle al encuentro un aire de universalidad que influyó de forma muy notable en los jóvenes

investigadores de aquella época. Las Universidades españolas enviaron una numerosa e importante representación, germen de trabajos de colaboración.

El interés de los trabajos de investigación y la novedad de las líneas iniciadas por el grupo de La Laguna motivaron una gran curiosidad e interés en los círculos de la Investigación Químico Orgánica; así, en 1974 el Profesor González es nombrado "Chairman" de la 9^a IUPAC S.C.P.N. en Canadá. En esta época, década de los 70, se producen también acontecimientos históricos, como es la desaparición del antiguo régimen y la entrada en el periodo democrático actual, que produjeron cambios e introdujeron nuevas maneras en el manejo de los fondos destinados a la Investigación por parte de los gobiernos. Inicialmente, este periodo significó un receso económico, pero por otra parte se generaron un gran número de plazas de Investigadores y Profesores de Universidad, pudiendo considerarse esta década como la de definitivo asentamiento del Departamento de Química Orgánica y del Instituto de Investigaciones Químicas de Tenerife.

Acabando la década se inaugura la ampliación del edificio y el Centro acoge más de 50 Investigadores, de los cuales unos 20 son foráneos traídos fundamentalmente por programas de la AIETI, (Asociación para la Investigación y Estudios de Temas Iberoamericanos), que fue muy generosa con el Centro y fundamentalmente con los Investigadores Iberoamericanos. El Ministerio de Educación y el Ministerio de Asuntos Exteriores fueron sensibles a las repetidas peticiones del Profesor González para conseguir ayudas e institucionalizar la colaboración con Iberoamérica.

En el esquema siguiente se presentan algunas fechas e hitos representativos de la década de los 70:

- 1976 Rector Honorario Universidad de La Laguna
- 1977 Senador por Designación Real
- 1978 Socio de Honor de la Real Sociedad Española de Física y Química
- 1978 Medalla de Oro de la Academia Francesa de Ciencias y Arte
- 1978 Medalla de Oro de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Perú
- 1978 Medalla de Oro del Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife
- 1978 Presidente de la Junta de Parlamentarios de Canarias
- 1978 Experto Designado por UNESCO en Productos Naturales
- 1978 Miembro Rector de la Organización Internacional para el desarrollo de la Química, con sede en París
- 1979 Chairman de la UNESCO para el desarrollo de Centro Internacional de Química
- 1979 Vocal de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación y Ciencia
- 1979 Miembro de la UNESCO Especialista en Productos Naturales

Cuando se inicia la década de los 80, el Profesor González es encargado por la UNESCO de la creación y desarrollo de un Centro de Investigación de la Química de los Productos Naturales Bioactivos de la Flora Medicinal Paraguaya en la Universidad Nacional de Asunción en Paraguay.

Este Proyecto resultó ser muy ambicioso y fructífero y entre sus objetivos se encontraba la formación de Doctores, lo cual se realizó en el Centro de Investigaciones de La Laguna y en Alemania mientras que el Profesor González y otro personal de esta Universidad participaron en el desarrollo de Cursos de capacitación durante varios años en la Universidad de Asunción, lo que fue acompañado de la visita de personal Técnico de la Universidad de La Laguna que ayudó al montaje e inicio de las Investigaciones con grandes equipos: Resonancia Magnética Nuclear, Espectroscopía de Infrarrojo, etc.

Hoy, cuando se miran estas fechas con perspectiva y uno de aquellos Doctores en formación ocupa el cargo de Director del Centro de Investigación Paraguayo, se siente el orgullo de haber participado en la formación de ese importante grupo de Investigación.

La aventura Iberoamericana continuó de forma ininterrumpida y con enorme sacrificio por parte del Profesor González y sus colaboradores y fue reconocida su importante labor con la concesión de un número incontable de premios, por ejemplo:

1980 Académico de la Real Sociedad de Farmacia de Perú
 1980 Académico de la Real Sociedad de Química de Perú
 1981 Profesor Honorario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Perú
 1982 Profesor Honorario de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay
 1982 Doctor Honoris Causa por la Universidad de Oviedo
 1983 Honor al Mérito por la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay
 1983 Medalla de Oro del Excelentísimo Cabildo Insular de Tenerife
 1983 Director del Instituto Universitario Iberoamericano de Química de Productos Naturales Orgánicos, AIETI
 1984 Premio Canarias de Investigación del Gobierno Autónomo
 1984 Premio Teide de Oro de Radio Club Tenerife
 1986 Premio Príncipe de Asturias de Investigación
 1986 Medalla de Oro de la Asociación Nacional de Químicos Industriales de España

Durante todos estos años, D. Antonio González y su grupo de Investigación continuaban sus ambiciosos proyectos de Investigación centrados en aspectos diversos de la Química Orgánica. Los productos naturales, aquellos específicos producidos por los seres vivos continuaron siendo el objetivo primordial, pero la elucidación estructural se fue quedando en una segunda línea y los investigadores empiezan a interesarse por temas de estudios de actividad, síntesis, biosíntesis y una relación más importante con temas de interés aplicado.

Por ser miembros de una comunidad universitaria, nunca se ha dejado de atender de forma importante aquella investigación de interés académico pero también se relanzan la búsqueda de antibióticos, citostáticos, inhibidores enzimáticos, insecticidas, nematocidas, etc. y empiezan a aparecer las primeras patentes de aplicación de los investigadores de La Laguna.

Resulta destacable la aportación que los grupos de La Laguna han realizado a la síntesis orgánica enantioselectiva en dos facetas tales como la metodología sintética y el diseño y estrategia sintéticos.

Cuando han pasado cincuenta años de la llegada del Profesor González a la Universidad de La Laguna, él ha realizado más de 700 publicaciones en revistas internacionales, ha publicado numerosos libros y capítulos de libros sobre temas relacionados con la Química Orgánica.

Quizás es relevante considerar, que si se tienen en cuenta las publicaciones de sus alumnos, éstas en total rebasan varios miles. Si hablamos de personas, existen más de 50 profesores universitarios repartidos en las Universidades Españolas con los cuales el profesor González tuvo una importante relación en su formación, mientras una cantidad similar se encuentran actualmente formando parte de la plantilla del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Junta de Energía Nuclear, otros Organismos públicos e Industrias.

En Iberoamérica, más de 50 investigadores y profesores han recibido su formación en la Escuela de Química Orgánica de la Universidad de La Laguna.

Pero si importante es la labor directa realizada por el Departamento de Química Orgánica y su cabeza visible el Profesor González, quizás más importante aún ha sido su labor dinamizadora de la vida universitaria: la creación del Centro de Investigaciones Oceanográficas de Canarias tuvo su inicio en unos laboratorios del Instituto de Investigaciones Químicas de Tenerife, donde los Doctores Carmelo García Cabrera, Argeo Bello, Molina y García Braun se instalaron gracias a la generosa ayuda del profesor González, el cual ayudó de forma desinteresada a la posterior creación del centro anteriormente mencionado.

También resulta interesante recordar la época de estancias en las Cañadas del Teide del Profesor Francisco Sánchez con su familia, con durísimas jornadas de trabajo y duras condiciones de vida, alentadas por el profesor González, Rector en aquella época y que apoyó de forma incondicional la generación de lo que hoy se denomina Instituto de Astrofísica de Canarias.

Estos son dos hechos que contamos pero que no son aislados sino representativos de todos aquellos que solicitaban ayuda al profesor González para trabajar.

Otra de las cuestiones que hoy en día forman parte de los temas más importantes tiene que ver con la selección del personal para trabajos docentes o de investigación. El crecimiento de la Cátedra de Química Orgánica y del Centro de Investigación se realizó de

forma armónica y siempre se tuvo en cuenta que las personas seleccionadas fueran inequívocamente las de más valía. Existió una gran preocupación por su preparación y a todas ellas se les envió a los centros de investigación o universidades más importantes del mundo, siendo muy ambiciosos en estas selecciones, lo que permitió posteriormente crear unos equipos de investigación sólidos que permiten a la Universidad de La Laguna que su escuela de Química Orgánica se encuentren entre las más modernas de Europa.

La inteligencia, la perseverancia en el esfuerzo, la ambición universitaria, la lucha constante que no ha cesado en toda su vida y la rectitud de la persona del Profesor González son cualidades que destacan en su personalidad, los defectos, que no conozco, quedarían palidecidos ante tantos aspectos positivos.

Resulta destacable, que durante los 50 años de historia de este Departamento ha existido una amplia colaboración con centros o departamentos de la propia Universidad y, como ya hemos comentado, con las del resto del mundo, así los departamentos con los que la cooperación ha sido más fluida han sido Botánica, Microbiología, Parasitología, Farmacología, Química Inorgánica, Química Analítica.... Se ha participado en labores de Extensión Universitaria, de forma ininterrumpida en programas de doctorado durante todos los periodos sin interrupción y se han organizado ciclos de conferencias y congresos nacionales e internacionales en numerosas ocasiones. Actualmente, participa en labores docentes en las Facultades de Farmacia, Química y Biología y en los Centros de Ciencias de la Educación y Centro Superior de Náutica.

Como colofón digamos que durante el curso 1996-1997 los datos del Departamento de Química Orgánica fueron:

Alumnos	2400
Profesores	36
Carga Docente por Profesor	248 h/s
Publicaciones 1995/1996	87
Doctorandos	25

Además de participar en Proyectos de la Comunidad Económica Europea, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Gobierno Autónomo, Ministerio de Industria, etc...

ESTRELLAS, SEÑAS Y CABAÑUELAS: TIEMPO ASTRONÓMICO Y METEOROLÓGICO EN LA CULTURA TRADICIONAL CANARIA

Juan Antonio Belmonte Avilés

Museo de la Ciencia y el Cosmos
Instituto de Astrofísica de Canarias

Margarita Sanz de Lara

Hospital Universitario de Canarias

*Antes acostumbraban que salieran "las cabrias",
salen como en junio, en la madrugada.
Cuando salen hace friito, refresca, y dicen:
"ya salieron las cabrias, hay que sembrar".
Orita nosotros esperamos la luna,
cuando la luna está tiernita no sembramos,
sólo cuando la luna está grande.*

*Dña. Teodora, La Huerta, Norte de México
(en Gente Antigua. Colección Raíces, México, 1994)*

*Antes nosotros aquí no teníamos televisión, ni relojes,
entonces nos guiábamos por los astros del cielo.*

*Luis Mendoza (71 años)
La Dehesa de Chipude, 30 Mayo 1996*

SUMARIO

En este ensayo presentamos el núcleo fundamental de un estudio de mayor envergadura acerca del uso de los fenómenos naturales de carácter celeste (astronómico y meteorológico) en las prácticas agrícolas y ganaderas del campesinado isleño y su relación con las fiestas, el santoral y otras costumbres de carácter tradicional y religioso.

Este estudio está basado en trabajo de campo consistente en entrevistas personalizadas y de grupo realizadas a viejos pastores y campesinos en diversos lugares de las Islas de Tenerife, Fuerteventura y Lanzarote, especialmente en aquellos donde las tradiciones populares han sido poco alteradas pues han permanecido aislados hasta fechas relativamente recientes como, por ejemplo, Teno Alto o Jandía, contrastando estas entrevistas con otras realizadas en lugares puntuales de otras islas del Archipiélago como Fataga en Gran Canaria o Chipude en La Gomera.

Varias cuestiones importantes surgen de este estudio. ¿Cuál es la base astronómica de estas tradiciones?, ¿era útil este conocimiento? ¿cuál es el origen de esta tradición? y, quizás la más importante, ¿cuál es su futuro?. A lo largo de este ensayo esperamos encontrar respuesta a alguna de estas preguntas.

1. INTRODUCCIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

En conversaciones más o menos informales mantenidas durante 1995 con viejitos de Teno Alto, en Tenerife, y con Don Angel Mejías y su esposa Clara de Fataga, en Gran Canaria, pudimos comprobar, que aun se conservaba el uso, o al menos el recuerdo, por parte de algunos agricultores y ganaderos de las Islas Canarias, en lugares remotos y aislados del Archipiélago, de algún tipo de conocimiento secular de los fenómenos que ocurren en la Bóveda Celeste, tanto de carácter puramente astronómico como meteorológico, aplicados a las tareas agropecuarias (siembra, cosecha, trashumancia, suelta de ganado, etcétera). Este es un saber que en su momento estimamos se mantenía entre los más viejos, estando ya sesgado en la población adulta de menos de 60 años, y que por tanto era muy posible que acabara perdiéndose de forma definitiva, por razones obvias (uso de relojes, radio, televisión, etcétera), en muy pocos años.

Si bien se han realizado algunos trabajos preliminares sobre este campo (ver Galván 1980, Navarro 1982, Aguilera Klink at al. 1994 y, especialmente, González Rodríguez, 1998 y referencias allí incluidas), éste es creemos el primer trabajo sistemático sobre el conocimiento

de la Bóveda Celeste por parte del campesinado isleño que se lleva a cabo y se publica en el Archipiélago. Los datos experimentales son un total de 36 entrevistas (ver Tabla 1) realizadas a pastores y agricultores de edades comprendidas entre los 42 años (el más joven, con la excepción de Cristina de 29 años y de Marcos de 32 años), y los 88 años (el más viejo) de un total de 26 poblaciones diferentes del Archipiélago Canario. La mayoría de ellas son entrevistas personalizadas, casi todas sorpresivas salvo cinco excepciones (AM, AR, AA, ML y FR), aunque en Teno Alto y en Guía de Isora también se llevaron a cabo entrevistas de grupo que luego se matizaron con otras más personales (casos de ML y MC en Teno o de SL en Adeje).

En total se han obtenido unas 100 fotografías y se han recogido más de 20 horas de grabación, más notas y comentarios transcritos directamente al papel, que constituyen, a nuestro parecer, un documento etnográfico valiosísimo que creemos se habría perdido por completo en unos pocos años tal como ya ha ocurrido en otros lugares de nuestro país.

Como el lector podrá imaginar, el volumen de información recogido es enorme y un trabajo profundo de presentación, análisis e interpretación de los datos excede con mucho las posibilidades de este ensayo por lo que nos vamos a centrar aquí en tres aspectos fundamentales lo que constituye poco más del 30% de la información útil recogida, dejando el otro 70% (datos sobre el sol, la luna, las montañas y las nubes, el Corpus de Cabañuelas, los aspectos émicos, etcétera) para una monografía sobre el tema que esperamos publicar en un futuro no muy lejano. Estos tres aspectos son el complejo Venus-Lluvia-Ganado, las estrellas agricultoras y el “calendario” astronómico en su relación con las Cabañuelas y las Fiestas.

1.1. LA ESTRELLA DEL AGUA Y EL COMPLEJO VENUS-LLUVIA-GANADO

En el libro “El Hierro, Séptima Isla” (Padrón 1989) se puede leer: “Si la llamada Estrella de Agua se ve al oeste, es prueba positiva de lluvias en muchos días del invierno. Por el contrario, negativa si se inclina al norte”. Esta curiosa cita identificaba claramente una estrella del cielo como una estrella portadora de agua, pero ¿cuál era esa estrella?. Por este motivo, quedamos impresionados cuando al preguntar a un grupo de ganaderos de Teno por qué habían pedido una ayuda contra la sequía en el mes de octubre de 1994 (justo en el comienzo de la temporada de lluvias), éstos nos respondieron lo siguiente: *Por que la estrella esa que estaba comentando no salía por donde tenía que salir.*

Por tanto, había una estrella en el cielo, lo suficientemente importante como para que su comportamiento provocase una reacción tan seria como la solicitud de una ayuda por sequía. Al poco descubriríamos de que estrella se trataba:

P: ¿Conoce algún tipo de estrella en el cielo?

R: La Estrella Venus

P: ¿Para qué la utilizaban?

R: Para la seña, dicen que para cuando llueve. Dicen que cuando corre para el sur y cuando vira para el norte, suele llover

Manolo (alrededor de 65 años), padre de Siona. Alares.

Era por tanto Venus, pero no un Venus cualquiera, sino Venus cuando aparece como estrella vespertina:

P: ¿El Venus, por donde se ve?

R: Por el poniente

P: Una estrella muy brillante que se ha estado viendo allí muchos días

R: Esa, ese es el Venus

P: ¿Y esa les indicaba algo?

R: Si esa nos indicaba por que a veces cuando salía de una parte daba buenas señas y cuando salía de otra daba mala seña, por el campo, por cuestión de las

cosechas, **o que si llovía o que si era año seco**

P: ¿Y cuándo era cuando era buena? ¿cuándo traía agua?

R: Cuando traía agua era esta parte allí (h. el Hierro) y luego buscando el norte.

Si se iba hacia el sur, ya no indicaba buena señal

Luis Mendoza (71 años), Chipude.

Además, conforme realizábamos más entrevistas nos íbamos dando cuenta de su tremenda importancia, pues un 73% de nuestros informantes reconocían su carácter como estrella portadora de lluvia (una notable excepción es la Península de Anaga, en Tenerife). Venus como Estrella de Agua se constituía además en una señal de carácter panisleño. En este sentido, es curioso descubrir hasta qué punto nuestros informadores se fijan en los movimientos de la estrella, así, en Tenerife, tenemos:

P: ¿Por qué le llaman la Estrella del Ganado?

R: Por que cuando está por aquí debajo es año de ganado, eso es dicho viejo. El ganado está bueno y cuando está por encima no.

P: O sea que en los años en que se ve por Poniente es bueno

R: Sí. En los años en que está por aquí debajo **llueve si no es año seco**.

Que después sigue:

P: ¿Que es lo de la Estrella del Ganado de que cuanto más alto subía más agua traía, le suena algo de eso?

R: Sí, es esa que tenemos ahí. Si por que se va elevando parriba, se ha subido, esta altísimo y cuanto más alta está, más agua echa

P: ¿Siempre está por el mismo sitio?

R: No, ella nace por el Poniente y después se va elevando, ella da el recorrido del sol y se va allá adentro a media Gomera y cuando está en su punto (se estaciona) y después vuelve atrás (cambia el sentido de movimiento) y viene hasta sobre la Palma (hacia el noroeste) ahí cuando va pa dentro, se pierde por el mismo sitio donde apareció. Da ese recorrido.

P: ¿Y eso cuanto tiempo tarda en darlo?

R: Casi al año

P: ¿Es siempre ese recorrido el mismo?

R: Siempre no donde mismo

P: ¿Cambia mucho?

R: Hay veces que parece que nace en el mes de octubre y a veces nace en este mes (enero) palante

P: ¿Cuando trae lluvia?

R: **Cuando nace en el mes de octubre**. Por que si después nace en los meses de junio o julio, ya no trae lluvia, pero en esos meses es casual que nazca, por que ella se pierde por aquí bajo (hacia el mar) en octubre y yo creo que para junio o julio se pierde y entonces, a los 15 ó 20 días, se ve por allí encima (Naciente, las montañas) y cuando se pierde por allí encima tarda 3 meses en verse por allí abajo. Ella no es que se pierde, sino es que va con el sol. Ella va aparejada con el sol y no la vemos.

Mateo Martín González (72 años), Teno Alto.

En Gran Canaria incluso se la asocia a su posición con respecto a una montaña singular:

P: ¿Y tenía que ver alguna estrella con la lluvia?

R: El Lucero Venus. El Lucero Venus, por ejemplo está aquí, aquí en frente y ese Lucero se va corriendo pabajo y cuando llega allí abajo, **a un morro que está allí abajo** esas son las señas de antes, cuando llegaba allí abajo y viraba parriba, entonces sí, ya teníamos el agua arriba.

P: ¿Que morro era ese?

R: Era el Garito, porque el que está aquí es el Morro de las Vacas. Y ese es el Lucero Venus. Ese es grande. Se ve con el día. Si hay quien lleve el rumbo de él, la dirección que lleva él, y está el día claro, se ve.

P: ¿Y ese era el que les servía para las lluvias? ¿El que traía agua?

R: Sí, el que traía agua. El servía pa las señas de antes. Porque hoy no hay señas ninguna, jeh!

P: ¿Y antes las señas funcionaban?

R: Sí, antes llovía distinto.

Miguel Pérez (82 años) Cercado de Fataga,

y en algunos casos se llegaban a usar “instrumentos” con el fin de observar su movimiento y descubrir si era el adecuado o no:

M: Mi padre tenía una seña, me acuerdo de verlo con **2 palitos encima de una pared**, abajo donde yo vivía, en Tiscamanita, y por allí sabía por donde se ponía la Estrella Venus, y decía: “Ah, este año tendremos un año ruin”. El veía por donde trasponía por los dos palitos

P: ¿Si salía bien que pasaba?

M: Que llovía

P: ¿La estrella Venus cuando era buena, cuando tiraba hacia la Gran Montaña?

M: Sí, cuando tiraba hacia la Gran Montaña, pero que estuviera por debajo del sol, a la izquierda del sol y hacia la Gran Montaña

Magdalena García Gutiérrez (77 años), Tiscamanita.

Por tanto descubrimos que la visibilidad de la “Estrella” o “Lucero” Venus, Estrella del Ganado o de los Pastores, en el horizonte de poniente en los meses “invernales” (de hecho otoñales) era buen presagio pues la estrella “traería” la lluvia siempre que primero “se fuese hacia el sur” y luego “virase hacia el norte”.

Por otra parte, a mediados de enero de 1996, en nuestra segunda visita a Teno Alto, Mateo Martín nos contó lo siguiente, mientras hablábamos de las Cabañuelas:Y luego tenemos **el Cambio de Planeta el 21 a la Pascua que cambia el planeta**.

Teníamos pues una conexión entre el 21 a la Pascua (Solsticio de Invierno, probablemente) y algo que ocurría a lo que Mateo denominaba el “Planeta”, nombre de evidentes connotaciones astronómicas. Por este motivo, nos quedamos muy sorprendidos cuando una semana después, en el norte de Fuerteventura, Maximino Melián nos contaba lo siguiente en relación al ganado caprino: cuando las cabras no están bien es por que tiene **“mal planeta”**, que con ligeros matices (planeto, planeta, planete, ...) seguimos escuchando en nuestro viaje hacia el sur de la isla, aunque fue en una de nuestras últimas entrevistas cuando la “conexión” celeste quedó clara:

H: en el ganado nosotros nos fijamos que empezaron a morir y tenían **“mal planeta”** y luego cambiaron y escaparon.

P: ¿Hay alguna estrella rara en el cielo cuando tienen mal planeta?

H: Muchacha, ahora mismo la que está por aquí debajo, Venus, cuando Venus está por aquí debajo, están mal y cuando está por encima (de ellos) están mejor.

Higinio Mederos (67 años), Agua de Bueyes.

Por tanto, nuestros informantes parecían reconocer una conexión aparente entre la posición de Venus en el cielo y el estado de salud, o de ánimo, del ganado. Esto ya lo

habíamos escuchado, con otras palabras, a Mateo en Teno Alto (Tenerife), quien incluso denominaba a Venus la “Estrella del Ganado”.

En consecuencia, parece existir una relación entre Venus, como Lucero Vespertino, por un lado con la lluvia y, por otro, con el ganado, fundamentalmente caprino. El siguiente paso parece lógico, relacionar la abundancia o escasez de lluvias, con la abundancia y calidad del pasto y, por tanto, no sólo con el estado de salud del ganado, sino también con su abundancia, puesto que, si hay comida suficiente, hay más partos que llegan a buen término, por tanto más nacimientos y, además, más “baifos” (cabritos) tendrán posibilidades de salir adelante.

Así, en la mentalidad tradicional del campesino canario parece haberse creado una relación tripartita a la que proponemos denominar, complejo “Venus-Lluvia-Ganado”, inspirándonos en una relación similar descubierta recientemente, referente al cultivo del maíz en la antigua Mesoamérica, a la que se ha dado en llamar el complejo “Venus-Lluvia-Maíz” (Sprajc 1993).

¿Cuál es la base científica en que se apoya este complejo?. La conexión entre la lluvia y el ganado parece clara, pero ¿y la conexión Venus-lluvia?, ¿tiene algún tipo de fundamento?, la respuesta es sí. Veamos como.

Lo primero que hay que tener en cuenta es que el periodo sinódico de Venus es de 584 días, aproximadamente. Esto significa que en 8 años trópicos caben casi exactamente 5 ciclos completos de Venus, en que el planeta se comportará, alternativamente, como Lucero Matutino y Lucero Vespertino, con dos periodos de desaparición entre ambos, el primero de unos 60 días (matutino a vespertino) y el segundo de unos 8 días (de vespertino a matutino).

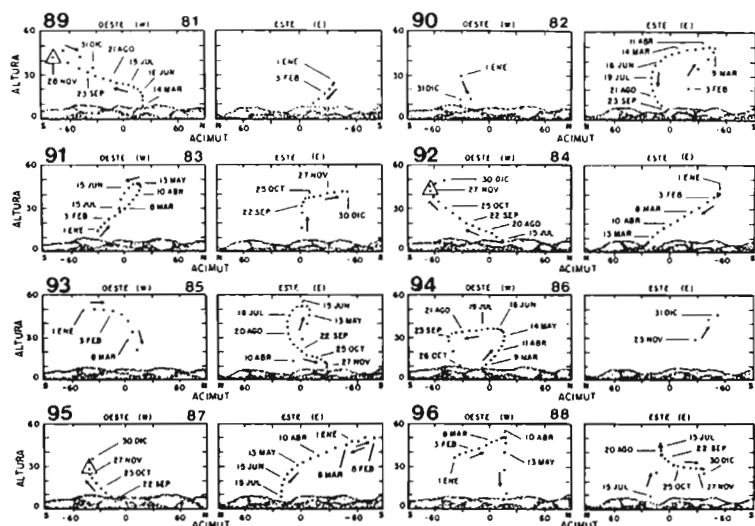


Figura 1: Evoluciones del planeta Venus, como Lucero Matutino (al este) y Vespertino (al oeste), en sus dos últimos ciclos de 8 años, el 81-88 y el 89-96. Como se puede comprobar, la “Estrella del Agua” (Venus a Poniente) siempre se estaciona, cambia de sentido y “tumba” hacia el norte a finales del mes de noviembre. De igual forma, también se puede ver que el “Lucero de los Boyeros” o “La Labradoria” (nombres que recibe Venus a Levante) es visible al alba en el comienzo de la época de la labranza (finales de agosto, principios de septiembre) durante al menos 5 años del ciclo, lo que permite su uso como marcador agrícola (adaptado de D. Flores, México). Ver discusión en el texto para más detalles.

De las cinco formas posibles de comportamiento de Venus como estrella de la tarde a lo largo de su ciclo de 8 años (ver Figura 1), para un lugar de latitud similar a la de Canarias, hay tres en que la estrella “aparece por el oeste, primero camina para el sur, y luego tumba para el norte”. En este sentido, basta recordar la descripción sobre el movimiento de la Estrella del Ganado, recogida en Teno Alto a Mateo el del Cercado, o la del Lucero Venus, recogida en Fataga a Miguel Pérez, por poner sólo un par de ejemplos significativos, para darnos cuenta de que cuando Venus hace esta “carrera” es “cuando trae agua”.

¿Por qué?, para explicarlo tenemos que recurrir al ciclo de precipitaciones para distintas localidades del archipiélago (Marzol Jaen 1988) y es fácil darse cuenta que, después de haber comenzado a llover a lo largo del mes de octubre, el máximo de precipitaciones se produce en noviembre, en muchos casos, o a más tardar en diciembre o

enero. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la estrella Venus en sus dos últimos ciclos de 8 años, el 81-88 y el 89-96. Resulta sugerente darse cuenta como en los años agrícolas 89-90, 92-93 y 95-96, la “estrella” primero se dirigió hacia el sur para, de pronto, hacia finales de noviembre, estacionarse en un punto y virar para el norte. En consecuencia, no es de extrañar, y hay que ponerse en la mentalidad de nuestros campesinos, asociar ese giro hacia el norte de la “estrella”, producido a finales de

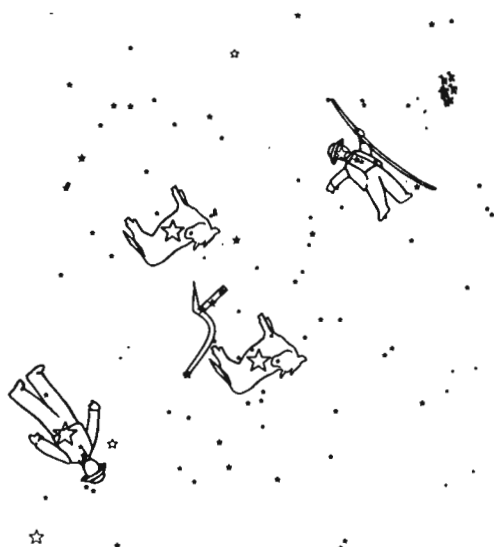


Figura 2: Las Estrellas Agricultoras. En el dibujo se muestra la única región del Firmamento reconocida, por su utilidad, por más de la mitad de nuestros interlocutores. Esta integrada por el cúmulo de las Pléyades, las Híades con la estrella Aldebarán, el cinturón y la daga de Orión y el "Lucero" Sirio, a las que el campesinado canario denomina Las Cabrillas (el Siete en Tenerife), el Pastor, el Arado y el Gáñan (o la Gañanera en Fuerteventura), respectivamente. Algunos informantes reconocían una Yunta (par de bueyes) en las estrellas más brillantes de Orión, Bételgeuse y Rigel. Notar la posición cabeza abajo del Arado y el Gáñan. Dibujo original de Miriam Cruz. Ver texto para más detalles.

noviembre en todos los casos, con la llegada del máximo de lluvias justo en ese periodo.

La "Estrella" Venus permaneció en el poniente hasta finales de mayo de 1996 en que "cambió" para el naciente y dejó de llover (en abundancia). ¿Casualmente?, 1996 fue "de lo mejor". Como podemos pues cuestionar a nuestros campesinos y pastores que, para ellos, Venus sea la "Estrella del Agua" por excelencia.

1.2. LAS ESTRELLAS "AGRICULTORAS"

Hay un buen número de estrellas cuya función aún pervive en el recuerdo de nuestros informantes, que han servido de forma secular en las tareas del campo como marcadores de ciertas actividades. Si bien no son muchas, lo más curioso es que, como veremos más adelante, son prácticamente las mismas que las que se utilizan en muchos otros lugares de nuestra área cultural (el Mediterráneo). Aquí nos vamos a centrar en las más importantes y mejor conocidas, dejando las demás (Camino de Santiago, Úpito, Estrellón de la Medianoche, la Yunta, etc.) para trabajos posteriores.

1.2.1. Las Pléyades, llamadas el Siete o las Cabrillas

Una vez tuvimos claro de que grupo de estrellas se trataba, nuestra sorpresa y admiración fue increíble cuando en noviembre de 1995, en una conversación informal con Agustín, un pastor jubilado de Teno Alto que estaba a punto de vender todas sus cabras para marcharse a vivir con sus hijos a la costa, nos comentó lo siguiente: **"Con la salida de El 7 empieza la siega y con su puesta la siembra"**. Esta conversación sería la que de hecho nos convenció de que nos encontrábamos ante una mina de material etnográfico que había que recopilar, estudiar y conservar.

La fecha tradicional de sembrar era San Andrés (h. 30 de noviembre), coincidente con el ocaso cósmico de las Pléyades, por lo que parecía ser que se usaba la "puesta" de este asterismo como marcador para la siembra y su salida (posiblemente se refiriese a su orto heliaco, hacia el 13 de junio) para comenzar la siega (para la terminología astronómica, ver Belmonte 1994).

Por otra parte, en nuestra segunda visita a Teno Alto escuchamos de labios del "sabio" Mateo lo siguiente:

P: El Arado, ¿porqué se le llama así, indicaba algo de las cosechas?

R: No, sólo se que decían, atrás del 7, viene el Arado

P: ¿Cuando sale el 7 tienen que sembrar?

R: **Si, el 7 es el tiempo de la siembra, pero cuando se pone.** Cuando nos levantábamos y estaba patrás, uno iba y se acostaba y si estaba tumbado, ya le echábamos de comer a las vacas

En consecuencia, acabábamos de contrastar la información suministrada por Agustín dos meses antes, por lo que el uso del Siete como marcador, al menos de la siembra (nunca más volvimos a oír hablar de la cosecha), quedaba firmemente establecida. Por este motivo nuestra alegría se desbordó cuando al poco tiempo escuchábamos lo siguiente en la isla de Fuerteventura:

P: ¿Para los trabajos en el campo, se guiaba en algún momento por las estrellas?

R: Si, mira, ya viene la estrellas tal saliendo, ya vienen **las Cabrillas**, ¿no saben

Vds. las Cabrillas? son una manadita de ganado y luego, atrás, va el **Pastor**.

P: ¿Hay alguna más?

R: Sí, **el Arado**. Ese es un Arado que sale en la madrugada, por que en la madrugada es cuando viene el jaleo. Sale más antes que en la madrugada, porque **en la madrugada se pone y después el caballero le gusta arar las tierras** y por eso se pone en la madrugada.

P: ¿La época en que se ven **las Cabrillas**, poniéndose o saliendo, era el momento de hacer algo con las cabras o en la agricultura?

R: En la agricultura se sembraba.

P: ¿Cuándo?

R: **Cuando se ponen, ya es el día.**

Luis de León Peña (68 años), Tetir,

por lo que el uso de las Pléyades, más comunmente denominadas las Cabrillas en todo el Archipiélago, como marcador agrícola no era restrictivo de Tenerife sino que, posiblemente, su uso fue muy común en otros tiempos, aunque los más jóvenes ya lo hubieran olvidado:

P: ¿Vds. se fijaban en las Cabrillas, cuando salen, para sembrar ...?

MR: No, en el Arado y en el Lucero sí

P: ¿Entonces, cuando salía el Lucero?

MR: Ya está el día clarito. **Eso de las Cabrillas, a mi madre se lo oía decir mucho**

María Rosa Medina Batista (51 años). Natural de Toto (Pájara)
pero que ha vivido toda su vida en Alares.

María Rosa, por el contrario, sí que recordaba que se fijaban en el Arado para las tareas del campo. Pasemos pues a esta "constelación".

1.2.2. El Arado

A una interpelación de su hija, el propio Luis de León nos continúa contando:

R: **Cuando se ponen, ya es el día.**

R (hija): Pero el Arado no sale siempre.

R: **El Arado** sale en el mes de diciembre por naciente.

P: ¿Que hacen cuando sale por naciente?

R: **Es una guía para los labradores**. Ya hoy no, porque hoy hay relojes y casi todos nos guiamos por los relojes, pero en ese tiempo no.

Luis de León Peña (68 años), Tetir,

por lo que parece ser que, si Las Cabrillas tenían que ver con la siembra, el Arado servía de señal para la época de la labranza, aunque nuestros interlocutores, jóvenes y no tan jóvenes, no recuerden exactamente como se "usaba":

P: ¿Se guiaban de ellas (las estrellas) para algo?

R: **Se guiaban por el Arado cuando la época de la labranza**

Miguel Díaz Francés (57 años. Natural del Gran Valle)

P: ¿Para las faenas del campo se fijaban en las Cabrillas?

H: No se

P: ¿O en el **Arado**?

H: **En el Arado sí. Porque el Arado está alto nos fijamos en el Arado, la Gañanera, Venus.**

Higinio Mederos (67 años, de Agua de Bueyes)

P: ¿El Arado indicaba algo para la agricultura?

T: No recuerdo claramente. **El Arado estaba asociado a la labranza, lo mismo que el Lucero y la Gañanera.** Yo ya no recuerdo. Mi padre entendía mucho de eso. Ya hoy son las cosas diferentes

Tomás Acosta Cabrera (53 años, natural de La Rosa de los James)

En la Gomera y Lanzarote, el Arado suele ir acompañado de su Gañán, la brillante estrella Sirio que le sigue en el Firmamento. Esta estrella es posiblemente la mejor identificación de la Gañanera de los majoreros que, como hemos visto más arriba y discutiremos más abajo, también se asociaba a la época de la labranza. Sin embargo, en Gran Canaria, ese papel era ejercido también por el planeta Venus como estrella de la mañana, bajo el sugerente nombre de Lucero de los Boyeros.

1.2.3. La Gañanera

Independientemente de su identificación (Sirio es seguro el Gañán pero no cumple el 100% de los requisitos para ser la Gañanera), parece claro que la Estrella Gañanera fue un objeto celeste cuyo uso como marcador o seña fue de capital importancia para los agricultores del centro de Fuerteventura:

P: ¿Conoce las Cabrillas?

R: Sí, pero no recuerdo. Después hay otra estrella que le dicen **la Gañanera** que sale de madrugada por el naciente. **La llaman así porque se levantaban los gañanes para arar, para echarles de comer**

P: ¿Hay algún día especial para verla, en verano, en invierno?

R: En verano. Y con ella sabían la hora, porque como antes no había relojes. Con la Gañanera sabían la hora por la altura que traía. Se levantaban de madrugada para echarle de comer a las yuntas para ir a arar.

Manolo, padre de Siona (alrededor de 65 años). Nació en Pozo Negro.

Su visión era tan importante que, según nos relata Victoriano Pérez, los habitantes del pueblo de Agua de Bueyes, enclavado en un valle cerrado entre montañas, subían en una cierta época del año a lo alto de una montaña para poder observar su salida (quizás su orto heliaco) sobre el mar, al naciente:

P: Las Cabrillas y el Arado no es que las conozcamos nosotros sino que nos lo ha dicho Tomás, pero, a parte de esas, él nos ha dicho que Vd. conocía muchas más

R: No, hombre mire. Aquí por el sur sale una que nosotros le decimos **la Gañanera**. Sale de madrugada, de medianoche para el día e incluso antes, los estos de la labranza se levantaban temprano, de Aguabueyes, y decían que cuando va bajita, dicen que es tiempo bueno para cuestión como este año a proponer, este año va baja, se levanta por allí (hacia el mar) y va caminando y se mete por allí, por los corrales aquellos (en la montaña hacia el sur), por allí se va bajando, ¿verdad? Se levanta parriba y después va caminando y se va bajando por allí (hacia el interior). Ellos de allí no lo ven y entonces **se levantaban de madrugada a venir a la montaña esta que le dicen Pedriales** (comentario de Nona sobre la Cuesta de Pedriales) e iban a observarla allí. Sale de medianoche en adelante. Incluso desde la cama la veo yo. Me despierto y miro para allí (hacia el SE) y la veo.

Victoriano Pérez (78 años, de Pozo Negro).

Curiosamente, una amiga de nuestra colaboradora M^a Antonia Perera, natural de Agua de Bueyes, nos relató que, a mediados de septiembre, en la fiesta de la Virgen de Guadalupe, patrona del pueblo, se sube su imagen a lo alto de la Cuesta de Pedriales, aunque nadie del pueblo recuerda ya por qué lo hacen, desgraciadamente.

Antes de terminar el apartado sobre esta estrella, es importante constatar que la Gañanera sólo era conocida, y usada, en Fuerteventura, y no en toda la isla, pues ni en el extremo sur (Jandía) ni el extremo norte (Tetir, Lajares) se la conoce. Esto es importante en conexión con su posible identificación pues sí, como parece más razonable, la Gañanera fuese Sirio (y por tanto idéntica al Gañán de la Gomera y de Lanzarote), entonces cobraría sentido que Maximino Melián, de Lajares, no la conociese pues para él, Sirio sería el Lucero (... “3 en fila y una detrás”...), un nombre alternativo de la Gañanera, al menos en este caso.

1.2.4. Las Bases Astronómicas y Meteorológicas

Según hemos visto, hay un pequeño número de estrellas individuales y/o asterismos que jugaban un papel importante en el campo canario, no sólo al ser útiles como medidores de tiempo (“relojes” estelares), que era su función principal, con carácter panisleño, sino, y esto es lo más importante, como marcadores de tareas fundamentales como la labranza o la siembra. Vamos a tratar de justificar el porqué de esa utilidad.

a) El Arado

En todas las islas reconocen un Arado en el cielo al que asocian a la época de la labranza. En la totalidad del Archipiélago Canario, la constelación del Arado se identifica con el asterismo integrado por el cinturón y la daga de Orión, con la única excepción de Teno Alto (Tenerife) donde al cinturón de Orión se le denomina la Higada, asignándole el nombre de Arado al cúmulo de las Híades, con su brillante estrella Aldebarán (así lo identificaron en un “planetario”).

De hecho, para la latitud de Canarias, las Híades han tenido durante los últimos siglos su orto heliaco a finales de junio o principios de julio y el Arado por excelencia (el de Orión) a mediados de este último mes. Por tanto, durante los meses asociados a la labranza (de finales de agosto a noviembre), tanto las Híades como el Arado dominan el cielo nocturno poco antes del amanecer. Sin embargo, para los habitantes de Lanzarote, la Gomera y, muy probablemente, Fuerteventura, el Arado no “funcionaba” sólo sino que tenía a su Gañán para dirigirlo.

b) La Gañanera

Después de analizar varias posibilidades (Espiga, Canopo, Arturo, etc), hemos llegado a la conclusión de que, con toda probabilidad, la estrella “Gañanera” es Sirio en la gran mayoría de los casos. Sirio, con su orto heliaco a finales del mes de julio (de hecho, ha variado de mediados a finales de dicho mes desde el S. XV, momento de la conquista y colonización castellana de Fuerteventura, hasta la actualidad), es un marcador perfecto de la época de la labranza, pudiendo haber sido utilizado, como alternativa al “Lucero”, como señal de los gañanes para “echar de comer a las vacas”.

En este sentido, resulta sugerente que Maximino Melián denomine “Lucero” a Sirio y no nombre a la Gañanera. Si bien Venus puede llegar a ser 4 magnitudes más brillante que Sirio, ésta no “deja de alumbrar” también, por lo que es posible que, en las demás islas, Sirio actuase como alter ego de Venus, en su papel de Lucero, en los años en que este no fuese visible al naciente en la época de la labranza (ver Figura 1).

Finalmente, debemos comentar algo sobre una alternativa de identificación de la Gañanera que, si bien es problemática en muchos aspectos, era la única que ajustaba a algunas de las descripciones de nuestros interlocutores. Es el caso de Canopo, la segunda estrella más brillante del cielo a la que se ha querido reconocer un papel relevante en la prehistoria de las

islas (Barrios 1996). El orto heliaco de Canopo se produce, idealmente, a finales de agosto, coincidente con el comienzo de la época de la labranza. Sin embargo, al ser Canopo una estrella de declinación muy baja (-53° , casi invariable en los últimos 2000 años), es muy probable que, bien bajo condiciones atmosféricas desfavorables (calima, humedad, etcétera) muy comunes en Fuerteventura en verano, bien por la presencia de un horizonte abrupto que dificulte su visibilidad (un horizonte de 5° , atrasaría unos 10 días el fenómeno), el orto heliaco de esta estrella se pueda atrasar varios días hasta mediados de septiembre.

En este caso, es altamente sugerente recordar lo referido por Victoriano Pérez sobre si los gañanes de Agua de Bueyes subían, al comienzo de la época de la labranza, a la Cuesta de Pedriales a ver salir a su estrella y conectarlo al hecho de que se suba a la Virgen de Guadalupe a ese mismo lugar entre los días 10 y 15 de septiembre. ¿Subían a la Virgen a “ver” a la Gañanera salir?, probablemente nunca lo sabremos con certeza, pero sería hermoso que hubiera sido así.

c) Las Cabrillas o el Siete

Hasta ahora sólo hemos hablado de estrellas asociadas a la labranza. Sin embargo, en Tenerife y Fuerteventura, varios de nuestros interlocutores nos informaron sobre el uso de las Pléyades (en sus dos acepciones de Cabrillas o El Siete) como marcador de la época de la siembra. En la Sección 2.1. veremos como éste es un referente común a otras culturas, sin embargo, vamos a tratar de justificar aquí su uso en Canarias.

Uno de los que mejor refirieron el uso de la puesta de las Cabrillas como señal para sembrar fue Luis de León, natural de Tetir. El máximo de precipitaciones en esta localidad se produce en el mes de diciembre, justo después del ocaso cósmico de las Pléyades que, en la actualidad, se produce hacia el 30 de noviembre (San Andrés), y hace 400 años se producía hacia el 25 de este mismo mes (Santa Catalina). Curiosamente, sin embargo, en 1582, año en que se adoptó el Calendario Gregoriano, el ocaso cósmico de las Cabrillas se producía a mediados de noviembre según el Calendario Juliano (¿Cabañuela de las “dueñas”? ver Sección 1.3.).

En consecuencia, es probable que, en la mentalidad del campesino isleño, se tomase la “puesta” de las Pléyades como un presagio, señal o aberrunto de las próximas lluvias, señalando de forma lógica el momento más apto para comenzar a sembrar.

1.3. ASTRONOMÍA, FIESTAS Y CABAÑUELAS: EL CICLO ESTACIONAL

Desde el punto de vista astronómico-meteorológico, el Ciclo Estacional se podría dividir, fundamentalmente, en las siguientes fases:

- Finales de Agosto (“salidas” de Canopo, Sirio y el “Lucero”): Cambio de tiempo, comienza a refrescar.
- Equinoccio de Otoño y la luna que le sigue (la de octubre): Comienza a llover
- Finales de noviembre (“puesta” de las Cabrillas, Venus “tumba” hacia el norte): Máximo de precipitaciones global. En particular, máximo de precipitaciones en los “nortes” y medianías.
- Solsticio de Invierno: Máximo de precipitaciones en los “sures” e islas de menor relieve. Nevadas en las cumbres de Tenerife, La Palma y, raramente, Gran Canaria.
- Tras el Equinoccio de Primavera (luna de abril): Final de la época de lluvias
- Solsticio de Verano y la luna que le sigue: Época de “buen tiempo”. Comienza el calor.
- Luna de agosto: Máximo de temperaturas, los “calores”.

En la Tabla 4 se recogen fechas de Cabañuelas. Como se puede observar, todas las Cabañuelas se producen entre el 24 de junio y finales de año (con la única excepción de San Amaro), coincidiendo con la época en que se espera que empiece a llover. Pero, si nos fijamos más en detalle, nos damos cuenta de que existen unas fechas de Cabañuelas más

importantes que otras, pues son utilizadas por varios (incluso algunas por muchos) interlocutores de una o varias islas. Este es el caso, por ejemplo, de:

- El 24 de junio (San Juan): Coincide con el Solsticio de Verano.
- El 26 de julio (Santa Ana): Coincide con el orto heliaco de Sirio
- Las Cabañuelas de Agosto: En principio, no parecen tener ningún patrón astronómico. De existir, su origen habría que buscarlo en la Península Ibérica de donde casi con seguridad proceden.
- El 28 de agosto (variable): No es muy importante pero, curiosamente, coincide con el orto heliaco de Canopo.
- El 21 de septiembre (San Mateo y sus asociadas, las Mercedes y San Miguel): La más importante. Coinciden con el Equinoccio de Otoño.
- La Luna de Octubre: Es la primera luna tras el Equinoccio de Otoño.
- El 25 y el 30 de noviembre (Santa Catalina y San Andrés): Coincide con el ocaso cósmico de las Cabrillas y con la "parada" de Venus, como estrella de la tarde, antes de "tumbar" hacia el norte.
- El 18 de noviembre (las "dueñas"): Muy posiblemente relacionada con la anterior, coincide, dentro de ciertos márgenes de error, con el ocaso cósmico de las Cabrillas en el S. XVI, antes de la reforma del Calendario (equivalente al 29 de noviembre gregoriano para fechas posteriores a 1582) o, también, con la "parada" de Venus como "estrella" portadora de agua.
- El 13 y el 21 de diciembre: Coinciden con el Solsticio de Invierno antes y después, respectivamente, de la Reforma Gregoriana.

Por tanto, a la mayoría de ellas se le puede rastrear un origen "astronómico" al que, obviamente, debemos relacionar con los cambios de tiempo y la esperanza de lluvias que es lo que verdaderamente le interesa al agricultor y al pastor.

En este sentido, queremos hacer hincapié en la relación encontrada entre la "puesta" de las Cabrillas, las Cabañuelas de noviembre (Santa Catalina y San Andrés, las "dueñas"), las lluvias y la siembra, que nos recuerda a la establecida en el que denominamos complejo "Venus-lluvia-ganado".

Entre los árabes preislámicos existía la creencia de que los fenómenos meteorológicos se repetían más o menos cíclicamente, coincidiendo con el orto (heliaco) y el ocaso (cósmico) de ciertas estrellas y asterismos, de forma que creyeron que los fenómenos meteorológicos eran provocados por los eventos astronómicos (especialmente por el ocaso cósmico denominado "Naw") y así, este sistema les servía, además de como calendario para gobernar el Ciclo Estacional, como predictor del clima que iba a haber a lo largo del año (Libro de los "Anwas" de Ibn Asim, Forcada 1993). El primero, y mas importantes de estos "anwas" era el de las Pléyades ("An-nijm" o "At-turaya") que se producía, como hemos visto, en el mes de noviembre.

No estamos diciendo que en la Islas Canarias se esté repitiendo una tradición beduina, pero sí que es posible que en la mentalidad del campesino isleño se crease una asociación entre el fenómeno astronómico ("puesta" de las Cabrillas), el meteorológico (máximo de precipitaciones), la capacidad predictiva (las Cabañuelas) y la actividad agrícola consecuente (la siembra del grano), dando lugar a un nuevo "complejo" al que podríamos denominar "Cabrillas-Lluvia-Cabañuelas-Siembra".

Además, si incluimos en ésto la relación encontrada anteriormente para Venus (que también cuadra con la época de Cabañuelas en noviembre), o las referencias a la Gañanera, el Arado, etcétera, no sería descabellado hablar de una relación mucho más general a la que se podría denominar el complejo "Estrellas-Lluvia-Señas-Campo", donde por campo entendemos cualquier tema de interés para el mundo campesino, tanto agrario como pastoril.

Por lo que a las Fiestas se refiere, la Tabla 5 muestra, ordenadas temporalmente, las festividades principales de las localidades estudiadas. Al igual que nos ocurría en el caso de las Cabañuelas, resulta muy curioso comprobar que un 4% de las fiestas se relacionan con el Equinoccio de Primavera, un 28% con el Solsticio de Verano, un 22% con el Equinoccio de

Otoño y, finalmente, tan sólo un 3% con el Solsticio de Invierno (el menos importante desde el punto de vista agrícola). Esto significa que nada menos que un 57% de las festividades de nuestros informantes se relacionan con los puntos claves del movimiento del Sol que, antes de la conquista de las islas, eran un referente importante tal como demuestran las citas calendáricas siguientes (Jiménez 1990 y Belmonte 1994):

... contaban el año por 12 meses, i el mes por lunas, i el día por soles, i la semana por 7 soles. Llamaban al año Achano.

*Acababan su año a el fin del quarto mes: esto es, **su año comensaba por el Equinoccio de la primavera**, i al quarto mes que era cuando habían acabado la sementera, que era por fines de junio, hacian grandes fiestas por nueve días continuos, ... (¿Cedeño? 1505, en Morales 1993),*

*... contaban su año llamado Acano por las lunaciones de 29 soles desde el día que aparecia nueva, **empesaban por el estío, quando el Sol entra en Cancro a 21 de junio en adelante**, la primera conjunción, y por 9 días continuos hazian grandes vailles y convites, y casamientos haviendo cojido sus sementeras, hazian raías en tablas, pared o piedras; llamaban tara, y tarja, aquella memoria de lo que significaba... (Marín de Cubas 1694, edición de 1986),*

Por otra parte, el hecho de haber santificado las Estaciones del Sol podría explicar por qué el campesino isleño, tal como hemos constatado y al contrario que sus antecesores aborígenes, no prestaba atención a los movimientos de dicho astro, incluso antes de la aparición de los medios de comunicación de masas. La razón es sencilla, no le hacían falta, pues estos “marcadores” estacionales estaban implícitos en el santoral, de forma que los curas y otros hombres “sabios”, que sí sabían leer y escribir, controlaban de manera efectiva, a través de las festividades, el ciclo de las estaciones y, en cierto sentido, diversos aspectos socio-económicos del mundo campesino de las islas.

Para terminar, a modo de resumen, exponemos el calendario campesino de Tetir, en la isla de Fuerteventura, al que podemos considerar como un ejemplo paradigmático de todo lo que hemos comentado con anterioridad.

-Época de la **Labranza**: Meses de septiembre, octubre y noviembre. Marcada por el “Arado” y el “Lucero” (o la “Gañanera” en el centro de la isla). Comienza la época de lluvias. Festividades Marianas.

-Época de la **Siembra**: Marcada por el Ocaso Cósmico de las Cabrillas. Cabañuela del 18 de noviembre (“de las Dueñas”). Termina con la Fiesta de San Andrés.

-Época de la **Cosecha**: Empieza a mediados de junio (San Antonio y San Juan) y termina con la Fiesta de Santo Domingo (4 de agosto).

2. DISCUSIÓN

En este apartado vamos a tratar de dar respuesta a las dos últimas preguntas planteadas en el sumario ya que las dos primeras, ¿cuál es la base astronómica de esta tradición? y ¿era útil este conocimiento? creemos que han quedado resueltas en los párrafos anteriores. Analicemos pues cual puede ser el origen de las tradiciones expuestas y sus posibilidades de supervivencia, es decir, su pasado y su futuro. Empecemos por lo segundo.

2.1. ¿CÚAL ES SU FUTURO?

En la Tabla 6 mostramos como este saber tradicional (representado en este caso por el número de “estrellas” conocidas por nuestros informantes) se conserva mejor entre las personas mayores de 65 a 80 años y como muy poca “gente nueva” (Cristina y Marcos son dos excepciones) se interesa ya por las “cosas de los viejos de antes”. Por otro lado, desde el

punto de vista geográfico, se observa claramente que las islas menores, como Fuerteventura o La Gomera o lugares aislados de las islas mayores (como Teno Alto), han conservado mucho mejor este saber que las islas capitalinas (Tenerife y Gran Canaria).

De estos resultados, y de muchos otros razonamientos basados en aspectos étnicos de la tradición que ya contaremos en otro lugar, se infiere que este antiguo conocimiento se perderá en un par de décadas si, tal como hemos intentado en parte con este trabajo, no hacemos algo para evitarlo.

2.2. ¿CÚAL ES SU ORIGEN?

Al surgir las Pléyades, descendientes de Atlas, empieza la siega, y la labranza cuando se ocultan. Con esta frase tan sencilla y a la vez tan significativa comienza el “Proemio del Labrador” de los Trabajos y los Días de Hesiodo (h. 800 a.C.). No podemos menos que admirarnos al escuchar lo siguiente, casi 3000 años más tarde y a más de 5000 kilómetros de Grecia: “Con la salida del Siete empieza la siega y con su puesta la siembra” (Agustín, Teno Alto).

Este hecho, aunque resulte fascinante, no nos debe extrañar pues las Islas Canarias fueron el “non plus ultra” de las culturas mediterráneas durante milenios hasta el descubrimiento de América a finales del S. XV. En este sentido, independientemente de si la tradición es anterior a la conquista (aborigen, por tanto norteafricana y, por tanto, mediterránea) o posterior a ella (castellana, quizás andaluza, y, por tanto, de origen romano, árabe o bereber, igualmente mediterránea), no nos debemos extrañar de que los paralelismos no acaben ahí:

Así, Hesiodo escribe: *Si aras la divina tierra con el Solsticio (de Invierno, se entiende), recogerás agachado tan poca cosecha que la abarcarás con la mano atando los haces cubierto de polvo sin ninguna alegría.* En las islas se dice, “ha de estar terminado de sembrar por San Andrés”, es decir, antes del Solsticio. O también: *Luego que se ocultan las Pléyades, las Hiades y el forzudo Orión, acuérdate de que empieza la época de la labranza. Y ¡ojalá que el año sea propicio dentro de la tierra!*. ¿Recordamos la asociación del Arado (Orión o las Hiades), a la labranza, y de Las Cabrillas (Las Pléyades) a la siembra?

Las islas canarias han recibido a lo largo de los últimos 3000 años un flujo de gentes de diversas tradiciones pero con un referente cultural común, el Mediterráneo.

- La Aborigen Prehispánica, perteneciente a los pueblos que habitaban todas las islas, antes del S. XV. Procedente en origen del Norte de África (líbios o proto-bereberes), quince siglos de aislamiento provocó muchas singularidades, por lo que su influencia puede ser ligeramente distinta de unas islas a otras.

- La Normanda, muy restringida a la conquista y colonización a lo largo del S. XV, ocupó sobre todo las islas de Lanzarote, Fuerteventura y el Hierro.

- La Castellana, asociada a la unión de las islas a la Corona de Castilla. Fue la colonización más importante desde el punto de vista poblacional. Ocupó todo el Archipiélago. Al estar compuesta fundamentalmente por andaluces, no podemos obviar la posible influencia andalusí que lleva asociada (árabe y bereber).

- La Portuguesa, sobre todo a lo largo del S. XVI, en las islas de Tenerife y La Palma.

- La Morisca, asociada a los norteafricanos traídos como esclavos a Lanzarote y Fuerteventura. De raíces similares a la aborigen y a la bereber islámica peninsular, puede ser muy difícil de distinguir de éstas.

En la Tabla 7 se muestran, identificados por sus nombres, los grupos de estrellas y estrellas individuales conocidas en varias regiones de la Península Ibérica y en el Norte de África. Resulta curioso observar como, salvo raras excepciones, los grupos se repiten (que no necesariamente los nombres). Más curioso resulta aun el hecho de que algunas de estas estrellas tengan, o mejor, tuvieran atribuciones similares a las recogidas en las islas.

Así, por ejemplo, a Sirio se la denomina el Lucero Miguero en el sur peninsular, asociándola a las tareas agrícolas y, probablemente, el Gañán en la Meseta Superior, pues en Salamanca se dice: *Por los Reyes, lo conocen los Bueyes, y por San Blas, el Gañán, o también: Por los Reyes, se le conoce el Arado a los Bueyes*, si bien no es segura la interpretación astronómica de estas frases (Blanco 1987). También es sugerente que, de nuevo en Salamanca, se diga: *Por San Andrés, vayan las Cabrillas a beber* (de nuevo San Andrés, las Pléyades y el agua), mientras que en Cataluña Les Cabrelles son asociadas a la lluvia en algunos lugares (Amadés 1993, ver Tabla 7). Sin embargo, por el contrario, hasta la fecha no hemos recogido en la Península ninguna referencia a la relación del Venus Vespertino con ésta.

Otro referente importante son las Cabañuelas, ya que si bien algunas (la de la Luna de Octubre, las de Agosto) poseen un claro origen peninsular, otras (las más importantes) difieren de las encontradas en lares peninsulares como la provincia de Salamanca, donde las principales son Las Candelas (2 de febrero), San Lorenzo (10 de agosto) y las cabañuelas propiamente dichas del 1 al 12 de agosto.

Todos estos hechos nos inducen a realizar una última pregunta que, por ahora, tendremos que dejar sin respuesta, ¿puede una parte de estas tradiciones tener su origen en la población isleña anterior a la conquista y colonización castellana de las islas a lo largo del Siglo XV y haber sobrevivido al cambio cultural tal como ha ocurrido en algunas áreas de Hispanoamérica (Urton 1981)?

La religión de los aborígenes tenía una componente astral sumamente importante (Tejera Gaspar 1992), donde, con toda probabilidad, el Sol, la Luna y algunas estrellas y planetas eran adorados como divinidades, tal como demuestran las fuentes más antiguas:

*...los aborígenes de Canaria adoraban al Sol naciente, sin conocer otro culto...
(Ibn Jaldun, 1349)*

... ya que en Canaria y en otras islas adyacentes, son adoradores del Sol y de la Luna... (Urbano V, 1369)

...no poseen ninguna fe, adorando por el contrario, algunos el Sol, otros la Luna y otros planetas, teniendo nueve formas de idolatría... (Cadamosto, 1450)

Igualmente, algunos cronistas posteriores nos dicen claramente que:

...“Gobernabanse por el Sol de día, y de noche por algunas estrellas, según que tenían experiencia de cuando salían unas, y otras se ponían, o a la prima, o a la medianoche, o a la madrugada” ... (José de Sosa h. 1678).

Todo esto nos da pistas para entender el importante papel que los astros debieron jugar en las prácticas religiosas, rituales y socioeconómicas de la sociedad prehispánica de las islas, pero, desgraciadamente, no nos dice claramente si los usos y costumbres actuales podrían descender directamente de aquellas.

Sin embargo, hay una tradición que sí que merece la pena que discutamos, el complejo Venus-Lluvia-Ganado, del que, salvo una vaguísima referencia en el Hoggar (Gast 1992), no hemos hallado pistas fuera de Canarias. En muchas sociedades antiguas se encuentra una relación intrínseca entre divinidades astrales, ritual y ciclo estacional (ver, por ejemplo, Krupp 1991, Mircea Eliade 1994, Díez de Velasco 1995). Así, por ejemplo, en varias culturas del Mediterráneo antiguo, la diosa Ishtar o Astarté se identificaba con el planeta Venus, en su papel de estrella de la tarde, cuando adquiría el carácter de diosa de la fertilidad (Sprajc 1993).

Recientes estudios arqueoastronómicos llevados a cabo en la isla de Fuerteventura (Perera Betancort et al. 1996) muestran que una de las manifestaciones rupestres (de posible carácter sagrado) más importantes de la isla, tanto por su abundancia como por su calidad, los podomorfos de Tindaya, parecen estar orientados astronómicamente en un intervalo que, a

nuestro entender, podría cuadrar con el de visibilidad del primer creciente lunar invernal acompañado de la “Estrella” Venus (es decir, Venus como estrella de la tarde, por usar la terminología mayorera), cuando se comporta como estrella portadora de chubascos. En una isla tan altamente dependiente de la abundancia de lluvias, con una cabaña ganadera tan importante, no sería ninguna estupidez pensar que existió una conexión entre las apariciones de Venus (¿una diosa, o un dios, de la lluvia y/o de la fertilidad?) y distintas variables de su mundo económico como, por ejemplo, la abundancia de pastos para sus ganados.

Antes comentábamos que el complejo Venus-Lluvia-Ganado ha sido el más difícil de rastrear en la Península Ibérica por lo que, a modo de hipótesis, postulamos que este complejo podría haber tenido un carácter netamente insular que se podría enraizar en el mundo aborigen anterior a la conquista. Pero, esto es otra historia ...

3. CONCLUSIONES

Como colofón de este ensayo vamos a exponer, a modo de anticipo, un resumen de las principales conclusiones a las que hemos llegado como resultado de nuestro trabajo. Algunas están plenamente justificadas y explicadas en los párrafos anteriores, otras se presentarán, analizarán y justificarán en trabajos futuros (Belmonte y Sanz de Lara, en preparación).

1. Las prácticas predictivas y adivinatorias que realizan los campesinos canarios van dirigidas hacia un correcto aprovechamiento agropecuario de los recursos, a partir de la observación de fenómenos celestes en todas sus manifestaciones, tanto meteorológicas como astronómicas.
2. Estas prácticas son tomadas como verdaderas por la mayoría de nuestros interlocutores, llegando a considerarlas incluso más “firmes” que aquellas ofrecidas por la tecnología más avanzada.
3. Este es un saber que permanece vivo entre los más viejos (sobre todo de 65 a 80 años) y que se perderá irremisiblemente, en las dos próximas décadas, debido al abandono progresivo de las tareas agropecuarias y a la introducción de técnicas modernas de medir y predecir el tiempo.
4. Se ha determinado la existencia, casi olvidada en muchos lugares, de hombres sabios (“perlos”, “zahories”, “pernócticos” o adivinos), que se servían de señas de diversa índole para adivinar los “tiempos” que se avecinaban, a los que llegaba a tener considerados al mismo, o incluso mejor, nivel que los “hombres del tiempo” actuales.
5. Se ha determinado el Mapa Celeste del campo canario, destacando el hecho de que sólo se fijan en una parte muy restringida de la Bóveda Celeste (Cúmulos de las Pléyades y las Híades, Cinturón de Orión, Sirio) que les es útil dentro de su marco medioambiental y socioeconómico, ignorando casi por completo el resto del cielo.
6. A los objetos astronómicos anteriores hay que sumar el Sol, la Luna, la Vía Láctea y algunos planetas (sobre todo Venus) en los que también se fijan y a los que asocian con el “tiempo” o con actividades de carácter agropecuario.
7. Se ha establecido una conexión entre el Ciclo Estacional y los momentos elegidos para realizar predicciones sobre el tiempo que va a hacer en el año, o meses, siguientes (Cabañuelas), ya que éstos coinciden, en su mayoría, con fechas de eventos astronómicos significativos, tales como los Solsticios y Equinoccios, lunas singulares, o las “salidas” y “puestas” de estrellas significativas.
8. Se ha establecido la posible existencia de un complejo “Venus-Lluvia-Ganado” que relaciona los movimientos de este planeta, con la llegada de las lluvias y con la calidad del ganado y su abundancia. Quizás, ésta sea la única práctica estudiada cuyo origen podría remontarse a época prehistórica.

9. A nuestro modo de ver, esta práctica sería un vago recuerdo de antiguos cultos a la fertilidad centrados en una divinidad femenina asociada a la "Estrella" Venus, de los que aun existen paralelismos en el norte de Africa (tradición de la Tarenza) y que son reminiscencias de los antiquísimos cultos mediterráneos de Ishtar, Astarté, Afrodita, Venus, Tanit, Isis o Al Uzza (entre muchas otras) que, en muchos casos, luego serían cristianizados en la figura de la Virgen María, muy invocada en sus diversas advocaciones en el Archipiélago Canario en el periodo en que da comienzo la temporada de lluvias.

10. Se ha determinado la existencia posible de un complejo "Cabrillas-Lluvia-Cabañuelas-Siembra", que se podría enmarcar dentro de un complejo más general "Estrellas-Lluvia-Señas-Campo", reconocido en varias islas, que enraizaría directamente con costumbres ancestrales seguidas en la cuenca mediterránea y regiones adyacentes desde hace miles de años.

11. Dentro del complejo "Estrellas-Lluvia-Señas-Campo", se incluirían los sistemas asociados al Camino de Santiago, la Gañanera, el Lucero y el Arado, también claramente diferenciados pero no tan espectaculares como el anterior.

12. Se ha hallado una cierta aptitud como "hombres del tiempo", en muchos de nuestros interlocutores, practicada mediante la observación reiterada de fenómenos naturales asociados a ciertas montañas o bien a nubes de aspecto o carácter especial.

13. Se han determinado los Sistemas Calendáricos de varias comunidades campesinas isleñas, de la misma y de diferentes islas, según se diferencie entre Calendario Agrícola o Agropecuario.

14. Si bien parece claro que "cada isla tiene su sistema" (Victoriano Pérez, 73 años, Pozo Negro, Fuerteventura), no se han encontrado demasiadas diferencias entre microclimas distintos e incluso entre diferentes islas, salvo excepciones singulares como el de la Península de Anaga, en Tenerife, única área de las islas donde se nombran las 4 estaciones canónicas y se desconoce el uso de Venus como predictora de lluvias.

15. En este sentido, se ha encontrado que todas estas tradiciones como, por ejemplo, nombres y usos de "estrellas", se conservan mejor entre los campesinos y pastores de las islas "menores" (como Fuerteventura) y de lugares aislados de las islas capitalinas (como Teno alto en Tenerife).

16. Se ha encontrado una relación directa entre Ciclo Estacional, Calendario Agrario y Festividades, asociadas al Santoral, por lo que éstas actuarían como una suerte de jalones estacionales, en sustitución de los marcadores naturales (ortos y ocasos solares en los Solsticios y Equinoccios), no reconocidos por nuestros informadores.

17. En Canarias se ha mantenido vivo un sistema predictivo e indicativo, que lleva milenios funcionando en la cuenca mediterránea, que si alguna vez se usó, creemos que ya se ha perdido en otras áreas de nuestro país, y que, desgraciadamente, se perderá de manera irremisible en los próximos decenios conforme los "viejos" que han mantenido viva esta tradición vayan desapareciendo.

AGRADECIMIENTOS:

Este ensayo habría sido imposible sin la ayuda de muchas personas, como Carmen Méndez, Nona Perera o Rosa Schlueter, que han participado activamente en el trabajo de campo. A todas ellas mil gracias. Sin embargo, será difícil olvidar las conversaciones mantenidas con Mateo, Luis de León, Victoriano, Teófilo, Cho Domingo Cañón, Luis y María y un grupo de pescadores de La Tiñosa. Muchas gracias por aquellos momentos maravillosos. Finalmente, queremos dedicar este trabajo a Cristina, Rosi, Angelino, Clara, Julián y Marcos, verdaderos guardianes de la memoria de su pueblo.

TABLA 1 Relación de informantes, indicando su edad, actividad principal, lugar de residencia, número de objetos astronómicos conocidos e isla.

	Inic.	Nombre	Edad	Actividad	Pueblo	n	Is.
1	AV	Agustín, José Verde & otros	68	Pastores	Teno Alto	6	TF
2	CR	Mª Lorenzo & su nieta Cristina	80-29	Pastoras	Teno Alto	6	TF
3	MC	Mateo Martín, el del Cercado	72	Agricultor y pastor	Teno Alto	7	TF
4	SL	Sebastián López	49	Agricultor y pastor	Adeje	6	TF
5	GL	Gregorio López	59	Pastor	Adeje	4	TF
6	FM	Luis y Francisco Mesa	42	Agricultores	Guía de Isora	4	TF
7	DR	Domingo Rodríguez Rojas	79	Agricultor y pastor	Las Carboneras	4	TF
8	AR	Alvaro Ravelo y su esposa	60	Pastores	Taborno	4	TF
9	AA	Angel Alonso (Domingo Cañón)	83	Agricultor	Afur	2	TF
10	PR	Pablo Rojas	52	Agricultor	Afur	1	TF
11	MM	Maximino Martín	62	Agricultor y pastor	Lajares	5	FV
12	ND	Narciso, el viejito tímido	80	Agricultor y pastor	Villaverde y Lajares	1	FV
13	LL	Luis de León	68	Pastor y agricultor	Tetir	7	FV
14	TA	Tomás Acosta & Mª Rosa Medina	53	Pastores	Rosa de los James y Alares	8	FV
15	PR	Manuel Medina, padre de Mª Rosa	77	Agricultor	Alares	5	FV
16	VP	Victoriano Pérez	79	Pastor y pescador	Pozo Negro	9	FV
17	MS	Manuel, padre de Siona	65	Agricultor	Pozo Negro	5	FV
18	HM	Higinio Mederos	67	Agricultor y pastor	Agua de Bueyes	4	FV
19	MG	Magdalena García y su marido	77	Agricultores	Tiscamanita	8	FV
20	MD	Miguel Díaz	57	Pastor	Butihondo (Jandía)	6	FV
21	TC	Teófilo Cortés	81	Agricultor	Fataga	4	GC
22	AM	Angel Mejías	53	De todo	Fataga	7	GC
23	MP	Miguel Pérez	82	Agricultor	Cercado de Fataga	3	GC
24	JM	José Martín	68	Agricultor y pastor	La Montaña de Tunte	4	GC
25	LM	Luis Mendoza	71	Agricultor y pastor	La Dehesa de Chipude	5	GO
26	MN	María Navarro	68	Agricultora y pastora	La Dehesa de Chipude	7	GO
27	ML	Marcos León	32	Funcionario	Tias	6	LZ
28	RR	Rafael Rodríguez, padre de Julian	65	Agricultor	Tias	6	LZ
29	FR	Francisco Rodríguez	73	Agricultor	Conil	8	LZ
30	JR	Juan Rodríguez y otros	67	Pescadores	La Tiñosa	11	LZ
31	CL	Ciriano de León	72	Agricultor	Los Valles	6	LZ
32	MV	Manuel Viñoles	88	Agricultor y pastor	Orzola	6	LZ
33	AD	Alejandro Dorta y su esposa	54	Agricultor	Orzola	5	LZ
34	JL	José Domingo de León	70	Pastor	Orzola	4	LZ
35	MA	Manuel Arvelo	79	Agricultor	Soo	5	LZ
36	JB	Juan Bonilla	81	Agricultor	Tiagua	5	LZ

TABLA 2: Nombres de estrellas (y asterismos) obtenidos a lo largo de la investigación, junto con su identificación más probable en el cielo, las islas donde es conocida y el número de informantes que la nombran.

Nombre de estrella	En el cielo	Isla	n
(El) Lucero	Venus a Levante, Sirio,	Todas	24
Lucero Venus	Venus a Poniente	C	4
☆ que trae lluvias (del " Agua")	Venus a Poniente	Todas	25
☆ Venus o El Venus	Venus a Poniente (o al Este)	FGL	22
☆ del Ganado	Venus a Poniente	TFL	6
☆ de los Pastores	Venus a Poniente	F	1
La Labradora	Venus a Levante y Poniente	TG	3
Lucero de los Boyeros	Venus a Levante (¿o Sirio ?)	C	1
Lucerito (del día)	Mercurio	FL	2
☆ Marte	Marte	L	2
La ☆ de la Medianoche	Marte	G	1
El Júpito o Úpito	Júpiter	GL	3
La Compañera de Venus	Mercurio, Júpiter,¿?	TF	7
La Gañanera	Sirio, ¿Canopo ?, ¿Spica ?, ...	F	6
El Gañán	Sirio	GL	9
La Guardia del Arado	Sirio	L	1
Las Cabrillas	Pléyades	Todas	26
El 7	Pléyades	T	4
El 7 ☆☆☆ (Tenerife)	Pléyades	T	5
El 7 ☆☆☆ (Adeje)	Hiades	T	1
El Pastor	Aldebarán	F	1
El Arado (Teno)	Hiades	T	3
El Arado (por excelencia)	Cinturón y espada de Orión	Todas	28
Las Estrellitas	Cinturón de Orión	C	1
La Higada o Ajigada	Cinturón de Orión	T	4
La Macera	Nebulosa M42 (☆ θ Ori)	F	3
La Telera	☆ σ Orionis	F	1
La Chaveta	☆ σ Orionis	F	1
El Timón	Cinturón de Orión	C	4
El Yugo	¿Hiades ?	C	1
La Yunta	Betelgeuse y Rigel	L	2
Las Dos (Tres) Hermanas	¿Cástor y Pólux (+ Marte)?	L	2
Estrella del Sur	Canopo	L	1
La ☆ Resplandeciente	Sirio	F	2
Huevillos del Gato	Mizar y Alcor	F	1
Ojitos de Santa Lucía	Mizar y Alcor	FP	1
El Rosario de la Aurora	Corona Boreal	C	1
La ☆ del Norte	Estrella Polar	FL	5
Osa Mayor	Osa Mayor	FCL	3
Osa Menor	Osa Menor	FC	2
El Carro	Osa Mayor	FCL	5
El Camino de Santiago	Vía Lactea	Todas	24
La Vere(d)a	Vía Lactea	F	2
Baile de estrellas	Lluvia de estrellas fugaces	TFC	3

TABLA 3: Objetos celestes conocidos. Se cita el número de informantes que lo nombran. Notar la existencia de dos grupos claramente diferenciados, uno integrado por objetos conocidos por más del 50% de nuestros informantes (Sol, Luna, Venus y las Estrellas Agricultoras) y otro integrado por objetos reconocidos por sólo un 22% en el mejor de los casos y, en general por sólo 1, 2 ó 3 personas.

Cuerpo celeste	Nombres	n
Sol	Sol	36
Luna	Luna	36
Venus	☆Venus, Labradora, Lucero, ...	36
Pléyades	Las Cabrillas o El Siete Estrellas	35
Cinto y/o Espada de Orión	El Arado o la Higada	32
Venus a Levante	Lucero,	30
Venus a Poniente	☆Venus, Labradora,	30
Vía Lactea	Camino de Santiago	24
El mismo Venus a E y W	El Venus	18
Sirio	Gañán(era), Guardia, Lucero, ...	18
Osa Mayor	El Carro o la Osa Mayor	8
Híades	Arado, Yugo o El 7 Estrellas	5
Estrella Polar	Estrella del Norte	5
M42 (☆ θ Ori)	La Macera	3
Lluvia de Estrellas	Baile de Estrellas	3
Júpiter	Úpito o Júpiter	3
Canopo	☆ del Sur, ¿Gañanera ?	3
☆ σ Orionis	La Telera	2
Osa Menor	Osa Menor	2
Cástor y Póllux	¿Las Dos Hermanas?	2
Betelyeuse y Rigel	La Yunta	2
Mercurio	Lucerito del Día	2
Marte	☆ de la Medianoche, Marte	2
Aldebarán	El Pastor	1
Mizar & Alcor	Ojitos de Santa Lucía	1
Corona Boreal	¿Rosario de la Aurora ?	1

TABLA 4: LAS CABAÑUELAS. Ordenadas cronológicamente, en cada caso se da su nombre, las poblaciones donde se ha recogido (ver Tabla 1), el número de personas que la nombran y su característica más definida. En negrita se marcan las más importantes. Las Mercedes y San Miguel se pueden considerar como la variante de la de San Mateo en Lanzarote y Gran Canaria, respectivamente.

Poblaciones	Nº informantes	Fecha	Nombre	Comentario
Panisleña	15	24 de junio	San Juan	Varias señas (Ver las 3 siguientes)
Ad,F,Ch	4	24 de junio	Hoguera de San Juan	Sentido del humo de la hoguera
Ad,Ti,F,CF	6	24 de junio	Cascos cebolla y sal	Sal derretida en los meses de lluvia
Teno, P. Negro	4	24 de junio	Marea de San Juan	Según la dirección de la marea
Teno Alto	Cristina	29 de junio	San Pedro	Existencia de viento ese día
TA, GI,R,PN	4	26 de julio	Santa Ana	Hay diversas señas
Teno Alto	Varios	1 al 24 agosto	Cabañuelas de Agosto	Van con los tiempos de los meses (1)
Teno Alto	Mateo Martín	24 de agosto	San Bartolomé	Según hubiera frescura
Chipude	María Navarro	1 al 25 agosto	Carañuelas de Agosto	Con los tiempos de meses y lunas (2)
Tias	Padre de Julián	12 al 24 agosto	La Canícula	Si llueve, año malo
Guía de Isora	Luis Mesa	28 de agosto	San Agustín	Estaba nublado
Chiguerge	Francisco Mesa	28 de agosto	San Roque	Existencia de viento.
Alares	M Rosa Medina	Novilunio sept.	Luna de septiembre	"En sep., el que tiene pan que siembre"
TFE, GO y NFV	10	21 de setiembre	San Mateo (Veranillo)	Hay múltiples señas (3)
LZ y Chipude	5	25 septiembre	Las Mercedes	Según de donde estuviera el tiempo
Fataga,Cercado	3	29 septiembre	San Miguel	Es variable
GI,Ta,Af	3	Luna nueva oct.	Luna de octubre	"La luna de octubre, 7 lunas cubre" (4)
Te,Al,Ti	3	18 noviembre	Las Dueñas (5)	Amananece "amoroso" (con sereno)
Teno Alto	2	25 noviembre	Santa Catalina	Primera fecha en que se espera lluvia
Tias y Teno	3	30 noviembre	San Andrés	Tiene que llover para entonces (6)
Teno, Tias,Al	3	13 de diciembre	Santa Lucía	Fecha importante con señas distintas
Teno Alto	Mateo Martín	21 de diciembre	21 a la Pascua	"Cambio de Planeta"
Afur	Domingo Cañón	Año Nuevo	San Mateo	Recuerdan que tiempo hizo el 21-9
Teno alto	Mateo Martín	15 de enero	San Amaro	Límite máximo para que haya lluvia (6)

(1): Van con los meses, el 1 es enero, el 2 febrero, así hasta el 12 que es diciembre y el 13 diciembre: otra vez. La última es enero el día de San Bartolomé.

(2): Del 1 al 12 van con los meses, empezando por agosto y terminando por julio. Del 13 al 25 van con las lunas, empezando por la primera luna nueva tras el 12 y terminando con las 13ª el día 25 de agosto

(3): La que más no interesa es que se levantaba de amanecida a "ver la estrella (el Lucero)" para ver como sería el año. Creemos que "la estrella" es Mercurio (ver Tabla 6) aunque también podría ser Venus o Marte.

(4): Es conocida en diversos lugares de la Península Ibérica

(5): La tradición está extendida en Fuerteventura y asociada a unas Señoras de La Matilla.

(6): La hemos recogido de dos formas, la habitual: "Si Santa Catalina no llueve, y tampoco San Andrés, mala seña es" y la de Mateo el del Cercado.

Si no mea Santa Catalina (25/11), mea San Andrés (30/11)

Si San Andrés no mea, mea San Amaro (15/01).

Si San Amaro no mea, mala seña es

TABLA 5: FIESTAS y ASTRONOMÍA

Población	Festividad	Fecha	Fecha astronomica
Adeje	San Sebastian	20 de enero	
Chipude	La Candelaria	2 de febrero	Medio Invierno
Guía de Isora	La Candelaria	2 de febrero	Medio Invierno
Tías	La candelaria	2 de febrero	Medio Invierno
Agua de Bueyes	Virgen Guadalupe	26 de febrero	No es la verdadera
Rosa James	San José	19 de marzo	Equinoccio Primavera
Fataga	San José	19 de marzo	Equinoccio Primavera
Guía de Isora	San Isidro	15 de mayo	Ocaso heliaco Pléyades
Rosa James	San Isidro	15 de mayo	Ocaso heliaco Pléyades
Alares	Caridad del Cobre	15 al 17 de mayo	Ocaso heliaco Pléyades
Conil y Femés	San Marcial	7 de junio	Solsticio Verano
Lajares	San Antonio	13 de junio	Solsticio Verano
Tías	San Antonio	13 de junio	Solsticio Verano
Teno Alto	San Juan	24 de junio	Solsticio Verano
Tiscamanita	San Juan	24 de junio	Solsticio Verano
Cofete	San Juan	24 de junio	Solsticio Verano
Chipude	San Juan	24 de junio	Solsticio Verano
Soo	San Juan	24 de junio	Solsticio Verano
Aripe	San Pedro	29 de junio	Solsticio Verano
Los valles	San Pedro	29 de junio	Solsticio Verano
Taborno	San José	2º domingo de junio	Solsticio Verano
Las Carboneras	San Isidro	Ultimo domingo de junio	Solsticio Verano
Fataga	Del Albaricoque	7 de julio	1ª luna de verano
Afur	San Pedro	9 al 10 de julio	1ª luna de verano
Fataga	Santiago	25 de julio	Orto heliaco Sirio
Tetir	Santo Domingo	4 de agosto	Orto heliaco Sirio
Lanzarote	Las Nieves	5 de agosto	Orto heliaco Sirio
Tenerife	La Candelaria	15 de agosto	Medio Verano (*)
Chipude	La Candelaria	15 de agosto	Medio Verano (*)
Tisacamanita	San Marcos	3er domingo de agosto	
Orzola	Santa Rosa	30 de agosto	
Tejina de Isora	El Rosario	1er domingo de septiembre	Equinoccio de Otoño
Alares	Virgen del Pino	1er domingo de septiembre	Equinoccio de Otoño
Gran Canaria	Virgen del Pino	9 de septiembre	Equinoccio de Otoño
Tiagua	El Socorro	9 de septiembre	Equinoccio de Otoño
Agua de Bueyes	Virgen Guadalupe	10 al 15 de septiembre	Equinoccio de Otoño
Conil	Los Dolores	15 de septiembre	Equinoccio de Otoño
Fuerteventura	Virgen de la Peña	3er domingo de septiembre	Equinoccio de Otoño
Guía de Isora	Virgen de la Luz	3er domingo de septiembre	Equinoccio de Otoño
Los Valles	El Rosario	4º domingo de septiembre	Equinoccio de Otoño
Mala	Las Mercedes	25 de septiembre	Equinoccio de Otoño
Teno Alto	San Gerónimo	30 de septiembre	Equinoccio de Otoño
Gomera	Virgen Guadalupe	3 de octubre	Luna de Octubre
Adeje	Santa Úrsula	21 de octubre	
Los Valles	Santa Catalina	25 de noviembre	Puesta de las Pléyades
Lajares	La Milagrosa	27 de noviembre	Puesta de las Pléyades
Tetir	San Andrés	30 de noviembre	Puesta de las Pléyades
Tiscamanita	La Concepción	8 de diciembre	
General	Pascua	24 al 25 de diciembre	Solsticio de Invierno

(*): Relacionada por J. Barrios (1996) con el orto heliaco de Canopo

TABLA 6: COMPARACIÓN DE ESTRELLAS CONOCIDAS EN DIVERSAS REGIONES

Estrellas o Asterismos	Hesiodo	Canarias	Andalucía (1)	Países Catalans (2)	Salamanca (3)	Murcia (4)	Berberia (5)	Traducción
Venus al amanecer		☆ Venus o ☆ Boyeros	Lucero Matutino	Múltiples nombres (8)	Lucero del Alba	Lucero del Alba	Itri n ifaut	Estrella matutina
Venus al oscurecer		Múltiples nombres (6)	Lucero Vespertino	Estel dels Boters	Lucero Vespertino	Lucero de la Tarde	Amadan	Pastor
Orión	3 veces (a)		El Cazador	Sant Cristó			Amanar	¿?
Betelgeuse y Rigel	Ver (a)	La Yunta			¿Los Bueyes? (12)			
Cinto de Orión	Ver (a)	Higada o Estrellitas	Astillejos o 3 Marias	Varios nombres (9)	3 Marias	3 Marias o 3 Reyes		
Cinto y daga de Orión	Ver (a)	Arado (Timón-Macera)	¿El Arado?		¿El Arado? (12)			
Pléyades	3 veces (b)	Las Cabrillas o El Siete	Las Cabrillas	Les Cabrelles (10)	Las Cabrillas	Las Cabrillas	Cat-ehad (13)	Hijas de la noche
Hiades	1 vez (c)	Arado o Siete Estrellas						
Aldebarán	Ver (c)	El Pastor	El Cabrero	Guarda de ses Cabres			Kukayad	¿?
Sirio	2 veces (d)	Gañán(era), Guardia (7)	Lucero Miguero	Matera, Ca, Canícula	☆ Matagañanes (12)	Lucero Miguero	Aydi (14)	El Perro
Canopo		☆ Sur o ¿Gañanera?	(Invisible)	¿Estel del Moro?	(Invisible)	(Invisible)	Wadet (15)	
Arturo	2 veces (e)		El Boyero	Estel dels Bouers, Bover				
Leo o Régulo				Estellió		Media Fanega		
Cisne				Creu de l'Albat, Vera Creu	Cruz Alcaravaca			
Osa Mayor		Carro u Osa Mayor	Carro u Osa Mayor	Sargantana, 7 Frares, C.	El Carro Grande	El Carro	Talemt	Camella
Osa Menor		Osa Menor	Osa Menor	Peu de Gall (en parte)	El Carro Chico		Awara	Güelfo
β y γ Ursae Minoris		¿Dos hermanas?	Guardas o Guías					
Polaris		Estrella del Norte	Estrella Polar	Estel de Tramuntana	Estrella del Norte	Estrella Polar	Lankacam	Estrella del Norte
Mizar y Alcor		Los Ojitos de Sta Lucía						
Vía Láctea		Camino de Santiago	Camino de Santiago	Cami de San Jaume	Camino de Santiago	Camino de Santiago	Abrid en walim	Camino de paja
Vía Láctea		La Vereda o ¿Soga?		Carrera del Rei En Jaume			Asif n igenwam	Rio de los Cielos
Corona Boreal		¿Rosario de la Aurora?	El rabo (αCrB)					
Cruz del Sur		(Rasante al horizonte)	(Invisible)	(Invisible)	(Invisible)	(Invisible)	Iniren	Los Antílopes
Júpiter		Upito o Júpiter		Dropo				
Mercurio		Lucerito del Día		Varios nombres (11)	Lucero Apeayeguas			
Marte		☆ Marte		Marta, Raimera			Awey-ehad	
Escorpión							Tazzayt	Datilera

Notas a la Tabla 6

- (1) : Según el Profesor José Luis Comellas ("El Cielo de los del campo").
- (2) : Amades J. (Astronomía i Meteorologia populars).
- (3) : Blanco J.F. y colaboradores (El Tiempo: Meteorología y Cronología populares).
- (4) : Simón García (comunicación privada) y recuerdos juveniles del propio autor
- (5) : Suárez Rosales M. (Vocabulario de Mazigio moderno)
- (6) : ∂ Venus, Lucero Venus, Labradora, ∂ del Ganado, ∂ de los Pastores y ∂ de Agua.
- (7) : Por otro lado, para algunos informantes parece ser el Lucero, al menos en algunas ocasiones. También es la más firme candidata a ser la Gañanera.
- (8) : Roseta, Estel Bovater, Estel de Pastor, Estela, Lleó, Bover
- (9) : Deiols ("Diosecullos"), Bordons, Tres Maries, Tres Reis, Trillions
- (10) : En la Plana de Vic, cuando "les Cabres" se esconden sobre la cima del Montseny se dice: "Quan les cabres pasturen pel Montseny, plourà"
- (11) : Pina, Favera, Semolero, Estel de Sant Mateu
- (12) : Quizás se la denomine el Gahán, junto al Arado y los Bueyes (ver texto).
- (13) : Reconocidas en Kabilia como centro del Universo
- (14) : Su orto acrónico indica el inicio de las lluvias benefactoras en el Hoggar (Gast 1992)
- (15) : Su orto heliaco a mediados de agosto marcaba el comienzo del año agrícola en el Hoggar (Barrios 1996)

En Hesiodo:

- (a): Aventado del grano, vendimia y labranza
- (b): Labranza y siega. Marca el año agrícola
- (c): Labranza
- (d): Canícula y vendimia
- (e): Poda de las viñas y vendimia

Tabla 7: Datos estadísticos en base al número de objetos conocidos

por edades :		por islas:	
Menos de 55	5,2±0,9	Fuerteventura	6,4±0,6
Id. (sin AMA & ML)	4,5±2,1	(Teno Alto)	6,3±0,6
56-65	6,0±0,3	Lanzarote	6,2±0,6
66-75	6,3±0,6	Gomera	6,0±2,1
76-80	6,2±0,6	Gran Canaria	4,5±1,2
Más de 80	3,5±0,9	Tenerife	4,4±0,6

4. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Klink F. et al. Canarias, Economía, Ecología y Medioambiente. Fco. Lemus Editor, La Laguna (1994).
- Amades J. Astronomia i Meteorologia populars. Col. L'Agulla. Edicions El Mèdol. (1993).
- Barrios J. The Guanche calendar and the Virgin of Candelaria. Proc. 2º Conf. S.E.A.C. W. Schlosser (editor), Universidad del Ruhr en Bochum. (1996).
- Belmonte J.A. (Coordinador). Arqueoastronomia Hispana: Prácticas astronómicas de las culturas prehistóricas de la Península Ibérica y los Archipiélagos Balear y Canario. Equipo Sirius, Madrid (1994).
- Belmonte J.A. y Sanz de Lara M. Astronomía Tradicional en Canarias. En preparación.
- Blanco J.F. (Dir.). El Tiempo: Meteorología y Cronología populares. Ed. Dip. Salamanca. (1987).
- Comellas J.L. El Cielo de los Campos. Extracto de la Conferencia presentada en "El Hombre ante el Universo". UIMP, Sevilla. Septiembre de 1994.
- Dario Vega R. La Meteorología en las Islas Canarias. Canarias Copypress, Sta Cruz. (1992).
- De Sosa J. Topografía de la Isla de Gran Canaria. Las Palmas. (1678).
- Díez de Velasco F. Hombres, ritos, Dioses. Editorial Trotta, Colección Paradigmas 10. (1995).
- Forcada Nogués M. Tratado sobre los Anwa y los tiempos, capítulo de los meses, de Ibn Asim Fuentes Árabe Hispanas nº 15, C.S.I.C. Barcelona. (1993).
- Galván Tudela A. Taganana: un estudio antropológico y social. Santa Cruz de Tenerife. (1980).
- Gast M. Calendrier agraire de l'Ahaggar Encyclopedie Berbere XI, 1715. Edisud. (1992).
- González Rodríguez J.M. Conocimientos científicos del pueblo canario: la ciencia popular y tradicional. Este libro. (1998).
- Hesíodo. Los Trabajos y los Días. Fragmentos y Obras. 115-167. Gredos Clásica (1990).
- Jiménez J.J. Elementos astrales de la arqueología prehistórica de las Islas Canarias. En "Investigaciones Arqueológicas canarias II", pag. 93. Viceconsejería de Cultura y Deportes. (1990).
- Krupp E.C. Beyond the Blue Horizon: Myths & Legends of the Sun, Moon, Stars and Planets. Oxford University Press (1991).
- Marín de Cubas T.A. Historia de las siete islas de Canaria. Real Sociedad de Amigos del país, Las Palmas de Gran Canaria. (1986).
- Marzol Jaén V. La lluvia, un recurso para Canarias. Serv. Pub. Caja Canarias. (1988).
- Mircea Eliade Lo Sagrado y lo Profano. Nueva Serie Vol. 21, Ed. Labor S.A. 2ª Ed. (1994).
- Morales F. Canarias. Crónica de su conquista. Transcripción, estudio y notas. Cabildo de Gran Canaria. (1993).
- Navarro Ramos A. Aberruntes y Cabañuelas de Fuerteventura. Cabildo de Gran Canaria. (1982).
- Padrón Machín J. El Hierro: séptima isla. Centro Cultura Popular Canaria (1989).
- Perera Betancort M.A., Belmonte J.A., Tejera Gaspar A., Esteban C. Tindaya: un acercamiento arqueoastronómico a la sociedad prehispánica de Fuerteventura. Tabona IX, 165-196. (1996).
- Sprajc I. The Venus-rain-maize complex in the Mesoamerican View: Part II. Archaeoastronomy Sup. J.H.A., 18, 527-557. (1993).
- Suárez Rosales M. Vocabulario de Mazigio moderno. La Laguna (1989).
- Tejera Gaspar A. La religión de los guanches: ritos, mitos y leyendas. 2ª Ed. Edicolor, S/C Tenerife. (1992).
- Upton G. At the crossroads of the Earth and the Sky. Texas Univ. Press (1981).

