

*Primeros resultados
para la reconstrucción
dendroclimática
de Canarias*

*Aplicación al estudio de la
relación entre cambio
medioambiental y sistemas
culturales: El ejemplo de
La Palma (siglos X al XV d.C.)*

CARLOS SANTANA JUBELLS*

*Licenciado en Geografía e Historia.

Resumen: La aplicación de la Dendrocronología a poblaciones canarias de *Pinus canariensis* Smith, taxón que hasta el momento no había sido objetivo de esta ciencia, y la obtención de los primeros resultados positivos en la comparación cruzada de series de crecimiento, abren las puertas a una reconstrucción de las variables climáticas precipitación y temperatura del pasado en el Archipiélago. Entre las muchas aplicaciones que es posible derivar de dicha reconstrucción, centra el interés de la Prehistoria el conocimiento, desde una perspectiva diacrónica, de una parte fundamental del entorno ecológico en el que se desarrollan de las poblaciones pehispanicas de Canarias, como vía válida para enriquecer la interpretación de ciertas transformaciones culturales. Los cambios que se operan en la isla de La Palma en el tránsito entre las fases cerámica III y IV, pueden ser interpretados como claro exponente de la íntima relación que existe entre el desarrollo de los sistemas culturales y las alteraciones de su marco medioambiental.

Palabras clave: *Dendrocronología. Dendroclimatología. Anillos de crecimiento. Sistemas culturales.*

Abstract: The application of Dendrochronology to populations of *Pinus canariensis* Smith from the Canary Islands -species never studied by this science before- and the first positive results in cross-dating of tree-ring series, are achievements that lead to the future reconstruction of the past climatic variables precipitations and temperatures in the Canaries. Among the many applications derived from this climatic reconstruction, the knowledge from a diachronic perspective of a fundamental piece of the ecological environment in which the Canarian prehispanic peoples developed will provide Prehistory with a powerful tool to enrich the interpretation of certain cultural phenomena. The changes that took place in La Palma in the transition between the ceramic phases III and IV, can be interpreted as a clear example of the close relationship existing between development of cultural

systems and modifications in its environmental frame.

Key-words: *Dendrochronology. Dendroclimatology. Tree-rings. Cultural systems.*

Introducción

Desde 1995 y bajo la coordinación los Dres. Ernesto Martín Rodríguez y M^o del Mar Génova Fuster, se viene aplicando el método dendrocronológico y dendroclimático a *Pinus canariensis* Smith. En el marco de esta nueva línea de investigación, se inserta una Tesis Doctoral en curso cuyo objetivo es la reconstrucción de los grandes parámetros climáticos imperantes en el Archipiélago Canario en etapas pres-tadísticas, con una amplitud temporal que partiendo del presente se prolongue al menos hasta el siglo X de la era, a través de la extracción de la información de índole climática registrada en los anillos de crecimiento de determinadas poblaciones de esta especie. Se quiere contribuir por esta vía a la formulación del marco medioambiental en el que se desarrollaron las poblaciones pasadas de Canarias, tanto históricas como prehispanicas¹, y poner a disposición de los investigadores una fuente de conocimiento primaria para la interpretación de determinados fenómenos culturales.

Tras una breve síntesis de los rudimentos teóricos y metodológicos de esta disciplina, se presentarán los primeros resultados en la sincronización de series de crecimiento individuales de pino canario, que avalan el éxito potencial de dicha reconstrucción de variables climáticas. Finalmente, se expondrá lo que consideramos un claro exponente de respuestas culturales adaptativas a un medioambiente cambiante en la Prehistoria de Canarias: las transformaciones que parecen operarse en la Isla de La Palma en el tránsito entre las fases cerámicas III y IV, como ejemplo ilustrativo de lo que el establecimiento de la variabilidad climática del Archipiélago puede

aportar al conocimiento de sus realidades pasadas.

Principios y métodos.

La Dendrocronología (*dendron* = árbol, *chronos* = tiempo, *logos* = el estudio de) puede definirse como la ciencia que, a través del análisis de series individuales de anillos de crecimiento de ciertas especies vegetales leñosas, obtiene como resultado una *cronología* o serie media representativa de la historia vital de una población forestal en la que el dendrocronólogo ha adjudicado a cada uno de los anillos que la integran el año de su formación de manera inequívoca.

La actividad fisiológica del *cambium vascular* -tejido responsable del crecimiento secundario o crecimiento en grosor de los vegetales- se caracteriza en determinadas especies por ser temporalmente discontinua y estructurarse en un período de

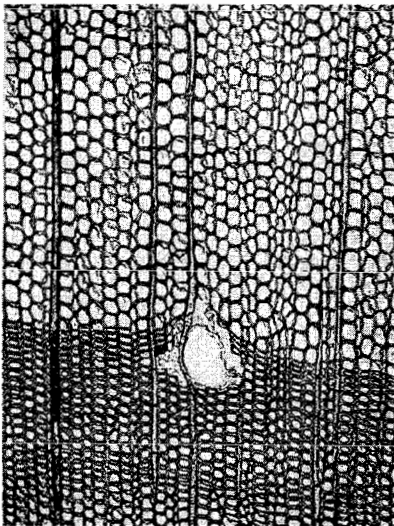


Figura 1: Sección transversal de un anillo de crecimiento de *Pinus canariensis*. Se parece claramente la diferencia entre las estructuras celulares del xilema temprano (banda de células superior, más clara) y del xilema tardío. (Foto: CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. (1951): *Vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales*. Dir. Gral. de Montes, Caza y Pesca Fluvial del Ministerio de Agricultura.

latencia o dormancia, al que sigue otro de actividad en el que se crean nuevas células que se incorporan al fuste de la planta. Este período presenta a su vez dos momentos bien diferenciados: uno de plena actividad que da lugar al xilema temprano (células anchas, de paredes poco lignificadas y tonalidad clara) y otro de progresiva ralentización hasta la detención que da origen al xilema tardío (células estrechas, más lignificadas y de tonalidad más oscura). Ambas bandas de células xilemáticas conforman un anillo de crecimiento (Figura 1).

El momento del año en el que el *cambium* entra en actividad, el lapso de tiempo durante el que está activo y el momento de su detención estacional, son fenómenos fisiológicos producto de una harto compleja combinación de variables endógenas y exógenas que, en su conjunto, determinan ciertas características estructurales (anchura y densidades de los leños temprano y tardío) únicas del anillo formado en un determinado ciclo de crecimiento, mal llamado *a priori* "año".

Dentro de las variables de influencia exógenas, en determinados entornos climáticos en los que la variabilidad interestacional en los valores de precipitación y temperatura es cíclica y lo suficientemente intensa, los períodos de actividad e inactividad del *cambium* pueden llegar en gran medida a depender de dicha variabilidad. Consecuentemente, no sólo las características estructurales de cada anillo estarán en estrecha relación con los valores de precipitación y temperatura alcanzados a lo largo del año, sino que los integrantes de aquella población forestal sometida a tales condiciones de vida presentarán crecimientos en grosor sincrónicos, con lo que la variabilidad interanual en las características estructurales de los anillos de cada individuo será en gran medida similar.

Este último extremo es, en sí mismo, la base fundamental de la Dendrocronología, puesto que la consecución de esa serie media perfectamente datada requiere previa-

mente de una compleja validación gráfica y estadística de las series de crecimiento individuales denominada *sincronización o comparación cruzada*. Este proceso persigue el doble objetivo de, por un lado, identificar las pautas comunes en el crecimiento presentes en aquellas series con las que se pretende construir la cronología; y, por otro, corregir las posibles anomalías en el crecimiento que puedan presentar dichas series. A este respecto, es común encontrar árboles que en un determinado ciclo de crecimiento no han crecido en parte o la totalidad del fuste (con lo que estaríamos hablando de anillos faltantes) o que presentan más de un ciclo de crecimiento al año (bandas de crecimiento intranual).

El proceso comienza con la extracción, mediante una barrena Pressler, de al menos dos cilindros de 5 mm. de diámetro por ejemplar a un número mínimo de 20 ejemplares por área de muestreo. Ya en el laboratorio, se procede al corte longitudinal de cada cilindro y a la medición de la anchura de cada anillo a través de una lupa binocular y una bandeja mecánica conectada

a un ordenador con un programa específico (*Computer Aided Tree Rings Analysis System*, o C.A.T.R.A.S). Obtenidos los valores de anchura de los anillos, comienza el laborioso proceso de sincronización, para el que se emplea, como herramienta visual, gráficas elaboradas con datos de crecimiento/año, construidas especialmente con logaritmos de los datos reales, que subrayan la importancia de los anillos significativamente estrechos en series de variabilidad común poco elevada. Por su lado, los estadísticos empleados en la comparación cruzada han sido especialmente concebidos para esta función y son fundamentalmente tres: en primer lugar, los **coeficientes de coincidencia** (identificado con la letra T) y **correlación** (W); seguidamente, los datos obtenidos se verifican mediante los **coeficientes de correlación por segmentos** (GÉNOVA, 1994).

Un adecuado proceso de sincronización va casi paralelo a la **interdatación**. Las distintas herramientas gráficas y estadísticas empleadas nos asegurarán que la estructura de cada anillo es común a un conjunto

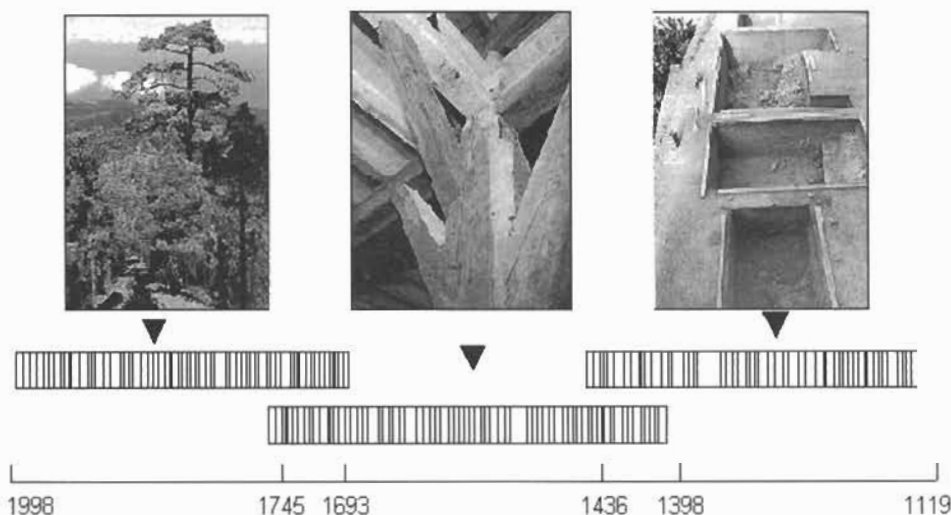


Figura 2. Esquema explicativo del método de solapamiento para la prolongación hacia el pasado de dendrocronologías procedentes de árboles vivos con series de crecimiento de maderas históricas, arqueológicas y/o subfósiles.

TABLA I
Valores de T y W de las "serie matrices" en bruto (W al 99.9 %)

	Tab16a96 (Long. 161)	Tab16s96 (Long. 178)	Tab03n96 (Long. 140)	Tab03s96 (Long. 145)
Tab16n96 (Long. 186)	P : 161/161 T: 13.28 W: 72.2	P: 186/176 T: 7.42 W: 64.3	P: 183/140 T: 6.23 W: 66.5	P: 186/144 T: 4.82 W: 66.5
	Tab16a96	P: 161/161 T: 6.96 W: 66.3	P: 161/161 T: 4.70 W: 64.2	P: 161:161 T: 6.29 W: 68.0
Long.: Longitud de la serie		Tab16s96	P: ----- T: ----- W: -----	P: ----- T: ----- W: -----
P: Posición de solapamiento			Tab03n96	P: 140/142 T: 6.14 W: 68.0

de individuos y que ningún anillo sobra o falta en ninguna serie. Así, se puede asegurar que el último de los anillos integrante de las series se corresponde con el año de obtención de las muestras y que cada anillo anterior se formó en el año fijado de manera retrógrada a partir de éste último.

Llegados a este punto, un nuevo proceso estadístico denominado **indexación o estandarización**, concluye con la obtención de la cronología. En otras palabras, se logra contextualizar en una secuencia temporal una información medioambiental de primer orden.

Entre las muchas utilidades que tiene una cronología se encuentra la de constituir la referencia para la aplicación del **método de solapamiento** (Figura 2). Como su propia denominación indica, este método consiste en la comparación cruzada de la *cronología elaborada a partir de árboles vivos* y series de crecimiento procedentes de maderas muertas (históricas, arqueológicas y/o subfósiles), cuyos anillos finales pueden *solaparse* con los iniciales de la crono-

logía para prolongar el registro hacia el pasado.

Mediante la aplicación de los procesos estadísticos propios de la Dendroclimatología, cuya complejidad impide que sean desarrollados en estas páginas², se logra la reconstrucción de temperaturas y precipitaciones para tantos años como longitud temporal tenga la cronología.

Las primeras sincronizaciones.

El camino conducente a dicha reconstrucción dendroclimática ha comenzado a despejarse en Canarias con la obtención de las primeras sincronizaciones positivas con series de crecimiento procedentes de ejemplares de *Pinus canariensis* del norte de Tenerife, en concreto de la unidad forestal conocida como La Tabona o El Tabonal de los Guanches (Figura 3). Se trata de un pinar natural que se desarrolla directamente sobre la roca de una colada obsidiánica de reciente formación, por lo que no han podido actuar con intensidad los agentes responsables de la alteración de la roca, ocasionando tan sólo una leve disgregación

física superficial que, desde el punto de vista edafológico, se caracteriza por una baja capacidad de retención hídrica y de suministro de nutrientes, lo que imprime al pinar una muy escasa densidad que contrasta con su entorno. La total ausencia de suelo evolucionado hace además que los árboles presenten un porte reducido, con alturas no superiores a los 7-10 m. y diámetros del fuste de entre 40 y 60 cm.

Las difíciles condiciones de habitabilidad que otorga tal sustrato, junto con la ubicación de la porción de bosque elegida para muestreo entre los 1.500 y los 1.700 m. de altitud, hacían presuponer una influencia de las oscilaciones climáticas estacionales lo suficientemente limitante del crecimiento secundario, de tal suerte que se podrían obtener los patrones de crecimiento

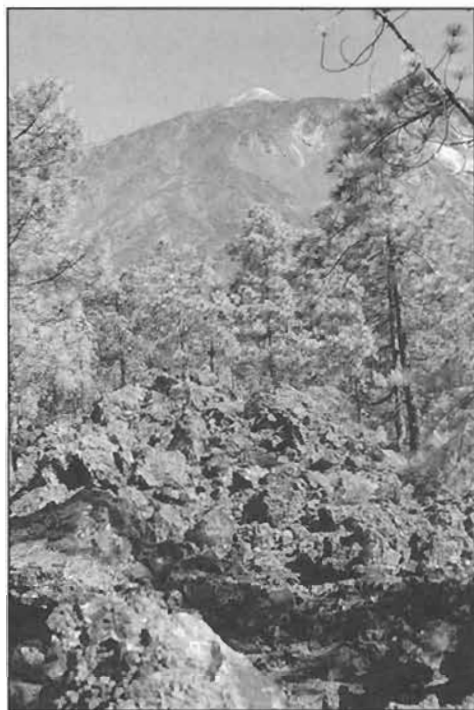


Figura 3: Vista del pinar de La Tabona. Se aprecia la ubicación de esta localidad dendrocronológica en relación al punto culminante de la Isla de Tenerife. (Foto: Cristo M. Hernández).

comunes entre individuos necesarios para una exitosa comparación cruzada.

Una vez cortadas y medidas las muestras, comenzó el proceso de sincronización con un primer análisis de los valores estadísticos T y W comparando las 43 series obtenidas entre sí. De esta primera aproximación, sólo cinco series de crecimiento en bruto procedentes de dos árboles diferentes, los números 03 y 16, mostraron valores iguales o aproximados a los que se esperaba obtener de coníferas peninsulares, única referencia válida de la que se disponía dada la total inexistencia de trabajos dendrocronológicos con *P. canariensis*; denominaremos a este grupo de series a partir de ahora "series matrices". Sin embargo, estos aceptables valores de T y W se ensombrecían ante el hecho de referirse a posiciones de solapamiento desajustadas en la mayoría de los casos, tal y como muestra la tabla I.

Esta circunstancia podía indicar dos extremos. En el peor de los casos, aunque de posibilidad remota, crecimientos no regidos por fluctuaciones periódicas medioambientales, lo que invalidaría a las series de La Tabona para la construcción de dendrocronologías y, por tanto, para cualquier trabajo dendrocronológico, al menos hasta que no se obtuviera una dendrocronología canaria bien establecida que sirviese de referente para el filtrado de posibles anomalías. En el mejor de los casos, la presencia de problemas de crecimiento de características y alcance desconocidos, pero susceptibles de ser corregidos con un análisis pormenorizado serie a serie. Los desfases en las posiciones de solapamiento de las series matrices señalaban, en definitiva, que a las series o les sobaban o les faltaban anillos de crecimiento, y se debía descubrir qué series eran anómalas, dónde estaban las posibles anomalías y si éstas eran del tipo doble anillo o anillo ausente. Fuesen cuáles fuesen la naturaleza y alcance de las anomalías, la pobre calidad general de los in-

TABLA II
Índices de correlación por segmento de Tab16n96 con SCENTRAL

Segmentos Dataciones	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
1995	0.13	0.20	0.05	0.12	0.03	0.09	0.19
1990	0.17	0.08	0.51	0.50	0.40	0.35	0.19

Valor crítico: 0.32

lices T y W apuntaban una sincronización muy compleja.

Ante estos hechos, una primera interdatación resultaba imposible. No obstante y una vez aislado el grupo base de las series sobre el que construir la sincronización, la Dra. Mar Génova Fuster (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid) intentó una primera datación mediante índices de correlación por segmentos con varias cronologías locales bien establecidas por ella y procedentes del Sistema Central y la Serranía de Cuenca. Para poder realizar este estudio, era necesario una datación de partida de la serie Tab16n96 como serie potencialmente más completa, datación que, llegado el caso, se matizaría en base a los resultados de la comparación cruzada con aquella cronología con la que mostrara índices de correlación lo suficientemente fiables. El último anillo de dicha serie fue pues provisionalmente datado en 1995, toda vez que la extracción de las muestras se realizó entre mayo y julio de 1996, cuando no habría finalizado aún el período de crecimiento correspondiente al año de muestreo. Se obtenía así una serie de 186 años, con comienzo en 1810 y final en 1995.

Tras varios intentos infructuosos, sorprendió el resultado obtenido en los índices de correlación por segmentos de Tab16n96 y la cronología regional SCENTRAL, realizada con *Pinus nigra* del Sistema Central y con una amplitud de 466 años, entre 1523 y 1988. Todos los segmen-

tos mostraban problemas de sincronización, pero solucionables mediante la modificación de la datación en 5 años de la serie canaria. Consecuentemente, ésta fue nuevamente datada en 1990 y el inicio en 1805. Como resultado disminuyeron los segmentos problemáticos y ascendieron los índices de correlación. La tabla II muestra los valores obtenidos en la operación con Tab16n96, datada tanto en 1995 como en 1990.

A pesar de la espectacular mejora en los segmentos centrales, se mantienen problemas de correlación al comienzo y final de la serie. Los primeros son muy comunes y fácilmente explicables en función de la falta de equilibrio con el entorno del árbol en sus primeros años de vida; su solución se logra mediante una extensa comparación cruzada con el mayor número posible de series. Los bajos índices de correlación al final, por su parte, sí están indicando problemas de crecimiento en Tab16n96 con respecto a SCENTRAL de magnitud y naturaleza en aquel momento difíciles de precisar. En conclusión, la principal serie de referencia, Tab16n96, quedaba provisionalmente datada en 1990.

El mismo carácter de provisionalidad adquirieron por tanto las dataciones que se adjudicaron a las "series matrices" en virtud de los valores de W y T que mostraban respecto a Tab16n96: Tab16a96 quedó datada en 1826-1986, Tab16s96 en 1815-1992, Tab03n96 en 1849-1988 y Tab03s96 1847-1991.

Una vez datadas todas las "series ma-

TABLA III
Indíces de correlación por segmentos de las "series matrices" en bruto

	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Tab16n96	0.73	0.71	0.84	0.85	0.77	0.67	0.60
Tab16s96	0.62	0.52	0.73	0.72	0.59	0.48	0.32
Tab16a96	—	0.60	0.78	0.87	0.72	0.54	0.53
Tab03n96	—	0.60	0.61	0.63	0.63	0.49	0.31
Tab03s96	—	0.70	0.70	0.73	0.73	0.61	0.30

Valor crítico: 0.32

trices", se realizó su comparación en base a los índices de correlación por segmentos. Obviamente, éstos confirmaron los desajustes en el solapamiento que expresaban los estadísticos T y W, pero además ubicaban los posibles problemas de crecimiento en unos segmentos muy concretos de las series matrices (Tabla III), los anillos de crecimiento finales, confirmando la recurrencia del comportamiento observado entre SCENTRAL y Tab16n96. Obsérvese como la serie Tab16n96 confirma a través de este estadístico su idoneidad para servir de referencia de comparación. Mientras, los problemas se localizan entre al menos el año 1949 y el final de cada serie.

Con estas referencias bien asentadas, comenzó una detenida comparación gráfica que demostró que estos problemas venían motivados por anillos faltantes, única y exclusivamente en ese tramo final del

crecimiento. Esta parte del proceso llevó como resultado provisional a la corrección de las "series matrices", como lo demuestran los índices de correlación por segmentos que arrojaron estas series, tras la introducción de los anillos faltantes allí donde lo indicaban las representaciones gráficas y que se muestran en la tabla IV.

La medida elegida para caracterizar a los nuevos anillos introducidos se extrajo de aplicar al anillo inmediatamente anterior a aquel que iba a ser añadido en una serie, la proporción existente en la serie de referencia entre el anillo común a las dos series y el que sólo estaba presente en la de referencia; en otras palabras, se buscaba la serie que los estadísticos y las gráficas demostraban que estaba completa hasta el punto en el que aparecía el problema en la serie a reformar; si en este punto en la serie de referencia la estructura era A-B-C y

TABLA IV
Indíces de correlación por segmentos de las "series matrices" modificadas

	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Tab16n96	0.73	0.71	0.84	0.85	0.77	0.72	0.66
Tab16s96	0.62	0.52	0.73	0.72	0.59	0.50	0.43
Tab16a96	—	0.60	0.78	0.87	0.72	0.56	0.58
Tab03n96	—	0.60	0.61	0.73	0.63	0.57	0.45
Tab03s96	—	0.70	0.70	0.75	0.73	0.59	0.35

Valor crítico: 0.32

TABLA V
Valores de T y W de las "serie matrices" modificadas (todas las W al 99.9 %)

	Tab16a96 1826-1986	Tab16s96 1815-1992	Tab03n96 1849-1992	Tab03s96 1847-1993
Tab16n96 1805-1990	P: 1986/1986 T: 13.28 W: 72.2	P: 1990/1990 T: 8.63 W: 66.9	P: 1990/1990 T: 7.08 W: 71.3	P: 1990/1990 T: 4.17 W: 68.5
	Tab16a96	P: 1986/1986 T: 7.73 W: 66.6	P: 1986/1986 T: 5.20 W: 67.9	P: 1986/1986 T: 5.37 W: 67.3
		Tab16s96	P: ----- T: ----- W: -----	P: ----- T: ----- W: -----
P.: Posición de solapamiento			Tab03n96	P: 1992/1992 T: 7.44 W: 75.2

en la serie a reformar sólo A_1-C_1 , el valor B_1 surge de restar o sumar a A_1 la diferencia entre A y B. Así, Tab16s96 permaneció en 1992, Tab03n96 pasó a 1815-1992 y Tab03s96 de a 1847-1993.

Los valores presentados en la tabla precedente muestran claramente la desaparición de los problemas de sincronización en ese tramo final, lo que no significa necesariamente que las series matrices estén sincronizadas al mismo punto temporal. Las comparaciones gráficas y estadísticas que corrieron siempre paralelas a las modificaciones en las series de crecimiento permitieron sincronizar con fiabilidad a las series matrices entre sí hasta una determinada posición de solapamiento, más allá de la cual los árboles de los que procedían, simplemente, en apariencia no habían crecido. En la tabla V se presentan los valores estadísticos T y W de las "series matrices" cotejadas entre sí. Se mantienen los desajustes en el solapamiento apreciados en el análisis en bruto, pero confirmándose a través de los índices de correlación por segmentos de la tabla IV que dichos desajus-

tes son inmejorables empleando para la comparación cruzada sólo a las "series matrices".

Por su lado, la figura 4 muestra gráficamente las posiciones de solapamiento de las series matrices una vez sincronizadas. Véase como el árbol n° 16 presenta por su lado norte dos años menos que por su lado sur. Tab16a96 es una serie incompleta, esto es, que no llega a la corteza, de manera que se constata que le faltan 4 anillos para alcanzar a la serie de referencia, Tab16n96. El árbol n° 03 presenta en el lado norte un año menos que por el lado sur; Tab03n96 se ajusta temporalmente con Tab16s96. Finalmente, la serie más larga es la del lado sur del árbol 03, que supera en tres anillos a la serie de referencia. Es además evidente que ninguna de las series o bien no alcanzó el año 1995, o bien presentaban anillos ausentes en un punto desconocido.

Aunque las series comparadas aún eran escasas para afirmarlo con rotundidad, se fundaba cada vez más la posibilidad de que nos encontráramos ante series con ani-

TABLA VI
Indices de correlación por segmentos de las "series matrices" modificadas con SCENTRAL

	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Tab16n96	0.33	0.34	0.76	0.76	0.67	0.60	0.24
Tab16s96	0.36	0.34	0.69	0.69	0.56	0.46	0.20
Tab16a96	—	0.42	0.61	0.61	0.52	0.50	0.28
Tab03n96	—	0.45	0.50	0.50	0.32	0.28	0.32
Tab03s96	—	0.51	0.54	0.50	0.36	0.43	0.30

Valor crítico: 0.32

llos ausentes o discontinuos en los tramos finales. Es muy común encontrar este tipo de fenómenos en árboles de avanzada edad, pero resultó extraño en ejemplares que no debían superar los 200 años de vida y realmente desconcertante encontrar a lo largo del análisis que siguió situaciones como la del árbol n° 06, cuyo lado norte se comprobó fehacientemente que detuvo su crecimiento a lo largo de 16 años consecutivos, mientras que el lado sur continuó su actividad cambial de manera aparentemente normal.

Una vez obtenida una adecuada -aunque provisional, cronológicamente hablando- sincronización entre las "series matrices", restaba su cotejo con SCENTRAL mediante los índices de correlación por segmentos para evaluar el alcance de las anomalías en el crecimiento en los segmentos finales, que sin duda aparecerían, puesto que Tab16n96, como elemento refe-

rencial para la reelaboración de las series, no había sido en ningún momento alterada. El mayor peso específico de las series canarias fue compensado introduciendo en el estadístico cinco veces la cronología del Sistema Central, de manera que fuese ésta la que marcara las directrices maestras de la serie media resultante. Los resultados obtenidos (tabla VI) no dejaban lugar a dudas en lo referente a la falta de sincronización entre las "series matrices" y SCENTRAL desde al menos 1950 en adelante.

A pesar de la constatación de estos problemas, se había logrado algo tan necesario como una referencia sólida sobre la que continuar el proceso de comparación cruzada de éstas con el resto de las series de La Tabona y viceversa; se perseguía que las interrelaciones en la comparación cruzada de las 43 series diesen como resultado la corrección de los anillos faltantes en la mayor cantidad de series posible hasta






Tab03s96	1847		1993
Tab03n96	1849		1992
Tab16a96	1826		1986
Tab16s96	1815		1992
Tab16n96	1805		1990

Figura 4: Se muestran las posiciones relativas de solapamiento de las series de crecimiento matrices de la Tabona, una vez finalizado el proceso de sincronización.

llegar a índices estadísticos óptimos para asegurar una interdatación en 1995, tras lo cual ya sería posible iniciar el proceso de elaboración de la cronología.

Así, siguiendo la misma metodología expuesta hasta el momento, se consiguió finalmente sincronizar un total de 15 series de crecimiento de las 43 que componían el muestreo de esta localidad. Sin embargo, la calidad de tal sincronización no se apartó de la tónica mostrada por las "series matrices" en lo tocante a las posiciones de solapamiento desajustadas no susceptibles de mejora para alcanzar 1995.

Los índices estadísticos resultantes del estudio con estas 15 series merecen un análisis en profundidad. T y W se muestran muy variables en las comparaciones individuales por pares de series. Sólo las dos series de crecimiento del árbol nº 11 pudieron ser corregidas hasta el año 1994. Tab16a96 permaneció en el año 1986. En 1990 fueron datadas 6 series, dos alcanzaron 1991, tres 1992 y una 1993. Sin embar-

go, los índices T y W no permiten plantear la total seguridad de estas dataciones, puesto que hay series de crecimiento que ofertan excelentes sincronizaciones con algunas del resto y nulas con otras, las que a su vez sincronizan a la perfección con unas o no con otras. En suma, esto indica que los anillos faltantes en los tramos de crecimiento finales son recurrentes en todas las series, pero no sincrónicos, de tal suerte que ha resultado imposible localizar en cada serie sus años de crecimiento faltantes, que estos se complementen entre sí y, por tanto, completar cada una de las series hasta lograr una perfecta interdatación en 1995.

Los índices de correlación por segmentos de estas 15 series (tabla VII), por su lado, dan el visto bueno a la sincronización y datación provisionalmente obtenidas, aunque dos de las series confirman los problemas de crecimiento en el tramo 1950-1999 que ya apuntaba la comparación de las "series matrices" con SCENTRAL.

TABLA VII
Índices de correlación por segmentos de la Tabona

	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Tab01s96	0.58	0.53	0.62	0.58	0.56	0.53	0.48
Tab03n96	—	0.59	0.59	0.72	0.57	0.43	0.34
Tab03s96	—	0.67	0.67	0.74	0.72	0.50	0.19
Tab06s96	—	0.79	0.73	0.73	0.73	0.75	0.79
Tab07n96	—	0.43	0.49	0.47	0.64	0.62	0.49
Tab09n96	0.51	0.55	0.82	0.72	0.53	0.48	0.66
Tab09s96	0.50	0.47	0.69	0.63	0.60	0.40	0.38
Tab11n96	0.51	0.47	0.61	0.58	0.40	0.40	0.51
Tab11s96	0.66	0.67	0.64	0.57	0.67	0.68	0.47
Tab12n96	—	—	—	0.68	0.62	0.54	0.63
Tab12s96	—	—	—	0.64	0.63	0.59	0.56
Tab15n96	—	0.71	0.63	0.47	0.57	0.59	0.25
Tab16a96	0.69	0.74	0.85	0.85	0.78	0.74	0.72
Tab16a96	—	0.65	0.81	0.81	0.82	0.77	0.71
Tab16s96	0.71	0.62	0.80	0.75	0.60	0.62	0.72

Valor crítico: 0.32

Vistos los resultados finales de la sincronización con T y W, los valores del segmento 1950-1999 son susceptibles de variar muy significativamente con una interdatación completa a 1995, de manera que han de tomarse con las pertinentes reservas. Tales precauciones en la apreciación desaparecen en todos los segmentos anteriores a 1950, en los que el análisis gráfico no encontró importantes problemas de crecimiento, tal y como era de esperar tras la interpretación de los índices de correlación por segmentos. A pesar de ello, el establecimiento de la dendrocronología local de La Tabona no será posible hasta que se obtenga en otras localidades del Archipiélago un conjunto de series que muestren un buen comportamiento en los patrones de crecimiento secundario y puedan ser interdatadas con total seguridad en el año de extracción. A partir de ellas será posible la comparación, filtrado y subsecuente corrección de las anomalías presentes en La Tabona desde 1950 en adelante.

En el estado en el que se encuentra la investigación al día de hoy, es posible aventurar que los problemas de sincronización detectados en los tramos finales de las series de La Tabona pueden ser filtrados con éxito mediante series de crecimiento procedentes del norte de La Palma, que además presentan una longitud muy considerable, lo que con toda probabilidad lleve en corto plazo a la construcción de una cronología de árboles vivos que nos remontará a los años iniciales del siglo XVI. Tal amplitud cronológica hace albergar fundadas esperanzas de obtener, mediante el solapamiento con maderas muertas, una cronología que sobrepase con creces el umbral de la conquista.

A modo de síntesis final se puede afirmar que el hecho más relevante obtenido a partir de estos análisis es la localización de una población de pino canario que permite la comparación cruzada, lo que implica, como se indicó al principio, la casi segura existencia de una información climática en

las anchuras de sus anillos de crecimiento. Por lo tanto, se confirma que con esta especie es posible el establecimiento de dendrocronologías y, muy probablemente, reconstrucciones dendroclimáticas.

Por otra parte, la datación adjudicada a las 15 series en las que se ha basado el estudio es correcta hasta 1949 según todos los indicadores estadísticos. Pero el punto más relevante a este respecto es la cronología a partir de la cual se han datado las series canarias; en efecto, ha resultado gratamente sorprendente encontrar señal común entre los patrones de crecimiento de *P. canariensis* y los de *P. nigra* del Sistema Central peninsular, lo que no hace más que apoyar la existencia de información climática en la especie canaria.

La aplicación de la Dendroclimatología al estudio del comportamiento humano. El tránsito entre las fases cerámicas III y IV de la prehistoria auarita.

Como se ha apuntado, la Dendroclimatología es la ciencia que emplea como fuente el resultado final de la aplicación del método dendrocronológico (la cronología) para extraer la información climática contenida en los anillos de crecimiento que la conforman y reconstruir las variables precipitación y temperatura con carácter mensual, anual y/o estacional para aquellos años de los que no se dispone de ningún registro.

Resulta casi obvio señalar el fundamental interés que tiene el análisis de la variabilidad medioambiental para estimar el grado de relación que guardan con ella determinadas conductas registradas en las sociedades humanas (BANNISTER y ROBINSON, 1985). De hecho, en la actualidad una de las líneas de trabajo de mayor pujanza y expansión en Dendrocronología y sus aplicaciones derivadas es la centrada en su adecuación como fuente primaria de conocimiento para las nuevas aproximaciones teóricas al estudio del comportamiento adaptativo humano ante cambios

medioambientales a pequeña y gran escala por parte de la Historia, la Antropología, la Sociología y la Arqueología (DEAN, 1996; RAAB y LARSON, 1997).

En el caso de la Prehistoria, este interés es mayor si cabe, puesto que, como ciencia con base en el análisis e interpretación de culturas cuyo devenir está en la mayoría de las ocasiones altamente influido por los caracteres de su medioambiente, precisa conocer en lo posible y desde una perspectiva diacrónica el entorno ecológico en el que aquellas se insertan. Con ello, se completan y enriquecen las lecturas que es posible hacer de múltiples fenómenos culturales.

Bien es sabido que en el marco de las distintas realidades culturales de la Prehistoria en Canarias, destacan las especiales características que para la investigación tiene la isla de La Palma toda vez que es la única para la que se dispone, por ahora, de una visión diacrónica clara y bien asentada de su poblamiento prehistórico, gracias a las investigaciones que, encabezadas por Ernesto Martín Rodríguez y Juan Francisco Navarro Mederos, abondan en la línea de trabajo abierta por investigadores como L. Diego Cuscoy (CUSCOY, 1970) o M. S. Hernández Pérez (HERNÁNDEZ, 1977).

A principios de los años 80, E. Martín Rodríguez y J. F. Navarro Mederos (MARTÍN, 1984; NAVARRO, 1984; MARTÍN y NAVARRO, 1984 ; NAVARRO y MARTÍN, 1983, 1988; NAVARRO, MARTÍN y RODRÍGUEZ, 1990) comienzan un complejo programa de investigación centrado, por una parte, en el estudio integral del asentamiento aborigen de Cuevas de San Juan (San Andrés y Sauces) y, por otro, la contección del corpus de grabados rupestres de La Palma. Como resultado de las excavaciones realizadas en las cuevas de habitación del Barranco de San Juan, y en especial en la Cueva de El Tendal, se matizó la primera secuencia cerámica auarita propuesta por M. S. Hernández Pérez para dar origen a las cuatro fases hoy en día esta-

blecidas. Por otra parte, este proyecto permitió la apertura de nuevas líneas de investigación atestiguadas por las tesis doctorales realizadas por F. J. Pais Pais, que incorpora el análisis zooarqueológico al estudio de las estrategias productivas palmeras, y por A. Rodríguez Rodríguez, que sienta las bases tipológicas y funcionales de la industria lítica aurita.

Además de estas investigaciones, el registro arqueológico de la Cueva de El Tendal, que abarca desde el primer poblamiento de la isla hasta el final de la fase cerámica III (subfase IIIId) y la presencia en cuevas cercanas de fase cerámica IV -lo que completa el registro en la unidad arqueológica del Barranco de San Juan- permitió plantear un conjunto de hipótesis de trabajo relacionadas con la adaptación y la adaptabilidad de la población auarita al medio físico de La Palma y, por ende, a sus potenciales alteraciones.

Llamó la atención desde un principio el abandono por parte de las gentes que realizan la cerámica de la subfase IIIId de una cueva con inmejorables condiciones de habitabilidad como era la de El Tendal, de grandes dimensiones y situada en vertiente de solana. Por contra, la fase cerámica IV está identificada en el Barranco de San Juan en pequeñas cuevas de umbría de incomoda habitabilidad.

Un comportamiento muy similar parece deducirse de los resultados de las prospecciones y excavaciones realizadas por E. Martín en el Caboco de La Zarza (Garafía) (MARTÍN, 1995 ; VELASCO y MARTÍN, 1996). Este yacimiento se sitúa en la vertiente norte de la Isla, a unos 1.000 m. de altitud en pleno cauce del barranco del mismo nombre. La excavación se realizó en un pequeño abrigo pastoril situado en la margen derecha del cauce, dando como resultado únicamente material de la fase cerámica IV. No obstante, las prospecciones realizadas en los interfluvios que rodean al yacimiento dieron como resultado la localización en superficie de restos cerámicos

de la fase III, lo que sin duda atestigua una temprana presencia humana en el lugar, poblaciones que sin embargo no aprovechan los espacios de habitación del cauce que sí ocupan las gentes de la fase IV.

Por otra parte, existe en el mismo cauce del barranco una pequeña cueva que presenta incluso en verano una intensa humedad provocada por continuas filtraciones de agua, posiblemente más intensas y abundantes antes de la conquista en virtud de la segura existencia de una cubierta vegetal más densa que la actual y, por ende, de unos mayores niveles de humedad edáfica a lo largo de todo el año. Por tal razonamiento, en la primera campaña de excavaciones (julio de 1994) se desestimó este espacio para sondeo, pues era difícil concebir una ocupación siquiera estacional del mismo. No obstante, en la segunda campaña (diciembre de 1994) se documentó en torno a la boca de la cueva y a una profundidad de unos 50 cm. un estrato arqueológicamente fértil con cerámicas de la fase IV.

Estas discrepancias en los criterios a la hora de elegir la ubicación de las cuevas de habitación entre las poblaciones de la fase III y las de la fase IV, permiten apuntar que a lo largo de esta última etapa del poblamiento prehispánico de la Isla, espacios inhabitables o al menos incómodos para habitar por su humedad permitieron su ocupación. En suma, se plantea claramente la posibilidad de la existencia de un período de desecación climática a partir de los momentos finales de la fase cerámica III, en torno al siglo X de la era.

Otro datos en apoyo de la existencia de cambios en las estrategias de ocupación del territorio debidos a tal circunstancia emanan de los inventarios arqueológicos realizados en la Isla por J. Pais Pais, en especial el relativo al Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (PAIS, 1988, 1993, 1995, 1996a, 1996b ; PAIS y ACOSTA, 1987). Se pone de manifiesto la presencia de numerosos paraderos pastoriles en las cumbres

más elevadas, la inmensa mayoría de los cuales presentan exclusivamente materiales cerámicos de la fase IV. Similar fenómeno es detectable en la ocupación humana prehispánica de la comarca del Valle de Aridane. La hipótesis que aquí se propone para explicar este fenómeno es la necesidad de ampliación de las áreas de captación de recursos pastoriles -especialmente en altura- ante la escasez y rápido agostamiento de los pastos de costa que implicaría una pluviometría más rigurosa que la de etapas anteriores.

Pero no sólo lo que parece ser la modificación de ciertos patrones de ocupación del territorio y explotación de sus recursos inducen a plantear la concurrencia de una modificación climática hacia condiciones de mayor aridez en la franja cronológica propuesta. Algunos resultados de la reciente investigación arqueológica en La Palma dejan constancia de otros cambios interpretables como respuestas adaptativas a una nuevas reglas del medio físico.

En primer lugar, las ya citadas excavaciones en la Cueva de El Tendal permitieron matizar los datos que refieren las fuentes etnohistóricas en relación a la inexistencia de prácticas agrícolas en la isla en el momento de la conquista, en plena fase cerámica IV. El hallazgo de semillas carbonizadas de trigo y cebada, entre otras especies vegetales cultivadas, en estratos correspondientes a la fase III, sirvió para demostrar de manera inequívoca la existencia de dichas prácticas, pero también introdujo una nueva incógnita en torno a las posibles causas que provocaron el abandono de la agricultura en la etapa siguiente.

En segundo lugar, el registro arqueológico tanto del yacimiento de El Tendal como el de El Rincón (El Paso) (RODRÍGUEZ y PAIS, 1990) señalan en la fase III, por un lado, la presencia de prácticas alimenticias que en etapas anteriores se habrían mantenido como marginales y, por otro, una fuerte presencia de hábitos económicos predadores. Así lo atestiguan, respectiva-

mente, los hallazgos de huesos de perro y gato junto a otros desperdicios claramente derivados del consumo humano y la abundancia y, lo que es más significativo, reducida talla de caparazones de moluscos marinos como derivación de una posible sobrexplotación de tal recurso.

Finalmente, es posible insertar en este marco interpretativo las analogías temáticas existentes entre los motivos decorativos que presentan las cerámicas de la subfase III d y los grabados rupestres de La Palma. Resulta difícil de aceptar que la indiscutible presencia de tales analogías esté señalando el comienzo de la práctica de grabar, tal y como apunta M. S. Hernández Pérez (HERNÁNDEZ, 1977), en un período de la cultura auarita comparativamente tan tardío. No obstante, es posible plantear al final de la fase III un refuerzo de lo simbólico a través de los objetos de uso cotidiana-

no, como vía de conculcar la tan necesaria renovación y continuidad de los ciclos naturales que aseguran la supervivencia en un momento en el que ésta se encuentra en crisis.

En definitiva, la visión diacrónica que se tiene de la prehistoria de la Isla de La Palma ha permitido detectar, entre los siglos X y XV d. C., el conjunto de cambios de comportamiento hasta ahora expuestos por parte de la población prehistórica, que bien podrían responder a una degradación de las condiciones climáticas hacia una mayor aridez. Por tanto, la vía de la reconstrucción dendroclimática se perfila como la más adecuada para establecer cuáles fueron las condiciones climáticas en el período propuesto y contrastar tanto esta como cualquier otra hipótesis de trabajo relacionada con la evolución de los sistemas culturales prehistóricos de Canarias.

NOTAS

1 Complementando la información a aportar al respecto por otras vías de investigación ya planteadas como la palinología, la antracología o la paleocarpología, esta última recientemente malograda por el triste fallecimiento de Vicente López Morillas.

2. El lector interesado encontrará en la obra de referencia clásica en esta disciplina una perfecta síntesis metodológica. Se trata de **FRITTS, Harold** (1976): *Tree-rings and climate*. Academic Press, Londres.

BIBLIOGRAFÍA

- BANNISTER, B. y ROBINSON, W. (1985): "Tree-ring dating in archaeology". *World Archaeology*, vol 7, nº 2: pp. 210-225.
- CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. (1951): *Vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales*. Dir. Gral. de Montes, Caza y Pesca Fluvial del Ministerio de Agricultura.
- CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. (1976): *Op. cit.* Reedicción actualizada por el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife.
- CUSCOY, L. (1970): "La Covacha del Roque de La Campana (Isla de La Palma)". En *Homenaje a Elías Serra Rafols*, t. II. Santa Cruz de Tenerife: pp. 151-164.
- DEAN, J. (1996): "Dendrochronology and the study of human behavior". En DEAN, J.; MEKO, D. y SWETNAM, T. (Eds.): *Tree Rings, Environment and Humanity*: pp. 461-469.
- FRITTS, H. (1976): *Tree-rings and climate*. Academic Press, Londres.
- GÉNOVA, M^a del M. (1994): *Dendroecología de Pinus nigra Arnold, subsp. Salzmannii (Dunal) Franco y Pinus sylvestris L. en el Sistema Central y en la Serranía de Cuenca (España)*. Tesis Doctoral inédita defendida en el Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Madrid.
- HERNÁNDEZ, M. S. (1977): *La Palma Prehispánica*. Las Palmas de Gran Canaria.
- MARTÍN, E. (1984): "Actividades arqueológicas en la Isla de La Palma". Tabona, V. La Laguna: pp. 467-470.
- MARTÍN, E. (1993): "Adaptación y adaptabilidad de las poblaciones prehispánicas canarias". *Vegueta*, 0. Anuario del Departamento de Ciencias Históricas de la U.L.P.G.C. Las Palmas de Gran Canaria: pp. 9-20.
- MARTÍN, E. (1995): "El conjunto rupestre de La Zarza y La Zarcita (Garafía, La Palma). Recientes Aportaciones". El Museo Canario, L. Las Palmas de Gran Canaria: pp. 95-111.
- MARTÍN, E. y NAVARRO, J. F. (1984): "El Barranco de San Juan y el arte rupestre palmero: un doble proyecto de investigaciones arqueológicas en la Isla de La Palma". El Museo Canario, XLV. Las Palmas de Gran Canaria: pp. 20-34.
- NAVARRO, J.F. (1984): "Excavaciones arqueológicas en la Cueva de San Juan (San Andrés y Sauces, Isla de La Palma). Campaña de 1983". Tabona, V. La Laguna: pp. 471-473.
- NAVARRO, J.F. y MARTÍN, E. (1983): "Cuevas de San Juan (Los Sauces, Isla de La Palma). Campaña de excavaciones arqueológicas de 1981. Informe provisional". Tabona, IV. La Laguna: pp. 315-317.
- NAVARRO, J.F. y MARTÍN, E. (1988): "Investigaciones arqueológicas en Cuevas de San Juan (San Andrés y Sauces, La Palma)". *Investigaciones Arqueológicas en Canarias*, I. Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canaria. Santa Cruz de Tenerife: pp. 85-91.
- NAVARRO, J.F.; MARTÍN, E. y RODRÍGUEZ, A. (1990): "La primera etapa del programa de excavaciones en Cuevas de San Juan y su aportación a la diacronía de la prehistoria de La Palma". *Investigaciones Arqueológicas en Canarias*, II. Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife: pp.186-201.
- PAIS, F.J. (1988): "El estado de conservación de los yacimientos arqueológicos dentro del parque y preparque de la Caldera de Taburiente (Isla de La Palma)". Tabona, VII. La Laguna: pp. 273-290.
- PAIS, F.J. (1993): "La tercera campaña del inventario arqueológico del parque y preparque de la Caldera de Taburiente (Isla de La Palma)". Tabona, VIII, t. 1. La Laguna: pp. 273-290.
- PAIS, F.J. (1995): "Los asentamientos de los benahoritas en la Caldera de Taburiente (Isla de La Palma)". El Museo Canario, L. Las Palmas de Gran Canaria: pp.45-78.
- PAIS, F.J. (1996a): "Los asentamientos pastoriles prehistóricos del reborde montañoso que contornea la Caldera de Taburiente". Tabona, IX. La Laguna: pp. 149-163.
- PAIS, F.J. (1996b): *La economía de producción en la prehistoria de la Isla de La Palma. La Ganadería*. Col. Estudios Prehispánicos, 3. Dirección General de Patrimonio Histórico del Gobierno de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria.
- PAIS, F. J. y ACOSTA, F. (1987): "Inventario arqueológico del parque y preparque de la Caldera de Taburiente (Isla de La Palma). Primera Fase. Tabona, VI. La Laguna: pp. 185-209.
- RAAB, L. y LARSON, D. (1997): "Medieval climatic anomaly and punctuated cultural evolution in coastal southern California". *American Antiquity*, 62 (2): pp. 319-336.
- RODRÍGUEZ, A. y PAIS, F. J. (1990): "Informe so-

bre las primera y segunda campañas de excavaciones arqueológicas en Cuevas del Rincón". Investigaciones Arqueológicas en Canarias, II. Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife : pp. 245-254.

VELASCO, J. y MARTÍN, E. (1996) : "Consideraciones bioantropológicas en torno a los yacimientos de la Zarza (Garafia), La Palmera (Tijarafe) y Los Pedregales (El Paso)". El Museo Canario, LI. Las Palmas de Gran Canaria : pp. 59-85.