

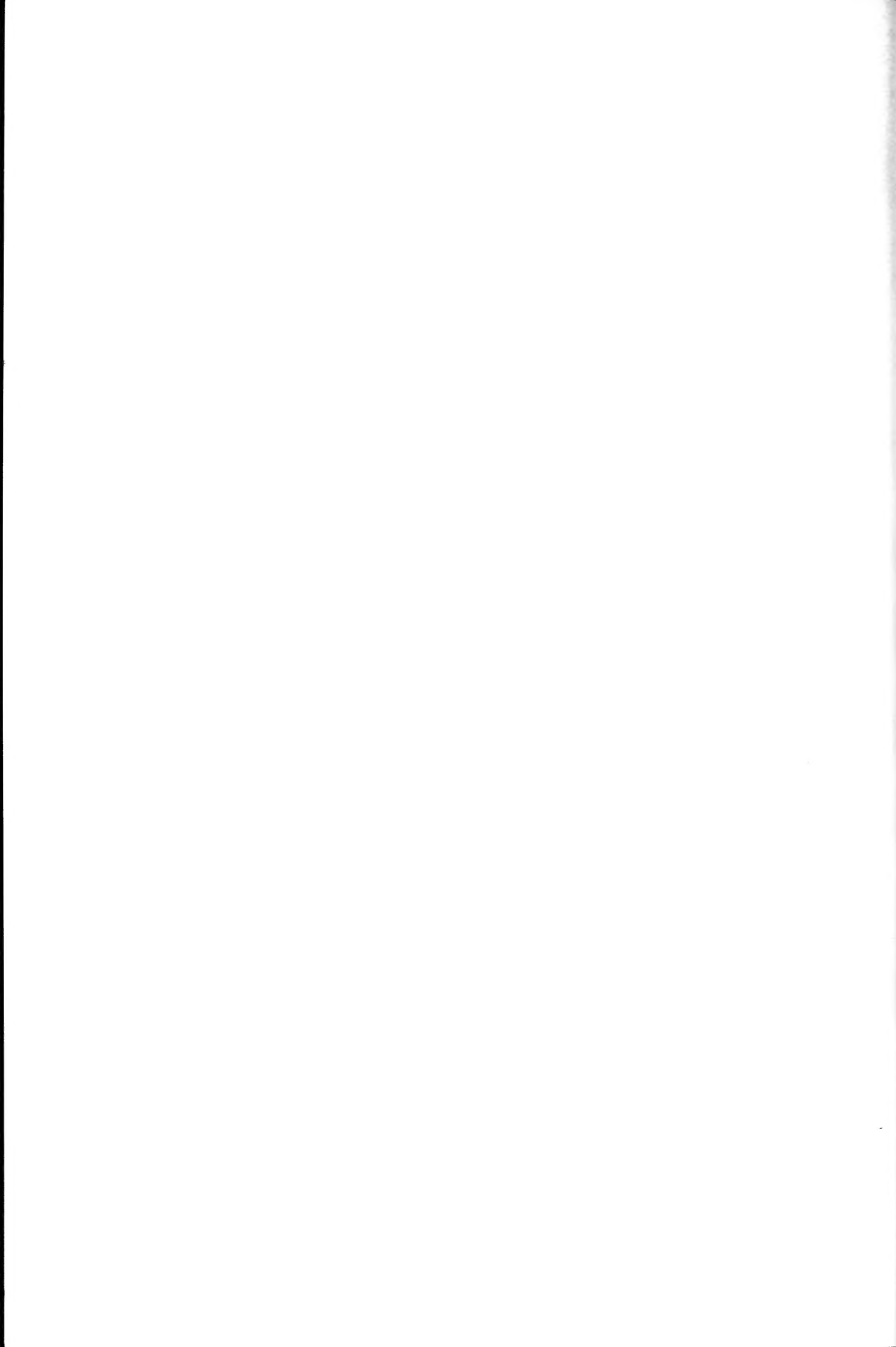
REVISTA DE LA ACADEMIA CANARIA DE CIENCIAS



Folia Canariensis Academiae Scientiarum

Volumen XIX, Núms. 3-4 (2007)







**REVISTA
DE LA ACADEMIA
CANARIA DE CIENCIAS**

**Sección
QUÍMICA**

**Sección
BIOLOGÍA**

Folia Canariensis Academiae Scientiarum

Volumen XIX – Núms. 3-4 (2007)
(Publicado en septiembre de 2008)

REVISTA DE LA ACADEMIA CANARIA DE CIENCIAS
Folia Canariensis Academiae Scientiarum

Director-Editor
Nácere Hayek Calil

Secretario
José Bretón Funes

Comité Editorial
Manuel Vázquez Abeledo
Alfredo Mederos Pérez
José Manuel Méndez Pérez
Juan José Bacallado Aránega

Publica: **Academia Canaria de Ciencias,**
con la colaboración de
Gobierno Autónomo de Canarias,
Cabildo Insular de Tenerife y
CajaCanarias

ISSN: 1130-4723 Depósito Legal: S-212/1990

Impresión
Nueva Gráfica, S.A.L.
Camino Los Pescadores, 17 - Nave 3
Las Torres de Taco
38108 La Laguna - Tenerife
Tels.: 922 626 405 - Fax 922 626 729
E-mail: nuevagrafica@nuevagrafica.e.telefonica.net

PRESENTACIÓN

El presente volumen XIX correspondiente al año 2007 está compuesto de dos fascículos distribuidos del siguiente modo: El primero, numerado 1-2 (MATEMÁTICAS Y FÍSICA), y el otro numerado 3-4 (QUÍMICA Y BIOLOGÍA).

El primer fascículo 1-2 recoge siete artículos de investigación pertenecientes a diversas disciplinas del área de MATEMÁTICAS. En el mismo se incluye además en el apartado de HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA un artículo sobre *Imre Lakatos: matemático y filósofo*, así como en el de DIVULGACIÓN CIENTÍFICA otros dos, uno sobre *El teorema matemático. Reflexiones sobre la historia y la naturaleza de la demostración*, y otro acerca de *Una nueva prueba de la unicidad de las soluciones de cierta ecuación diofántica asociada al número natural 16*.

El fascículo 3-4 (QUÍMICA y BIOLOGÍA) se compone de 10 artículos en la sección de Biología.

Ambos fascículos incluyen también el texto de la Conferencia Inaugural del Curso 2007-2008, a cargo del Excmo. Sr. Dr. D. Manuel López Pellicer bajo el título *Tres insignes ilustrados: Bethencourt, Euler y Jorge Juan*, pronunciada el 21 de enero de 2008 en el Salón de Grados de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de La Laguna.

El texto VIDA ACADÉMICA que contiene las principales actividades del periodo académico del año 2007, figura en los dos fascículos que constituyen este volumen XIX.

Como es usual, al final de cada uno de los dos fascículos del volumen, se añaden las NORMAS con las oportunas instrucciones para los autores, en cuanto a la presentación y envío de artículos.

A los científicos interesados en difundir a un amplio campo de lectores, trabajos sobre temas fundamentales, de resonancia o de interés, así como también los conexiones con los recientes avances en las áreas de MATEMÁTICAS, FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA, se les anima a que puedan publicarlos en la Sección especial de DIVULGACIÓN CIENTÍFICA de nuestra Revista o bien en la de HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA.

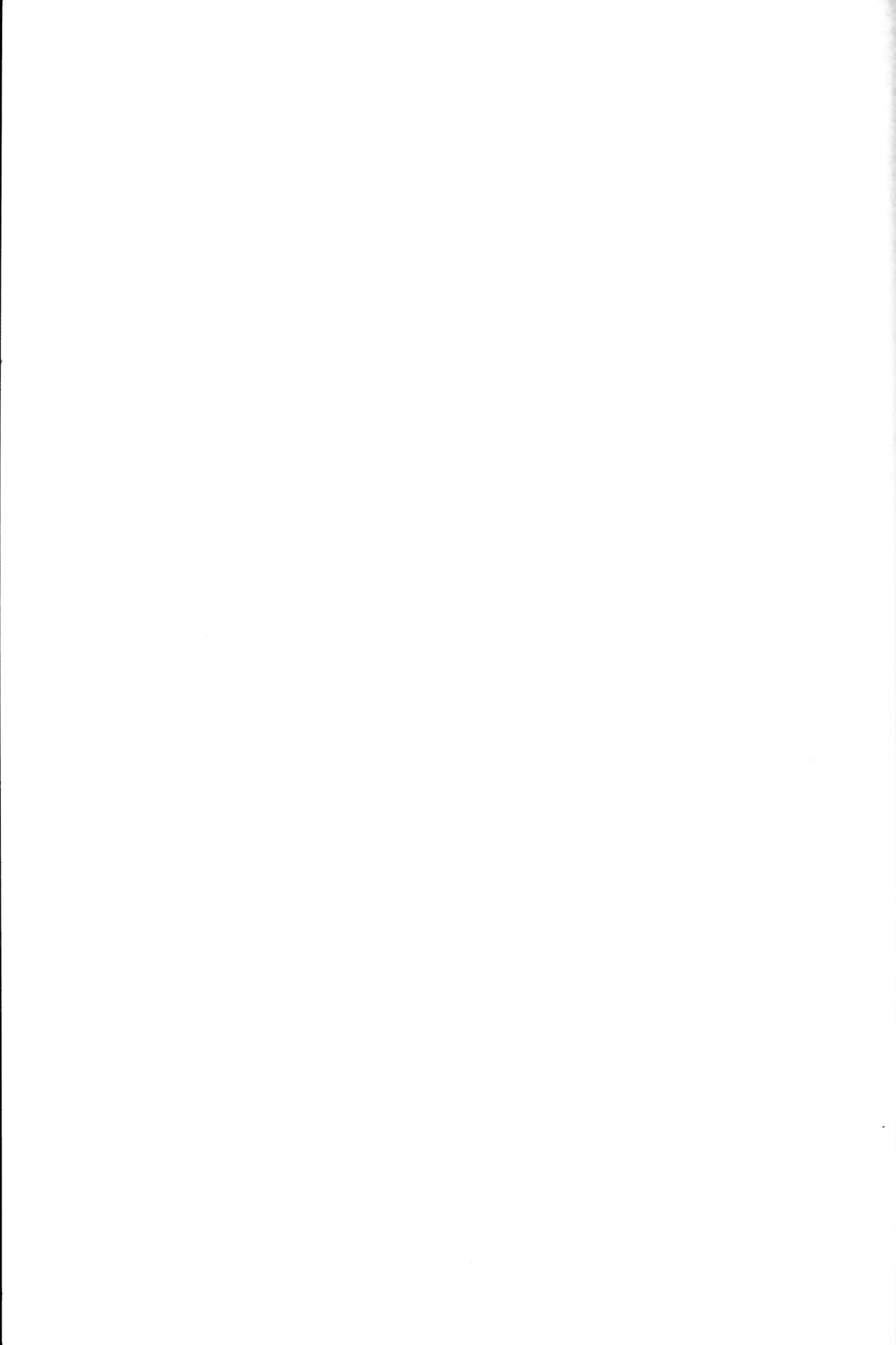
Por último y como siempre, queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a los autores que nos han enviado sus trabajos, al equipo de referees que ha coadyuvado con

el Comité Editorial a la selección de los mismos y a las Corporaciones e Instituciones que han hecho posible la publicación de esta Revista, y muy en especial, al CABILDO INSULAR DE TENERIFE, CAJA GENERAL DE AHORROS DE CANARIAS Y GOBIERNO AUTÓNOMO CANARIO.

El Director
Nácere Hayek

SECCIÓN

BIOLOGÍA



REGULACIÓN AGUDA DE LA MUSCULATURA LISA INTESTINAL DE ILEÓN Y COLON DE RATÓN POR POLIAMINAS

M. C. González-Montelongo^{1,3,*}, C. M. Ramírez², J. Marrero-Alonso^{1,3}, R. Marín^{2,3},
N. Fabelo^{1,3}, V. Martín^{1,3}, T. Gómez^{1,3} & M. Díaz^{1,3}

¹ Departamento de Biología Animal, Facultad de Biología

² Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina

³ Instituto de Tecnologías Biomédicas (ITB)

Universidad de La Laguna. Tenerife, Islas Canarias

* mcmontel@ull.es

RESUMEN

Las poliaminas son policaciones alifáticos esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de las células, estando también implicadas en multitud de mecanismos celulares en estados patológicos. Nuestros resultados demuestran que, tanto las poliaminas naturales como la poliamina sintética α -difluorometilornitina (DFMO), provocan la relajación de la actividad contráctil de la musculatura lisa longitudinal de ileon y colon de ratón. El efecto relajante de estas sustancias ocurre de manera rápida, reversible y dependiente de la dosis. Todas nuestras evidencias indican que este efecto inhibitor es eminentemente extracelular, y tiene su origen en interacciones producidas sobre la membrana plasmática de las células musculares. Mediante análisis farmacológicos, hemos podido concluir que el efecto relajante de las poliaminas sobre el músculo ileal y colónico se debe, por un lado, al bloqueo de los canales de Ca^{2+} tipo L, y por otro, a una modulación positiva de las conductancias a través de canales de K^{+} . Finalmente, hemos encontrado que el número de cargas positivas de las poliaminas naturales guarda una clara relación estructura-función con su potencia inhibitora.

Palabras clave: poliaminas, α -difluorometilornitina (DFMO), canales de Ca^{2+} tipo L, canales de K^{+} , actividad peristáltica intestinal.

ABSTRACT

Polyamines are aliphatic polications that are essential for the normal growth and development of cells, being also involved in many cellular mechanisms responsible for different pathological states. Our results show that both, natural and synthetic polyamines provoke a dramatic inhibitory effect on mouse ileal and colonic contractile activity. The relaxing effect of these compounds occurs rapidly upon exposure to the intestinal muscle, and takes place in a reversible and dose-dependent manner. Overall, our evidences point to an extracellular effect triggered by interactions with targets at the plasma membrane of smooth muscle cells. By means of pharmacological tools, we have concluded that the relaxing effect

of polyamines are due to both, a blocking effect on L-type Ca^{2+} channels, and also a positive modulation of K^{+} conductances at the plasma membrane of intestinal muscle cells. Finally, our analyses have shown a structure-activity relationship between the number of positive charges in the polyamine molecule and its inhibitory potency.

Keywords: polyamines, α -difluoromethylornithine (DFMO), L-type Ca^{2+} channels, K^{+} channels, intestinal peristaltic activity.

INTRODUCCIÓN

Las poliaminas naturales, putrescina (Put), espermidina (Spd) y espermina (Spm), son un grupo de policationes alifáticos (con 2, 3 y 4 cargas positivas a pH fisiológico) que se encuentran distribuidas ubicuamente tanto en células procariotas como eucariotas (PEGG [20]) y, dentro de estas últimas, en la gran mayoría de tejidos animales y vegetales (PEGG & MCCANN [21]). Si bien es cierto que hay muchas funciones biológicas de las poliaminas que no se han conseguido dilucidar, es mucho lo que se conoce acerca de su biología (HEBY [9]). Se han realizado multitud de investigaciones sobre su biosíntesis y degradación, y acerca de las propiedades moleculares de alguna de las enzimas que intervienen en estos procesos. Como se muestra en la Figura 1, el precursor para la biosíntesis de poliaminas en células animales es la L-ornitina, un intermediario del ciclo de la urea, derivado del aminoácido arginina, que es convertida a putrescina por la enzima ornitina descarboxilasa (ODC; EC 4.1.1.17), la primera enzima limitante en la síntesis de las poliaminas. La espermidina y la espermina son producidas posteriormente en dos reacciones consecutivas catalizadas por la enzima espermidina sintasa (SRM; EC 2.5.1.16) y espermina sintasa (SMS; EC 2.5.1.22), respectivamente (PEGG & MCCANN [21]; SEILERN & DEZEURE [25]). En cada uno de estos pasos se incorpora un grupo aminopropílico (APG), proveniente de la S-adenosilmetionina descarboxilada (SAMdc), reacción catalizada por la S-adenosilmetionina descarboxilasa (SAMDC; EC 4.1.1.50), generándose 5'-metiltioadenosina (MTA). Si bien las reacciones llevadas a cabo por las enzimas espermidina y espermina sintasa son irreversibles, la espermina puede ser convertida a espermidina, y ésta a putrescina por la acción de dos enzimas, la espermina/espermidina N¹-acetiltransferasa (SSAT) y la poliamina oxidasa dependiente de FAD (PAO; EC 1.5.3.11) (SEILER *et al.*, [24]). La concentración de poliaminas en células animales está finamente regulada, principalmente por alteraciones en la actividad de la ODC, SAMDC y SSAT, ya que la acumulación de las poliaminas es citotóxica.

Los mecanismos por los cuales las poliaminas afectan al crecimiento celular y la proliferación no se han identificado. Se han encontrado concentraciones altas (mM) de poliaminas (mM) en tejidos con una tasa de renovación celular elevada, pero también en tejidos quiescentes (músculo o tejido neural) lo que sugiere que las poliaminas son importantes también para otros procesos que no implican crecimiento. Se ha observado que las poliaminas, en general, debido a su naturaleza policatiónica, son moléculas que potencialmente pueden interactuar con una gran variedad de dianas celulares. Uno de los primeros eventos descritos en el campo de las poliaminas son los efectos rápidos, entre los que habría que destacar la interacción con diversos canales iónicos (FICKER *et al.*, [4]; LOPATIN *et al.*, [12]) y otros receptores de membrana, afectando a la excitabilidad membranaria y los sistemas de segundos mensajeros (SCHUBER [22]). La naturaleza catiónica de estas sustancias las hacen compartir características comunes con determinados cationes inorgánicos como el

Mg²⁺ y el Ca²⁺, aunque, se dan diferencias fundamentales con estos cationes ya que las cargas positivas en las poliaminas se encuentran distribuidas a lo largo de la cadena alifática (SCHUBER [22]; WEIGER *et al.*, [31]).

En el músculo liso uterino, las poliaminas inhiben la actividad contráctil y eléctrica (MARUTA *et al.*, [14]), y en el músculo liso intestinal se ha demostrado que el efecto relajante de las poliaminas está asociado con el descenso de la cantidad de Ca²⁺ libre intracelular (NILSSON & HELLSTRAND [18]; SEILER *et al.*, [24]). También se sabe que las poliaminas pueden interactuar con los mecanismos liberadores de Ca²⁺ intracelular en músculo liso y estriado (PALADE [19]; SWÄRD *et al.*, [27]). Además de estos mecanismos de acción, las poliaminas son capaces de incrementar la sensibilidad al Ca²⁺ en la contracción del músculo liso permeabilizado por un mecanismo que implica una mayor fosforilación de la cadena ligera de la miosina, como resultado de un efecto inhibitorio sobre la actividad miosina fosfatasa. Con respecto a esto, algunos estudios demuestran que las poliaminas inducen la sensibilización de los sistemas contráctiles al Ca²⁺ (GONZALEZ-MONTELONGO *et al.*, [8]; SWÄRD *et al.*, [27]; SWÄRD *et al.*, [28]), promoviendo un incremento del nivel de fosforilación de la cadena ligera en tejidos intactos y permeabilizados, sugiriendo que cuando los niveles de poliaminas fluctúan también se ven afectadas las propiedades del aparato contráctil muscular.

Varios estudios han demostrado que las poliaminas y sus derivados tóxicos tienen efectos sobre las corrientes de Ca²⁺ activadas por voltaje en neuronas (SCOTT *et al.*, [23]). Los mecanismos por los cuales las poliaminas interactúan con los canales de Ca²⁺ no están claros, pero se sugiere la unión directa al canal o a los sitios de regulación de éste (SCOTT *et al.*, [23]). La espermina en particular (una tetra-amina), está implicada en el bloqueo y la modulación de ciertos canales iónicos (SCOTT *et al.*, [23]; WILLIAMS [32]). La manera en la que la espermina promueve la relajación del tejido muscular liso ileal de cerdo es consecuencia del bloqueo de los canales de Ca²⁺ sensibles a voltaje, tanto desde el lado externo como del lado interno de la membrana plasmática (GOMEZ & HELLSTRAND [6]). Debido a que son moléculas largas y flexibles, pueden interactuar con el poro de un canal, entrar a su través, interactuar con zonas muy amplias de la proteína, y de esta forma modificar una región membranaria considerable. Sin embargo, otros autores han propuesto que el grado de hidratación de la molécula, más que su flexibilidad, sea el parámetro esencial que las convierte en bloqueantes de canales iónicos (WEIGER *et al.*, [31]). Así, la aplicación extracelular de espermina, la más flexible de las tres poliaminas, probablemente debido a la presencia de dos átomos de nitrógeno en medio de la molécula (ver figura 1), inhibe de forma reversible y dependiente de la dosis (la concentración causante del 50% de inhibición [IC₅₀] es de 1 mM) la actividad mecánica y eléctrica espontánea del músculo liso de colon de cerdo (WEIGER *et al.*, [31]), así como de la vena portal de rata en el rango milimolar (GOMEZ & HELLSTRAND [6]; NILSSON *et al.*, [17]).

El objetivo principal de este trabajo es dilucidar cuál es la naturaleza de la interacción que tienen las distintas poliaminas en la membrana plasmática del músculo liso intestinal (ileon y colon) de ratón. Nuestros resultados muestran que el efecto de la aplicación extracelular de las distintas poliaminas (en el rango mM), al igual que el inhibidor de la principal enzima biosintética implicada en la ruta (DFMO), es inhibitorio, rápido y reversible, sugiriendo que estas moléculas no necesitan entrar en el interior celular para bloquear la actividad de los canales iónicos y/o receptores de membrana involucrados en el acoplamiento excitación-contracción. Por lo tanto, los efectos de las poliaminas sobre la contracción del músculo liso intestinal son complejos y necesitan ser caracterizados tanto a nivel

de los eventos membrenarios como de las vías reguladoras intracelulares. Ya que las vías reguladoras intracelulares y de segundos mensajeros han sido parcialmente estudiadas por nuestro grupo (GONZALEZ-MONTELONGO *et al.*, [8]), en este trabajo se han abordado las interacciones que se desencadenan a nivel de la membrana plasmática sobre la musculatura lisa intestinal no permeabilizada de ileon y colon de ratón.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Animales utilizados

Como modelo de estudio se usaron ratones machos Swiss (CD1), con pesos que oscilaron en torno a los 30 g. Los animales se adquirieron del Servicio Estabulario de la Universidad de La Laguna. Los animales tuvieron acceso a comida y bebida *ad libitum* hasta el momento del experimento, cumpliendo en todo momento, con los requerimientos del Comité de Ética de la Universidad de La Laguna para el uso y el cuidado de los animales.

2.2. Preparación de los tejidos y soluciones

Los animales se anestesiaron con éter dietílico y se sometieron a una intervención quirúrgica con el fin de acceder hasta el tejido intestinal. Posteriormente se procedió a su sacrificio. Una vez identificados los distintos tramos intestinales usados en este estudio (ileon y colon), se extirparon longitudes máximas de 1.5 cm. A continuación se procedió a colocar los tejidos en solución salina fisiológica (PSS) fría cuya composición era: 126 mM NaCl, 4.5 mM KCl, 1 mM MgSO₄, 2 mM CaCl₂, 1.44 mM Na₂PO₄, 0.56 mM NaPO₄ y 15 mM glucosa a pH 7.4. La solución PSS carente de calcio contenía la misma composición que la solución salina fisiológica pero en ausencia de CaCl₂ y suplementada con 25 µM de EGTA.

2.3. Procedimiento experimental

Con el fin de reproducir la actividad normal característica de estos tejidos, los diferentes tramos intestinales se transfirieron a baños de órganos en presencia de una solución salina libre de Ca²⁺ y a 37 °C en continuo burbujeo, y se les impuso una misma tensión basal de 0.5 g. La solución de incubación se reemplazaba cada 15 minutos, hasta que fue evidente la actividad peristáltica característica de cada tramo intestinal.

Tras el periodo de estabilización, los tejidos se sometieron a un pulso de 50 mM de KCl con el fin de alcanzar un máximo de contracción específica para cada tejido. Este máximo de contracción se determinó antes de comenzar cada experimento, con el fin de calcular el rango contráctil dinámico de cada tramo intestinal. Con posterioridad los tejidos eran lavados con PSS (al menos tres veces) antes de la aplicación de cada tratamiento.

2.4. Sistema de registro

El estudio sobre la actividad contráctil intestinal se realizó mediante el registro de la tensión isométrica desarrollada por la musculatura lisa longitudinal.

La fuerza contráctil desarrollada por cada tramo intestinal se determinó mediante un transductor de fuerza isométrico (TRI110, Letica, España), y la señal de voltaje generada se

digitalizó a una frecuencia de muestreo de 20 Hz, usando una tarjeta de adquisición A D (LabPC+, National Instruments, Austin, TX), para ser almacenados posteriormente en el ordenador, gracias a un programa de análisis y adquisición de datos (PHYSCAN) desarrollado en nuestro laboratorio por uno de los autores (MD). Los datos fueron filtrados a un paso bajo de 5 Hz y analizados usando una serie de rutinas incluidas en el software de adquisición. Se usó de forma rutinaria el 20% del rango de actividad (20% RA) como referencia en los distintos registros mostrados a lo largo del estudio.

2.5. Contractilidad intestinal dependiente de Ca^{2+}

En estos experimentos, los tejidos fueron primeramente incubados con PSS en ausencia de Ca^{2+} , durante al menos 4 min. Cuando la señal alcanzó el estado estacionario se añadieron volúmenes pequeños de $CaCl_2$ (1 M) a la solución del baño a la concentración de calcio deseada, mientras se registraba continuamente la tensión isométrica que desarrollaba el tejido. Con el fin de obtener las curvas dosis-respuesta para el calcio en estos tejidos, se registraron las amplitudes máximas y mínimas de las contracciones a medida que se añadían concentraciones crecientes de $CaCl_2$.

2.6. Efectos de las poliaminas y el DFMO sobre la actividad contráctil

El estudio sobre la actividad espontánea se realizó en condiciones de registro continuo para los distintos tramos intestinales incubados en PSS. Tras el correspondiente periodo de estabilización, se registró la actividad espontánea durante 10 min. Estos datos de actividad fueron utilizados como control para la comparación con las actividades registradas tras la exposición a las diferentes drogas. Las distintas poliaminas (putrescina, espermidina o espermina), o el DFMO, disueltos en H_2O bidestilada, se añadieron directamente a la solución del baño mientras se registraba la actividad contráctil.

Las drogas permanecieron en la solución que bañaba el tejido durante todo el experimento. No obstante, debido al rápido efecto que promueven estas sustancias sobre la musculatura lisa intestinal, siempre fueron exposiciones cortas (pocos minutos). Cuando fue necesario estudiar la reversibilidad del efecto, se procedió al lavado con PSS (al menos 3 veces) de la solución del baño. Con el fin de registrar la actividad contráctil peristáltica típica de los distintos tramos intestinales se recuperó el tejido durante un periodo de, al menos, 10 min.

En algunos experimentos, los efectos del KCl y BAY K8644 sobre tejidos relajados con poliaminas se emplearon sobre la actividad contráctil con la adición de pequeños volúmenes de la solución stock directamente a la solución del baño.

2.7. Análisis matemático y estadístico

Las diferencias entre las medias muestrales se analizaron por análisis de varianza de una vía, ANOVA seguido del test *post hoc* de Tukey (se usó Kruskal-Wallis seguido del test *post hoc* de Games-Howell cuando fue necesario) o el test de la *t* de Student-Newman-Keuls. Los valores con $p < 0.05$ fueron considerados significativamente distintos. Los resultados están expresados como medias \pm S.E.M. Las curvas dosis-respuesta se ajustaron a una ecuación logística usando una herramienta de análisis de regresión lineal implementada en el software SigmaPlot (Jandel Scientific, San Rafael, CA).

2.8. Drogas

Las distintas poliaminas (putrescina, espermidina y espermina), el BAY K8644 y el EGTA se adquirieron en Biosigma (España). El DFMO se obtuvo de Bachem (Cymit Química, España). Las distintas poliaminas y el DFMO fueron disueltos en H₂O bidestilada, y guardadas como soluciones madre a -20 °C hasta su uso. El BAY K8644 fue disuelto en dimetil sulfóxido (DMSO) y almacenado como solución madre a -20 °C hasta su uso posterior. La concentración del solvente en el baño nunca excedió el 0.1%.

3. RESULTADOS

3.1. Actividad espontánea y contracciones inducidas por CaCl₂ en ileon y colon.

Los músculos lisos de ileon y colon presentaron tanto la actividad peristáltica espontánea como el tono basal característico de cada tramo intestinal. Además, ambas propiedades fueron enteramente dependientes de la presencia de calcio en el medio extracelular. Así, la ausencia de calcio en la solución suprimió la actividad contráctil característica y redujo el tono basal medio, causando una relajación de la musculatura lisa intestinal (Fig. 2A-B, ileon y colon, respectivamente). La actividad espontánea no se vio afectada por la adición de volúmenes máximos del vehículo DMSO (Fig. 2C-D, ileon y colon, respectivamente) o H₂O bidestilada (datos no mostrados). La adición acumulativa de Ca²⁺ a la solución del baño dio como resultado un incremento gradual de la actividad peristáltica espontánea, así como el aumento progresivo del tono basal de los tejidos (Fig. 2E-F, ileon y colon, respectivamente). Los cálculos realizados, ajustados a una función logística no-lineal, mostraron que la EC₅₀ (concentración necesaria para desarrollar la mitad de la respuesta contráctil) fue de 1.81 mM de CaCl₂ para ileon y de 1.86 mM de CaCl₂ para colon (Fig. 2E-F, ileon y colon, respectivamente; paneles inferiores).

3.2. Efectos de las poliaminas y DFMO sobre la actividad contráctil

Con el fin de explorar los efectos de las distintas poliaminas y del inhibidor competitivo de la ruta, la a-difluorometilornitina (DFMO), sobre el peristaltismo espontáneo del tejido intestinal, se procedió a la exposición de estas sustancias sobre tramos intestinales de ileon y colon. Las tres poliaminas empleadas, putrescina, espermidina y espermina, características de células animales de mamíferos, inhibieron la actividad peristáltica de ileon y colon (Fig. 3A, ileon; Fig. 3D, colon). Asimismo, el inhibidor específico de la principal enzima de la ruta de las poliaminas (ODC), el DFMO, fue capaz de inhibir también la actividad peristáltica en un 92% y 94% para ileon y colon, respectivamente (Fig. 3B, ileon; Fig. 3E, colon). El DFMO se usó a la misma concentración (5 mM) usada comúnmente para inhibir irreversiblemente la ODC tanto en extractos celulares como citosólicos (BORDALLO *et al.*, [2]; KOENIG *et al.*, [10]). Las medidas del tono basal en respuesta a las incubaciones realizadas con las tres poliaminas y el DFMO revelaron una reducción significativa que varió entre el 80% y el 92% comparada con los controles en el caso del ileon (Fig. 3C), y entre el 86% y el 98% en el caso del colon (Fig. 3F). El efecto inhibitorio observado fue rápido (~ 10-30 segundos) tras la exposición tisular a las distintas sustancias en el rango milimolar. Las concentraciones estudiadas variaron dependiendo de la naturaleza policatió-

nica de la poliamina. Por ejemplo, para el caso de la tetramina espermina (1 mM) se alcanzaron efectos inhibitorios del 87% para ileon y del 98% para colon, observando una clara inhibición para concentraciones en el rango micromolar (500 mM) (datos no mostrados). Asimismo, para la triamina espermidina la concentración necesaria para inhibir la actividad contráctil del colon en un 86% fue de 1 mM en la solución del baño, mientras que para el caso del ileon fue necesario incrementar la concentración a 3 mM con el fin de obtener una reducción del 80%. Para la diamina putrescina se usaron concentraciones finales de 10 mM con el fin de obtener reducciones del tono basal medio y de la actividad contráctil en un 90% y 94% para ileon y colon, respectivamente.

3.3. Reversibilidad del efecto de las poliaminas y el DFMO

Como se ha mostrado, las distintas poliaminas y el inhibidor DFMO fueron capaces de inhibir la actividad peristáltica espontánea tanto en ileon como en colon de ratón (panel central de la Fig. 4A-D). Se observó que tras el lavado de estas sustancias con PSS (mínimo tres veces) y un periodo adicional de recuperación de unos 10 min., los distintos tramos intestinales recuperaron una actividad peristáltica espontánea similar a los periodos control (paneles derechos de la Fig. 4A-D). Como se puede observar para la diamina putrescina (10 mM) la eliminación de la poliamina (Fig. 4A, ileon; Fig. 4C, colon) permitió recuperar la actividad contráctil sin que se observasen diferencias sustanciales ni en el peristaltismo ni en el tono basal medio del tejido. Resultados similares se obtuvieron para el resto de poliaminas, espermidina (3 mM) y espermina (1 mM) en ambos tejidos (datos no mostrados). De la misma manera el DFMO inhibió la actividad peristáltica intestinal y disminuyó el tono basal medio de ambos tejidos. Los lavados con PSS y la eliminación del inhibidor de la solución hizo, por una parte, reaparecer la actividad peristáltica espontánea (Fig. 4B, ileon; Fig. 4D, colon) y, por otra parte, recuperar el tono basal medio en ambos tejidos. Si bien es cierto que en el caso del ileon tanto la actividad peristáltica tras el lavado (previa exposición a DFMO) como del tono basal medio recuperado por el tejido fue ligeramente inferior a la de sus controles, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al respecto. Por todo ello, tanto las poliaminas como el DFMO demostraron tener efectos reversibles sobre el efecto relajante producido en ileon y colon de ratón.

3.4. Efectos del KCl y BAY K8644 sobre los tejidos relajados con putrescina y DFMO

Con el fin de dilucidar el grado de interacción que mantienen las poliaminas y el DFMO con la célula muscular lisa aplicadas extracelularmente e indagar en el mecanismo subyacente a la acción relajante sobre el músculo liso de ileon y colon, se realizaron una serie de experimentos con varios agentes químicos de acción conocida sobre diversas conductancias iónicas. Varios estudios han demostrado que las poliaminas tienen la capacidad de alterar la excitabilidad membranaria por modulación directa con determinados canales iónicos, incluyendo los canales de K^+ y de Ca^{2+} (FICKER *et al.*, [4]; GOMEZ & HELLS-TRAND [6]; GOMEZ & HELLSTRAND [7]; SNETKOV *et al.*, [26]; WILLIAMS [32]). Trabajos previos realizados en nuestro laboratorio sobre la musculatura lisa intestinal de ratón (DIAZ *et al.*, [3]; MARRERO-ALONSO *et al.*, [13]) sobre los canales de K^+ , sugieren que estos canales pudieran estar involucrados en el efecto relajante de las poliaminas y del DFMO. Así, un grupo de experimentos se orientaron a estudiar la adición de 50 mM de KCl sobre la musculatura lisa de ileon y colon previamente relajada con la poliamina (10 mM de

putrescina), o con el DFMO (5 mM) (datos no mostrados). Como se observa en la Fig. 5A el ileon relajado con putrescina (10 mM) respondió a la despolarización por KCl (50 mM) con un incremento transitorio de la tensión isométrica. Resultados similares se obtuvieron en preparaciones de colon (datos no mostrados), lo cual indica que los tejidos relajados con poliaminas y DFMO preservan la capacidad de responder a la despolarización por KCl.

Con el objetivo de explorar los posibles efectos sobre los canales de Ca^{2+} , se usó a continuación el agonista de los canales de Ca^{2+} tipo L, BAY K8644, sobre la relajación inducida por las poliaminas sobre la musculatura intestinal. La aplicación de BAY K8644 (1 mM) a tejidos previamente relajados con putrescina promovió un incremento transitorio de la tensión isométrica, seguida de una actividad peristáltica espontánea que fue muy parecida a la de los tramos control para el caso del ileon (datos no mostrados), y menor en los tramos intestinales de colon (Fig. 5B) incluso bajo la presencia continua de la poliamina. Finalmente, nos propusimos estudiar los efectos del BAY K8644 y KCl añadidos secuencialmente, sobre ileon y colon previamente relajados con DFMO (5 mM). La adición del agonista BAY K8644 (1 μM), promovió una respuesta contráctil inmediata sobre la tensión basal de ambos segmentos intestinales y una recuperación parcial de la actividad peristáltica espontánea para los tramos intestinales de colon (Fig. 5C, panel derecho) siendo más evidente en ileon (Fig. 5C, panel izquierdo). La adición consecutiva de 50 mM KCl sobre los tejidos previamente recuperados por BAY K8644 promovió en ambos tejidos el incremento transitorio característico de la tensión isométrica en respuesta a la despolarización por KCl. Resultados similares se obtuvieron con las tres poliaminas en ambos tejidos (datos no mostrados).

4. DISCUSIÓN

Los datos que se presentan en este trabajo demuestran que las tres poliaminas que se encuentran de forma natural en células animales (putrescina, espermidina y espermita), son capaces de inhibir la actividad peristáltica espontánea, así como el tono basal de la musculatura lisa intestinal de ileon y colon de ratón. De igual forma se observó que el inhibidor competitivo de la principal enzima de la ruta biosintética de dichas poliaminas, el *a*-difluorometilornitina (DFMO), ejerce los mismos efectos sobre la musculatura lisa intestinal, lo cual se debe probablemente a la similitud estructural con las poliaminas naturales.

Se observó que la exposición extracelular a las distintas poliaminas y al DFMO sobre la musculatura lisa intestinal intacta promueve efectos relajantes rápidos (<30 s), efectos que son reversibles ya que las actividades contráctiles características de estos tejidos fueron recuperadas tras el lavado de las mismas. La rapidez de estos efectos junto al hecho de que estas sustancias tienen una baja velocidad de transporte a través de la membrana (saturables en el rango micromolar) (SEILERN & DEZEURE [25]), hace suponer que los efectos promovidos por las poliaminas, así como por el DFMO, son ejercidos sobre la membrana plasmática sin la necesidad de que penetren al interior celular.

Numerosos trabajos han demostrado que las poliaminas son causantes del bloqueo de distintos grupos de canales iónicos en la membrana plasmática (SCOTT *et al.*, [23]; WEIGER *et al.*, [31]; WILLIAMS [32]). Sin embargo, en todos ellos siempre se ha implicado a dos de las tres poliaminas -espermina y en menor medida espermidina- que han sido estudiadas en este trabajo. Si bien es cierto que la espermina y la espermidina tienen la capacidad de ejercer los efectos relajantes anteriormente descritos, la diamina putrescina (la primera poliamina que es capaz de biosintetizar una célula animal) también es capaz de pro-

mover efectos inhibitorios equivalentes en el mismo rango de concentraciones (10 mM). Nuestros resultados demuestran que todas las poliaminas son capaces de inhibir la actividad contráctil intestinal observándose la siguiente secuencia en la potencia de la inhibición: espermina > espermidina > putrescina, lo que indica que la eficacia inhibitoria está estrechamente relacionada con el número de cargas positivas distribuidas en la superficie de la molécula conformacionalmente flexible (SCHUBER [22]; WEIGER *et al.*, [31]). Esta relación interesante sugiere que la naturaleza catiónica de estas sustancias es clave en el grado de interacción electrostática que mantienen con los lugares de acción, y es por tanto determinante del efecto inhibitorio.

La ODC (ornitina descarboxilasa), la primera enzima de la ruta biosintética de las poliaminas en células animales, cuenta con un inhibidor competitivo estructuralmente relacionado con las poliaminas, el DFMO (METCALF *et al.*, [16]), que la inhibe irreversiblemente. El DFMO ha sido muy estudiado y usado con diversos fines, desde la investigación básica, hasta el uso simple o combinado en tratamientos contra el cáncer. Dado que los niveles de las poliaminas pueden ser manipulados farmacológicamente y pueden proporcionar información sobre las dianas implicadas en el mecanismo de acción, es concebible pensar que la alteración de los sistemas de poliaminas proporcione información sobre la interacción que puedan llegar a establecer con canales iónicos. De esta manera, demostramos en este estudio que el DFMO no sólo promueve efectos inhibitorios sobre la actividad contráctil del ileon y colon, sino que éstos ocurren a concentraciones (5 mM) usualmente empleadas para inhibir la ODC en extractos celulares y/o citosólicos. El DFMO es capaz de mimetizar el efecto relajante en el mismo rango de concentraciones y en el mismo intervalo de tiempo que las tres poliaminas ensayadas, siendo el efecto totalmente revertido tras el lavado (Fig. 4).

Se sabe que el origen y la propagación de la excitación del músculo liso gastrointestinal es consecuencia de la actividad eléctrica rítmica, causante de la contractilidad del músculo liso intestinal de forma sincrónica (SZURSZEWSKI [29]). Las fases de despolarización-repolarización de las ondas lentas de la musculatura lisa intestinal reflejan un balance entre la actividad dependiente de voltaje de los canales de Ca^{2+} (VSCC) y los canales de K^+ activados por Ca^{2+} (LEE *et al.*, [11]). Por lo tanto, el hecho de que la maquinaria contráctil del ileon y colon fuese funcional después de la exposición a las distintas poliaminas y al DFMO hizo que nuestros experimentos se centraran en la posible interacción de estas sustancias con dianas moleculares en la membrana plasmática. En este sentido, se ha demostrado en células musculares lisas de arteria pulmonar de conejo (SNETKOV *et al.*, [26]) que las poliaminas, en el rango milimolar, pueden actuar sobre los canales de K^+ activados por Ca^{2+} (SNETKOV *et al.*, [26]). De igual forma, la espermina y la espermidina tienen la capacidad de intervenir en la apertura intrínseca de ROMK1, un canal rectificador débil hacia dentro sensible a ATP (FICKER *et al.*, [4]), y que la espermina a bajas concentraciones es capaz de disparar de forma intrínseca los canales de K^+ rectificadores hacia dentro (FICKER *et al.*, [4]; LOPATIN *et al.*, [12]). Asimismo, se sabe que tanto el bloqueo de los canales de K^+ como la despolarización con altas concentraciones de potasio en el medio extracelular son causantes del incremento de la fuerza contráctil generada por el músculo gastrointestinal (MEISS [15]). Teniendo en cuenta que las poliaminas se transportan muy lentamente a través de la membrana plasmática (SEILERN & DEZEURE [25]) y que los efectos descritos en este estudio transcurren en pocos segundos (al igual que para el DFMO), nos planteamos buscar posibles interacciones de estas moléculas sobre la superficie celular.

La hipótesis que proponemos para el efecto relajante de las poliaminas y el DFMO está relacionada con las fases de despolarización-repolarización de las ondas eléctricas len-

tas de la musculatura lisa intestinal. Debido a que las poliaminas se han relacionado directamente con la modulación de las corrientes rectificadoras de los canales de K^+ (FICKER *et al.*, [4]; LOPATIN *et al.*, [12]) estudiamos la respuesta a la despolarización por KCl (50 mM). Observamos que la despolarización de los tejidos relajados con poliaminas y DFMO causa una contracción transitoria seguida de una inactivación reversible de la actividad contráctil. Si bien es cierto que no podemos confirmar una modulación completa del canal de K^+ por estas sustancias, el hecho de que las altas concentraciones de poliamina, putrescina (10 mM) y DFMO (5 mM) usadas en estos experimentos no supriman por completo la respuesta a la despolarización por KCl (50 mM) nos sugiere que las poliaminas relajan el músculo liso intestinal de ileon y de colon por hiperpolarización de la célula muscular lisa a través de la alteración de las conductancias al K^+ , los cuales juegan un papel importante en la regulación de la excitabilidad del sincitio gastrointestinal (VOGALIS [30]). Por lo tanto, la modulación de la actividad de los canales de K^+ por poliaminas podría disparar una corriente de salida que, eventualmente, podría desplazar el potencial de reposo de la membrana hacia valores más negativos resultando en una hiperpolarización de la célula muscular lisa.

Nuestros resultados muestran así mismo que la inhibición inducida tanto por la diamina putrescina como por el DFMO sobre la actividad contráctil de ileon y colon pudo ser parcialmente revertida por la aplicación del BAY K8644, agonista de canales de Ca^{2+} tipo L. De hecho, la aplicación del derivado dihidropiridínico restauró, al menos parcialmente, la actividad peristáltica espontánea e incrementó el tono basal de los tejidos previamente relajados con putrescina y DFMO. Este hecho apunta a una modulación negativa de los canales de Ca^{2+} tipo L por parte de las poliaminas.

En efecto, este estudio demuestra que existe una relación del grado de aminación de la molécula (y por tanto de cargas positivas sobre su superficie) con la concentración a la cual se produce la inhibición de la actividad peristáltica espontánea de la musculatura lisa intestinal tanto de ileon como de colon. Además, en el músculo liso intestinal, la inhibición de los canales de Ca^{2+} tipo L implica una caída del tono basal y la desaparición de la actividad espontánea. Esto es debido principalmente a que estas proteínas son las que suministran la mayor fuente de entrada de Ca^{2+} desde el espacio extracelular, y son responsables de la actividad rítmica gastrointestinal. Nuestros resultados demuestran que los canales de Ca^{2+} quedarían regulados negativamente tanto por poliaminas como por DFMO. Estos resultados sugieren que estas sustancias inhiben la actividad peristáltica del músculo liso intestinal por inhibición de las corrientes de Ca^{2+} a través de canales tipo L en la célula muscular. Los mecanismos por los cuales las poliaminas interactúan con los canales de Ca^{2+} no están claros, si bien se ha sugerido la unión directa al poro del canal o con los sitios de regulación (SCOTT *et al.*, [23]). Estos resultados están de acuerdo con los previamente descritos (GOMEZ & HELLSTRAND [6]), donde la espermina 1 mM consigue inhibir las corrientes restauradas por la dihidropiridina BAY K8644.

A raíz de estos hallazgos, proponemos que tanto las poliaminas naturales, como el DFMO, son capaces de activar las conductancias de los canales de K^+ dependientes de voltaje conduciendo a la célula muscular lisa a una pequeña hiperpolarización que sería suficiente para mantener los canales de Ca^{2+} dependientes de voltaje lejos de su umbral de activación. La reducción de la entrada de Ca^{2+} de forma rítmica al interior celular, junto con la reducción del potencial de membrana, tendería a mantener los canales de K^+ en un estado conformacionalmente cerrado. Cuando los canales de Ca^{2+} dependientes de voltaje son obligados a abrirse por la presencia del agonista dihidropiridina (BAY K8644), el efecto dual de la entrada masiva de calcio al interior celular así como el estado del potencial de membra-

na, podría disparar la activación de los canales de K^+ de alta conductancia. Esto promovería un flujo de K^+ hacia el exterior que, conjuntamente con los canales de K^+ dependientes de voltaje, iniciaría una rápida hiperpolarización de la célula muscular lisa, causando la oscilación rítmica y rápida de la actividad contráctil en presencia del BAY K8644 tanto en ileon como en colon. Por lo tanto, la inhibición macroscópica rápida de la actividad contráctil sería consecuencia por un lado de la activación de canales de K^+ y la inhibición de canales de Ca^{2+} tipo L en la membrana plasmática de células musculares lisas intestinales.

Las altas concentraciones de poliaminas (mM) necesarias para producir el efecto relajante del músculo intestinal sugieren que el efecto es más farmacológico que fisiológico. En consecuencia, el uso terapéutico de determinados análogos de las poliaminas que actualmente son usados para los tratamientos de la hipermotilidad intestinal (BERGERON *et al.*, [1]), bien podrían englobar la inhibición de la actividad del canal de Ca^{2+} , así como la modulación positiva del canal de K^+ , como se sugiere en este estudio para la putrescina y el DFMO.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra por primera vez que la diamina putrescina, así como el inhibidor que bloquea la enzima responsable de su síntesis, el DFMO, promueven efectos inhibitorios agudos sobre la actividad lisa gastrointestinal.

Los resultados sugieren que el efecto es extracelular y directo, y no se deben a una acción desde el lado intracelular resultante del transporte transmembranario de las poliaminas hacia el interior celular.

La espermina es un inhibidor mucho más potente que la espermidina y que la putrescina. Esta observación sugiere que el número de cargas positivas de las poliaminas determina el tipo de interacciones electroestáticas sobre los canales iónicos, de forma que la potencia inhibitoria presenta una relación estructura-actividad que sigue la secuencia: espermina > espermidina > putrescina.

Tanto la putrescina como el DFMO parecen actuar a través de un mecanismo común que involucraría, por un lado, la modulación positiva de la conductancia de los canales de K^+ y, por otro, la inhibición de los canales de Ca^{2+} tipo L de la membrana plasmática, induciendo una relajación de la musculatura lisa intestinal de ileon y colon.

6. AGRADECIMIENTOS

Financiado por los proyectos PI042460 (ISCI, FISS), PI0422005/041 (Gobierno de Canarias) y SAF2007-66148-C02-02 (Ministerio de Educación y Ciencia). JMA es becario del subprograma de Formación de Personal Universitario (FPU) del Ministerio de Educación y Ciencia. Agradecemos a Rafael Robayna y Alicia Sacramento (Universidad de las Palmas de gran Canaria) su colaboración en los ensayos de poliaminas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BERGERON, R.J., G.W. YAO, H. YAO, W.R. WEIMAR, C.A. SNINSKY, B. RAISLER, Y. FENG, Q. WU, & F. GAO. 1996. Metabolically programmed polyamine analogue antidiarrheals. *Journal of Medicinal Chemistry*. 39(13): 2461-2471.

- [2] BORDALLO, C., J.M. RUBIN, A.B. VARONA, B. CANTABRANA, A. HIDALGO, & M. SANCHEZ. 2001. Increases in ornithine decarboxylase activity in the positive inotropism induced by androgens in isolated left atrium of the rat. *European Journal of Pharmacology*. 422(1-3): 101-107.
- [3] DIAZ, M., C.M. RAMIREZ, R. MARIN, J. MARRERO-ALONSO, T. GOMEZ, & R. ALONSO. 2004. Acute relaxation of mouse duodenum by estrogens: evidence for an estrogen receptor-independent modulation of muscle excitability. *European Journal of Pharmacology*. 501(1-3): 161-178.
- [4] FICKER, E., M. TAGLIALATELA, B. WIBLE, C. HENLEY, & A. BROWN. 1994. Spermine and spermidine as gating molecules for inward rectifier K⁺ channels. *Science*. 266(5187): 1068-1072.
- [5] GERNER, E.W. & F.L. MEYSKENS. 2004. Polyamines and cancer: old molecules, new understanding. *Nature Reviews Cancer*. 4(10): 781-792.
- [6] GOMEZ, M. & P. HELLSTRAND. 1995. Effects of polyamines on voltage-activated calcium channels in guinea-pig intestinal smooth muscle. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*. 430(4): 501-507.
- [7] GOMEZ, M. & P. HELLSTRAND. 1999. Endogenous polyamines modulate Ca²⁺ channel activity in guinea-pig intestinal smooth muscle. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*. 438(4): 445-451.
- [8] GONZALEZ-MONTELONGO, M.C., R. MARIN, T. GOMEZ, & M. DIAZ. 2006. Androgens differentially potentiate mouse intestinal smooth muscle by non-genomic activation of polyamine synthesis and Rho-kinase activation. *Endocrinology*. 147(12): 5715-5729.
- [9] HEBY, O. 1981. Role of polyamines in the control of cell proliferation and differentiation. *Differentiation*. 19(1): 1-20.
- [10] KOENIG, H., A.D. GOLDSTONE, & C.Y. LU. 1988. Polyamines are intracellular messengers in the b-adrenergic regulation of Ca²⁺ fluxes, [Ca²⁺]_i and membrane transport in rat heart myocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 153(3): 1179-1185.
- [11] LEE, J.C.F., L. THUNEBERG, I. BEREZIN, & J.D. HUIZINGA. 1999. Generation of slow waves in membrane potential is an intrinsic property of interstitial cells of Cajal. *American Journal Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*. 277(2): G409-G423.
- [12] LOPATIN, A.N., E.N. MAKHINA, & C.G. NICHOLS. 1994. Potassium channel block by cytoplasmic polyamines as the mechanism of intrinsic rectification. *Nature*. 372(6504): 366-369.
- [13] MARRERO-ALONSO, J., B. GARCIA MARRERO, T. GOMEZ, & M. DIAZ. 2006. Functional inhibition of intestinal and uterine muscles by non-permeant triphenylethylene derivatives. *European Journal of Pharmacology*. 532(1-2): 115-127.
- [14] MARUTA, K., Y. MIZOGUCHI, & T. OSA. 1985. Effects of polyamines on the mechanical and electrical activities of the isolated circular muscle of rat uterus. *Japanese Journal of Physiology*. 35(6): 903-915.

- [15] MEISS, R.A. 1987. Mechanical properties of gastrointestinal smooth muscle. In: Johnson, L.R. (Ed.), *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. Raven Press. 273-329.
- [16] METCALF, B.W., P. BEY, M.J. DANZIN, M.J. JUNG, P. CASARA, & J.P. VEVERT. 1978. Catalytic irreversible inhibition of mammalian ornithine decarboxylase (E.C. 4.1.1.17) by substrate and product analogues. *Journal of the American Chemical Society*. 100: 2551-2553.
- [17] NILSSON, B.O., M. GOMEZ, R. SANTIAGO CARRILHO, I. NORDSTROM, & P. HELLSTRAND. 1995. Differential actions of exogenous and intracellular spermine on contractile activity in smooth muscle of rat portal vein. *Acta Physiologica Scandinavica*. 154(3): 355-365.
- [18] NILSSON, B.O. & P. HELLSTRAND. 1993. Effects of polyamines on intracellular calcium and mechanical activity in smooth muscle of guinea-pig taenia coli. *Acta Physiologica Scandinavica*. 148(1): 37-43.
- [19] PALADE, P. 1987. Drug-induced Ca^{2+} release from isolated sarcoplasmic reticulum. III. Block of Ca^{2+} -induced Ca^{2+} release by organic polyamines. *Journal of Biological Chemistry*. 262(13): 6149-6154.
- [20] PEGG, A.E. 1986. Recent advances in the biochemistry of polyamines in eukaryotes. *Biochemical Journal*. 234(2): 249-262.
- [21] PEGG, A.E. & P.P. MCCANN. 1982. Polyamine metabolism and function. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*. 243(5): C212-C221.
- [22] SCHUBER, F. 1989. Influence of polyamines on membrane functions. *Biochemical Journal*. 260(1): 1-10.
- [23] SCOTT, R.H., K.G. SUTTON, & A.C. DOLPHIN. 1993. Interactions of polyamines with neuronal ion channels. *Trends in Neurosciences*. 16(4): 153-160.
- [24] SEILER, N., F. BOLKENIUS, & O. RENNERT. 1981. Interconversion, catabolism and elimination of the polyamines. *Medical Biology*. 59(5-6): 334-346.
- [25] SEILERN, N. & F. DEZEURE. 1990. Polyamine transport in mammalian cells. *International Journal of Biochemistry*. 22(3): 211-218.
- [26] SNETKOV, V.A., A.M. GURNEY, J.P. WARD, & O.N. OSIPENKO. 1996. Inward rectification of the large conductance potassium channel in smooth muscle cells from rabbit pulmonary artery. *Experimental Physiology*. 81(5): 743-753.
- [27] SWÄRD, K., B.O. NILSSON, & P. HELLSTRAND. 1994. Polyamines increase Ca^{2+} sensitivity in permeabilized smooth muscle of guinea pig ileum. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*. 266(6): C1754-C1763.
- [28] SWÄRD, K., M.D. PATO, B.O. NILSSON, I. NORDSTROM, & P. HELLSTRAND. 1995. Polyamines inhibit myosin phosphatase and increase LC_{20} phosphorylation and force in smooth muscle. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*. 269(3): C563-C571.
- [29] SZURSZEWSKI, J.H. 1987. Electrophysiological basis of gastrointestinal motility. In: Johnson, L.R. (Ed.), *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. Raven Press, New York. 383-422.
- [30] VOGALIS, F. 2000. Potassium channels in gastrointestinal smooth muscle. *Journal of Autonomic Pharmacology*. 20(4): 207-219.

- [31] WEIGER, T.M., T. LANGER, & A. HERMANN. 1998. External action of di- and polyamines on maxi calcium-activated potassium channels: an electrophysiological and molecular modeling study. *Biophysical Journal*. 74(2): 722-730.
- [32] WILLIAMS, K. 1997. Interactions of polyamines with ion channels. *Biochemical Journal*. 325(2): 289-297.

FIG. 1

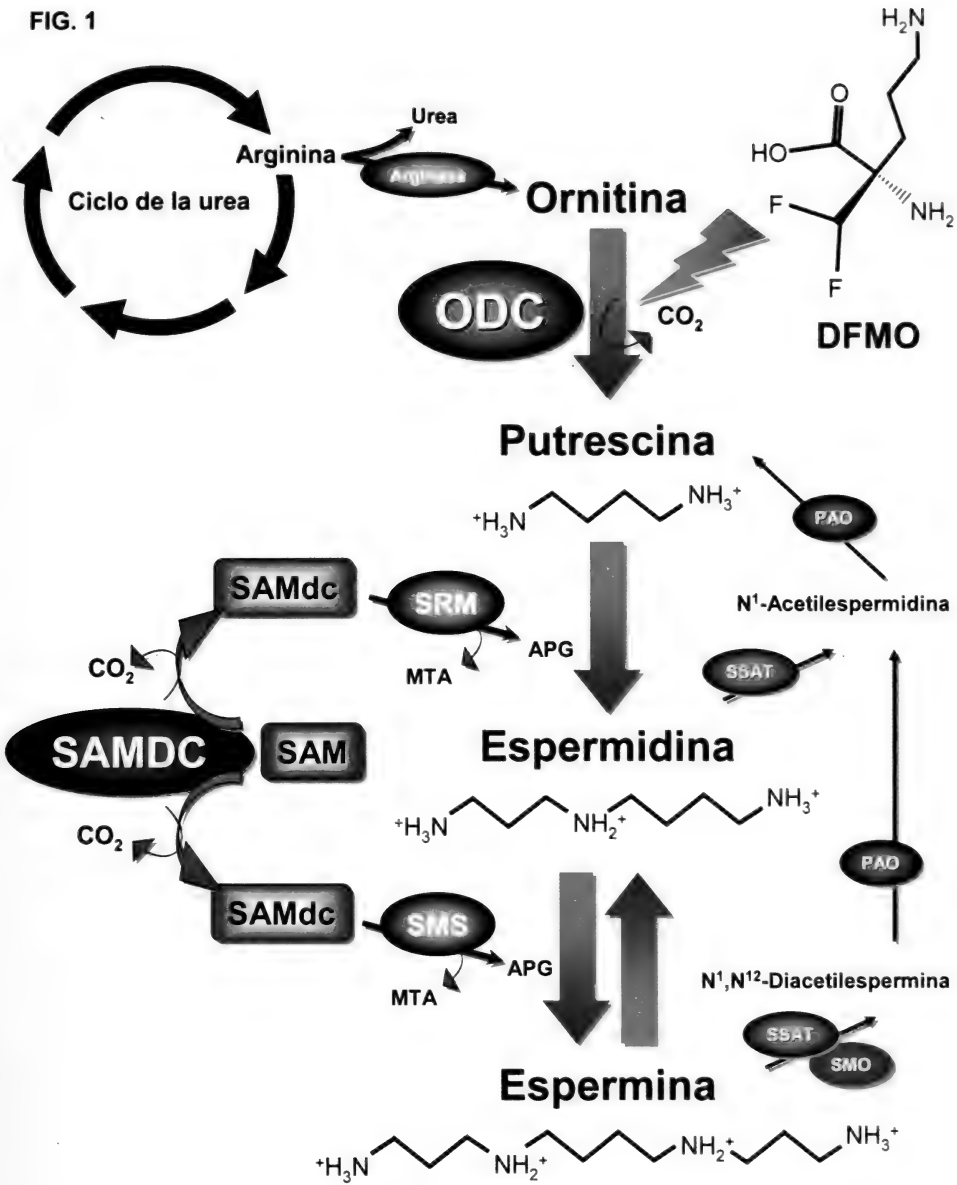


Figura 1. Metabolismo de las poliaminas en células animales. El metabolismo de la arginina, que procede del ciclo de la urea a través de la acción de la arginasa, promueve la formación de ornitina. La ornitina es descarboxilada para producir putrescina y CO_2 por acción de la ornitina descarboxilasa (ODC; EC 4.1.1.17). La espermidina y espermina son sintetizadas posteriormente en dos reacciones consecutivas llevadas a cabo por la espermidina (SRM; EC 2.5.1.16) y espermina sintetas (SMS; EC 2.5.1.22), respectivamente; con la incorporación de un primer y segundo grupo aminopropílico (APG), provenientes de la descarboxilación de la S-adenosilmetionina (SAM) para generar S-adenosilmetionina descarboxilada (SAMdc) (donante de APG) por la acción del la S-adenosilmetionina descarboxilasa (SAMDC; EC 4.1.1.50) y la liberación final de 5'-metiltioadenosina (MTA). Si bien es cierto que estas dos últimas reacciones son irreversibles, la espermina puede ser convertida a espermidina, y ésta a putrescina, por la acción de la espermidina/espermina N¹-acetiltransferasa (SSAT) tratándose de una propilaminoacetil transferasa que monoacetila espermidina y que puede mono- o diacetilar espermina.

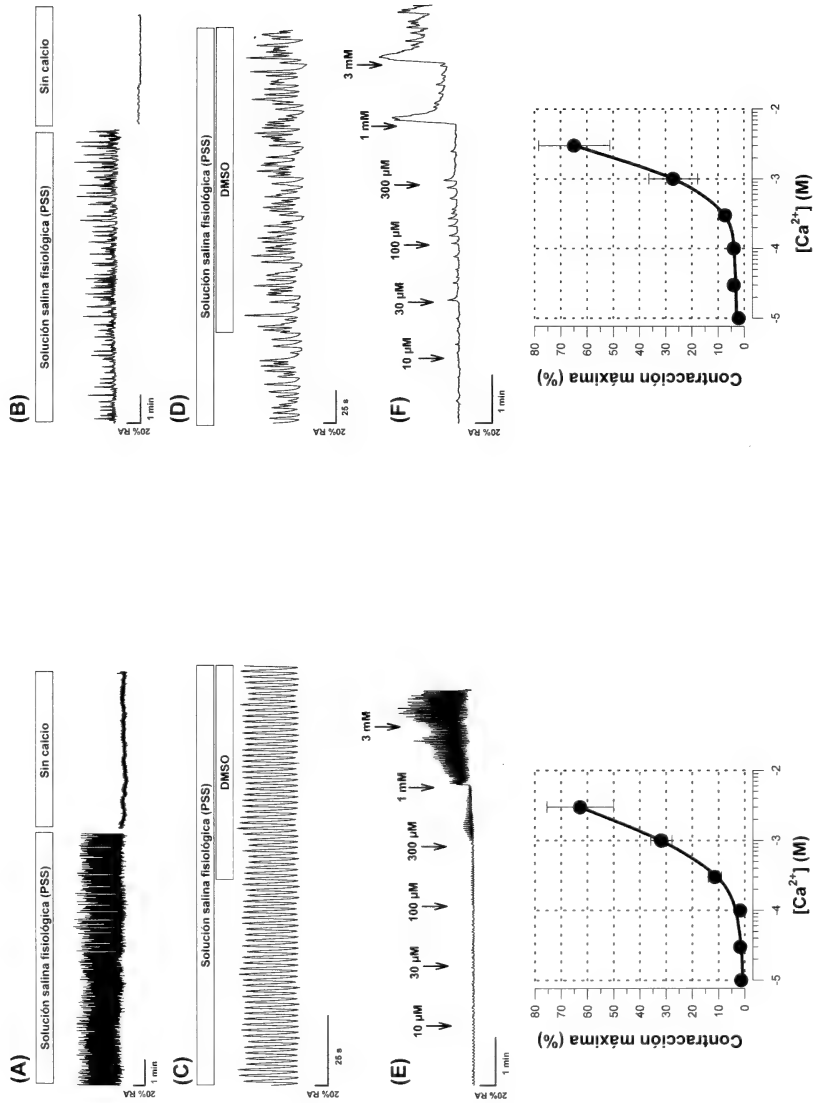


Figura 2. Caracterización de la actividad contráctil de ileon y colon. Registros representativos de la tensión isométrica en músculo liso ileal **(A)** y colónico **(B)** de ratón tanto en solución salina fisiológica como en respuesta a soluciones libres de calcio. Las señales isométricas de los tramos intestinales de ileon **(C)** y de colon **(D)** no se modifican sustancialmente por la adición del vehículo utilizado en los experimentos (DMSO, 0.1%). **(E,F)** Registros de la contractilidad muscular inducida por la adición acumulativa de CaCl_2 para ileon y colon, respectivamente. Las gráficas inferiores muestran las curvas dosis-respuesta para las contracciones inducidas por CaCl_2 en ileon y colon de ratón macho. Los valores están expresados como medias \pm S.E.M. de, al menos, 4 preparaciones diferentes.

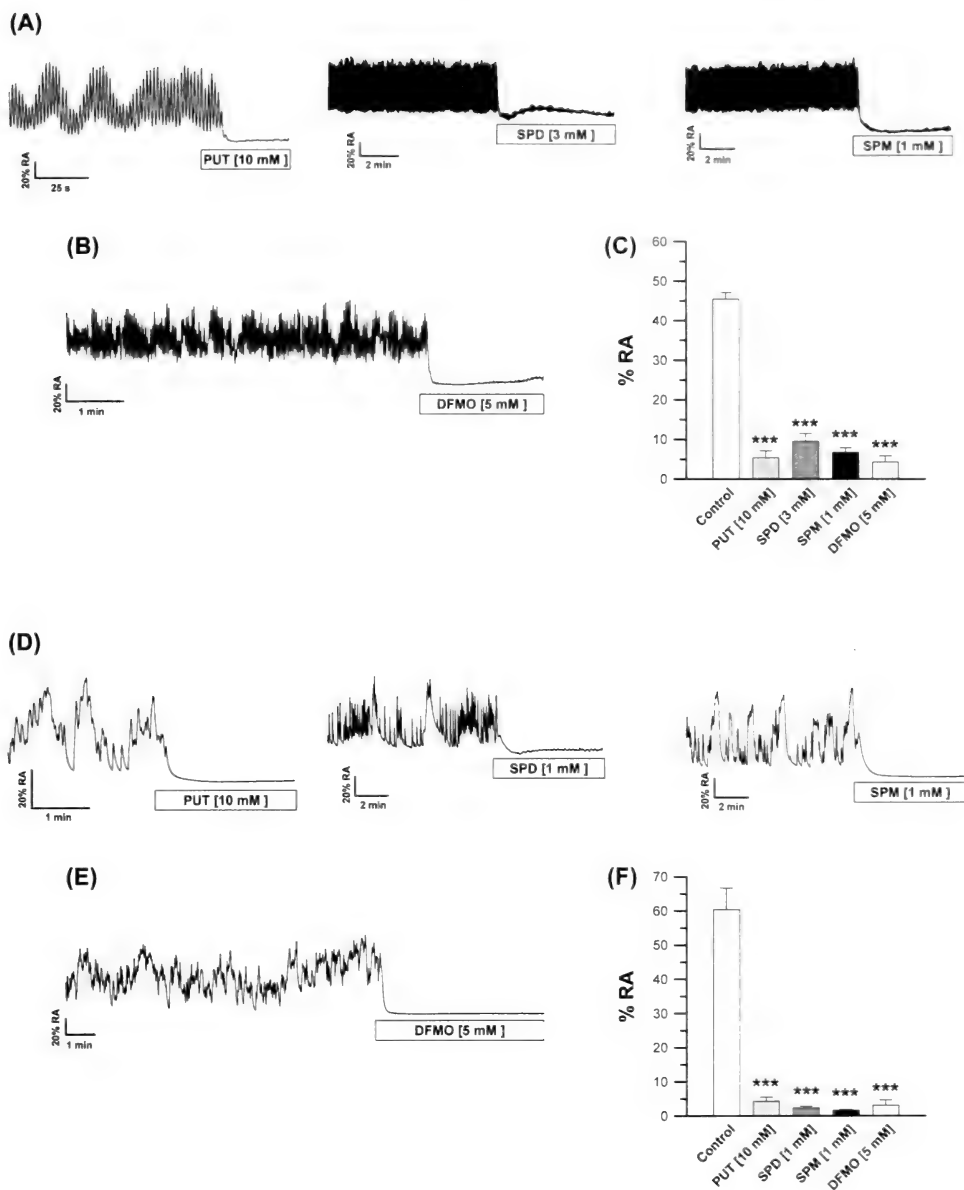


Figura 3. Relajación de la musculatura lisa intestinal de ileon y colon por poliaminas y DFMO. Trazados representativos de los efectos relajantes promovidos por las distintas poliaminas [putrescina (Put), espermidina (Spd) y espermina (Spm)] y del a-difluorometilornitina (DFMO) sobre el tono basal de la actividad contráctil espontánea de ileon (A-C) y colon (D-F), respectivamente. La putrescina se añadió a concentraciones finales de 10 mM (n = 9) con el fin de obtener un efecto relajante completo. Resultados similares se obtuvieron para la espermina a 1 mM (n = 7) y DFMO a 5 mM (n = 5), tanto en ileon como en colon. La espermidina se ensayó a 3 mM (n = 7) y 1 mM (n = 9) en ileon y colon, respectivamente. Los gráficos (C,F) muestran el efecto de las distintas poliaminas y DFMO sobre el tono basal medio de los tejidos. Los resultados están expresados como medias = S.E.M. de, al menos, 5 preparaciones diferentes en ileon y 3 en colon. *** Estadísticamente diferentes de los controles con una probabilidad de $P < 0.005$.

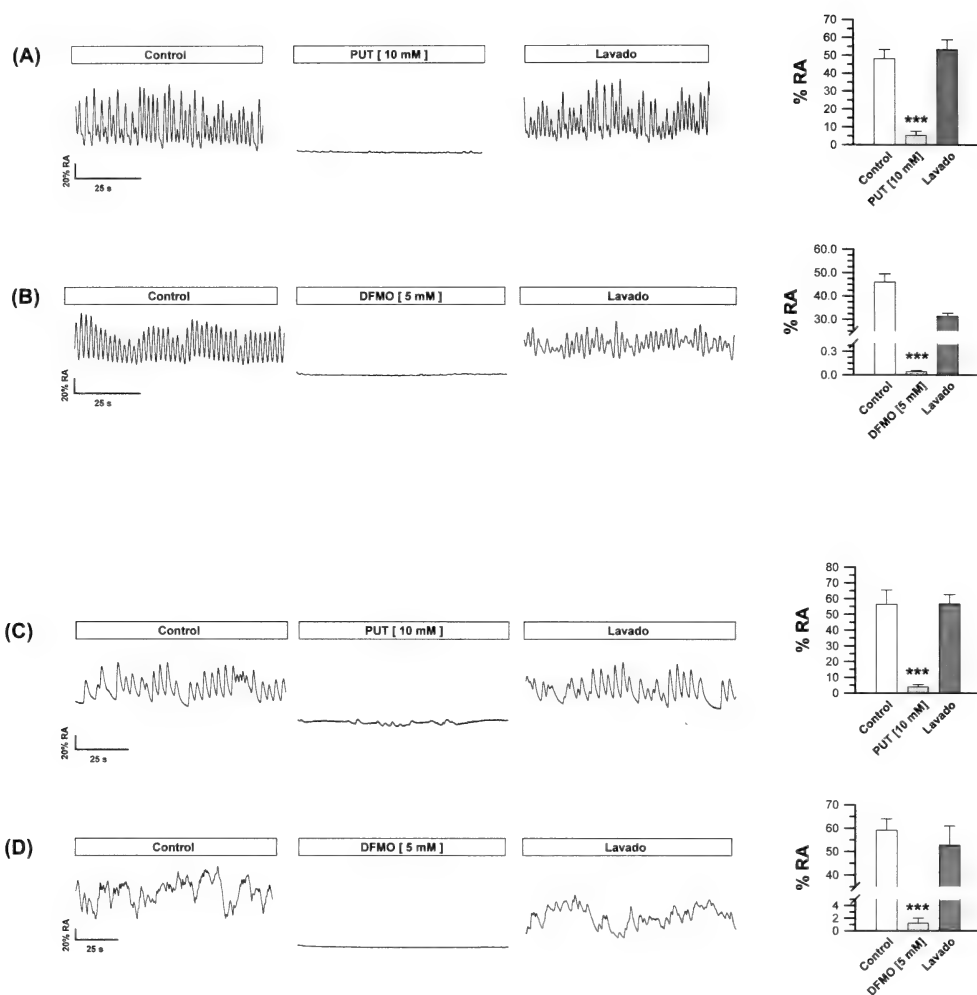


Figura 4. Reversibilidad del efecto relajante promovido por la poliamina y DFMO en ileon y colon. El efecto inhibitorio de las poliaminas (se muestra el efecto relajante de 10 mM de putrescina, PUT) y de 5 mM de DFMO son reversibles, tanto en ileon (A,B) como en colon (C,D), observándose una recuperación del tono basal y la actividad peristáltica después de los lavados. Los trazados correspondientes a los lavados se obtuvieron transcurridos 10 min., después de reemplazar la solución que contenía la putrescina o el DFMO en la solución del baño. Todos los registros fueron obtenidos de la misma preparación que la del periodo control (panel izquierdo), el tratamiento con putrescina o DFMO en el baño (panel central) y tras varios minutos después del lavado (panel derecho) de cada experimento realizado. Los diagramas de barras recogen las comparaciones entre las medias de las tensiones isométricas en respuesta al efecto relajante de las moléculas. Los trazados son representativos de, al menos, 5 experimentos diferentes. Los resultados están expresados como medias \pm S.E.M. *** Estadísticamente diferentes de los registros control con una probabilidad de $P < 0.005$.

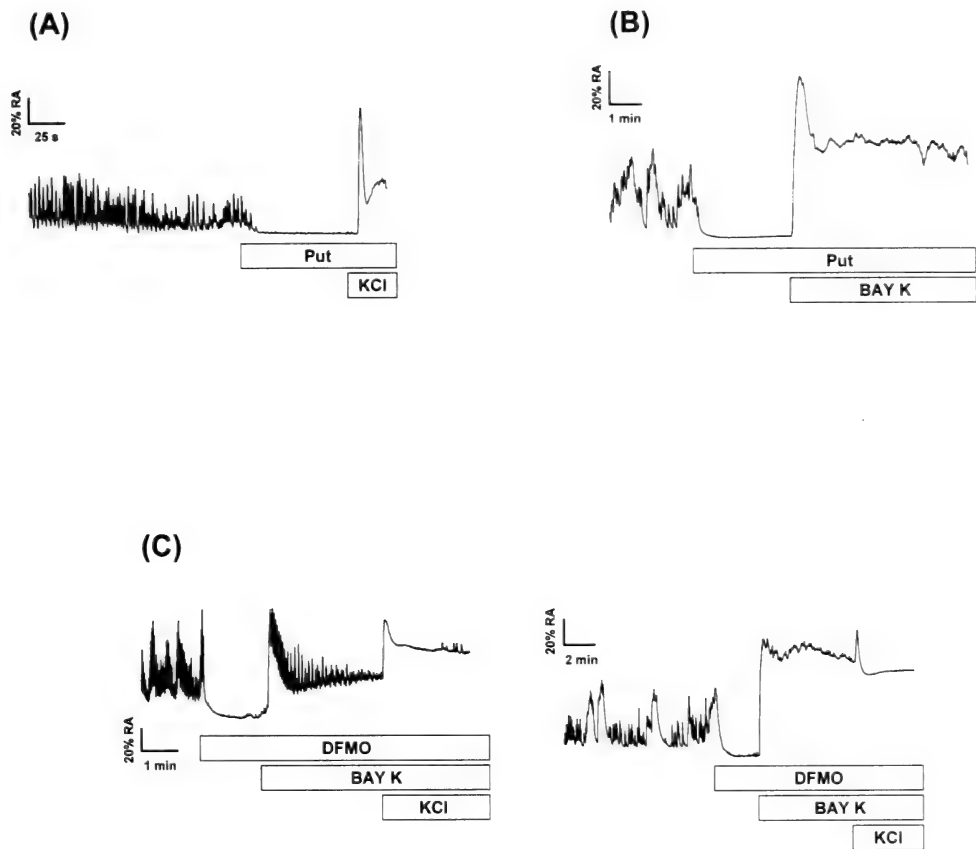


Figura 5. Efectos del KCl y BAY K8644 sobre los tejidos relajados con poliamina o DFMO. (A) Efecto del KCl (50 mM) sobre el músculo ileal previamente relajado con poliamina (se muestra el efecto de 10 mM de putrescina, PUT). (B) Efecto de 1 mM de BAY K8644 sobre el tejido colónico previamente relajado con poliamina (se muestra el efecto de 10 mM de putrescina, PUT). (C, D) Efectos de la adición secuencial de 1 mM de BAY-K8644 y 50 mM de KCl sobre tejidos musculares de ileon (C) y colon (D) relajados con 5 mM de DFMO. Los registros son representativos de tres experimentos diferentes.

**VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE
CAULERPA RACEMOSA VAR. *CYLINDRACEA* (SONDER)
VERLAQUE, HUISMAN ET BOUDOURESQUE EN
LOS CRISTIANOS, LIC "FRANJA MARINA TENO-RASCA
(ES 7020017), TENERIFE, CANARIAS**

Alejandro Moreira-Reyes & María Candelaria Gil-Rodríguez

Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna,
38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias. amoreira@ull.es; mcgil@ull.es

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos en el periodo de octubre de 2003 a junio de 2004, del seguimiento realizado en las poblaciones de la clorofita *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, con el fin de conocer las variaciones espaciales y temporales, en la localidad de Los Cristianos, LIC "Franja marina Teno-Rasca (ES 7020017), Tenerife, Canarias.

Palabras clave: Algas marinas, *Caulerpa*, *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* Chlorophycota, Islas Canarias.

ABSTRACT

In the present work we present the results obtained in the period between October 2003 and June 2004. During that time the populations of the Chlorophyte *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the locality of Los Cristianos, LIC "Franja marina Teno-Rasca (ES 7020017)", Tenerife, Canary Islands, were followed in order to assess their spatial and temporal variations.

Keywords: Algae, *Caulerpa*, *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* Chlorophycota, Canary Island.

1. INTRODUCCIÓN

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* (Sonder) Verlaque, Huisman et Boudouresque es un alga verde originaria del suroeste de Australia [5].

En la "5th Internacional Conference, Ecology of Invasive Alien Plants 1999, Sardinia, Italia" [2] esta clorófito fue considerada como alga invasora, para el Mediterráneo.

por su competencia con las comunidades florísticas, a las que desplaza ocupando su hábitat. En Canarias su presencia fue denunciada en 2004 [6], siendo su hábitat preferido el sublitoral arenoso, por lo que es frecuente su presencia en las cercanías de las praderas de fanerógamas marinas. Recientemente el taxón ha sido recolectado en charcos del eulitoral de Tenerife (Gil-Rodríguez, inédito) por lo que su distribución parece estar en clara expansión.

En el LIC “Franja marina Teno-Rasca (ES 7020017)” (Tenerife) y concretamente en el sublitoral de la localidad de Los Cristianos (sur de Tenerife) existe un gran sebadal. Este ecosistema marino caracterizado por *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, fanerógama marina protegida con la categoría “sensible a la alteración de su hábitat” [1], podría verse afectado por las poblaciones de *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* que se desarrollan en la zona.

Con el objetivo de conocer la evolución, espacial y temporal de las poblaciones de *C. racemosa* var. *cylindracea*, nos planteamos llevar a cabo un seguimiento en la pradera y sus proximidades.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología utilizada consistió en la realización de muestreos mensuales, en el periodo comprendido entre octubre de 2003 a junio 2004, con la finalidad de estimar la cobertura y densidad de los taxones. Para ello se utilizó la metodología publicada por Moreira-Reyes *et al.* [4]

Una vez seleccionadas las estaciones de muestreo y control, de manera aleatoria se marcaron tres transectos de 10 m de longitud, donde a lo largo del periodo de muestreo, se realizaron los estudios de cobertura y densidad de los taxones, utilizando para ello una cuadrícula de 1m², subdividida en subcuadrículas.

La toma de datos se realizó por estimación del porcentaje y por conteo de haces (para fanerógamas) o ramas erectas (para talófitas) según sea el método a aplicar: cobertura o densidad; en ningún caso se efectuaron recolecciones de ejemplares, salvo para referencia en herbario.

Con los datos obtenidos se realizaron análisis estadísticos (de ordenación multidimensional no paramétricos –ANOSIN–, análisis de varianza, etc.), que nos pusieron de manifiesto la evolución de las comunidades vegetales presentes en las estaciones a lo largo del tiempo de estudio.

2.1. Cobertura

Para estimar la cobertura de las especies se utiliza una cuadrícula de 1m², dividida en cuatro subcuadrículas de 50 × 50 cm.

Tomando como referente cada uno de los transectos, elegidos al azar, de las estaciones de control y de muestreo, se instala en los mismos, metro a metro, la cuadrícula de 1m². En ella y mediante el porcentaje de recubrimiento que ocupa cada una de las especies dentro de la subcuadrícula correspondiente, se estima la cobertura de cada uno de los taxones a estudiar [3].

2.2. Densidad

La zona seleccionada para llevar a cabo el estudio es el litoral de Los Cristianos, Tenerife, concretamente el sebadal situado frente al muelle. Dicho ecosistema se encuentra

en el interior del LIC (Lugar de Importancia Comunitaria) "Franja marina Teno-Rasca (ES 7020017)".

Los datos de densidad se estiman utilizando una de las subcuadrículas de 50x50 cm en las que se divide la cuadrícula de 1 m², usada para los muestreos de cobertura.

La densidad de cada uno de los taxones a estudio se determina mediante tres cuadrículas, elegidas al azar y en cada uno de los tres transectos utilizados para hallar el recubrimiento y estimar los datos de cobertura.

La densidad de cada uno de los taxones se determina contando el número de haces o ramas erectas presentes en la cuadrícula de 50 × 50 cm. En el caso de las fanerógamas se cuenta el número de haces, mientras que para los talófitos se cuenta el número de ramas erectas del talo.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El análisis de los datos nos muestra que en el sector del LIC estudiado, la cobertura (Figs 1-3) de *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* es menor que la de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa*, observándose un incremento de la cobertura total en los meses de primavera (Fig. 3).

Aunque se han registrados valores de densidad media del 11% para *C. racemosa* var. *cylindracea* (Figs 5 y 6), en general la densidad de la fanerógama *Cymodocea nodosa* presenta valores mucho más grandes (Figs 4-6). Asimismo, se observa un incremento generalizado en las densidades medias de *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* desde el otoño hasta la primavera.

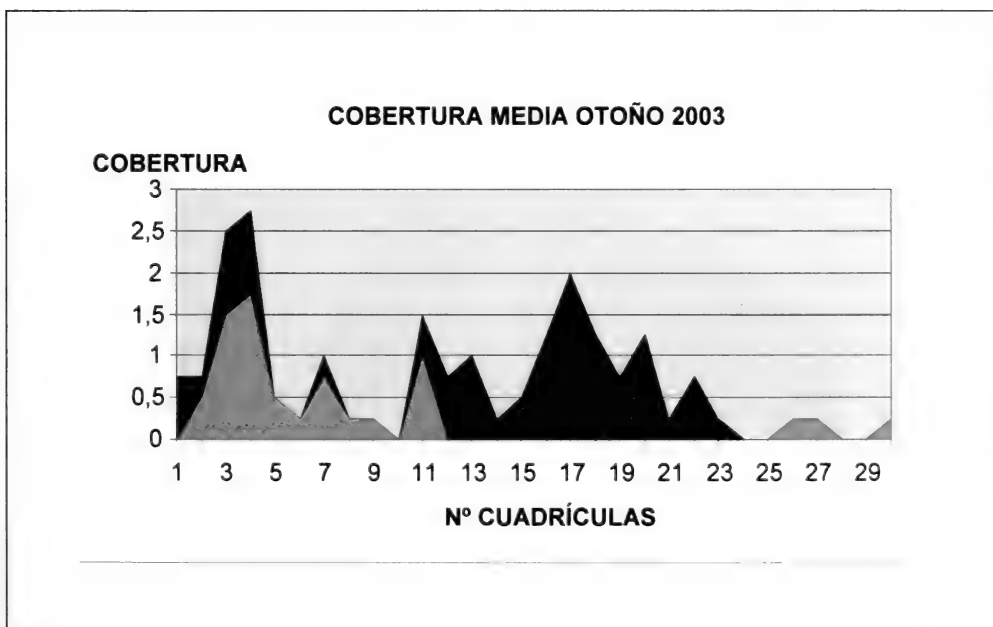


Fig. 1. Cobertura media (1=1-20%, 2=21-40%, 3=41-60%, 4=61-80%, 5=81-100%). *C. racemosa* var. *cylindracea* ■ ; *C. nodosa* ■

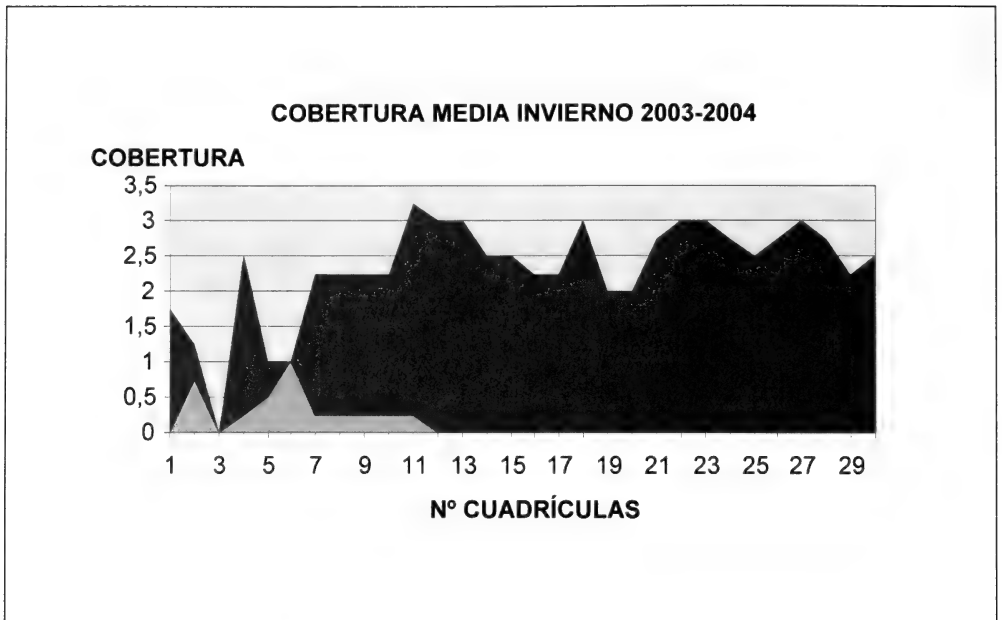


Fig. 2. Cobertura media (1=1-20%, 2=21-40%, 3=41-60%, 4=61-80%, 5=81-100%).
C. racemosa var. *cylindracea* ■ ; *C. nodosa* ■

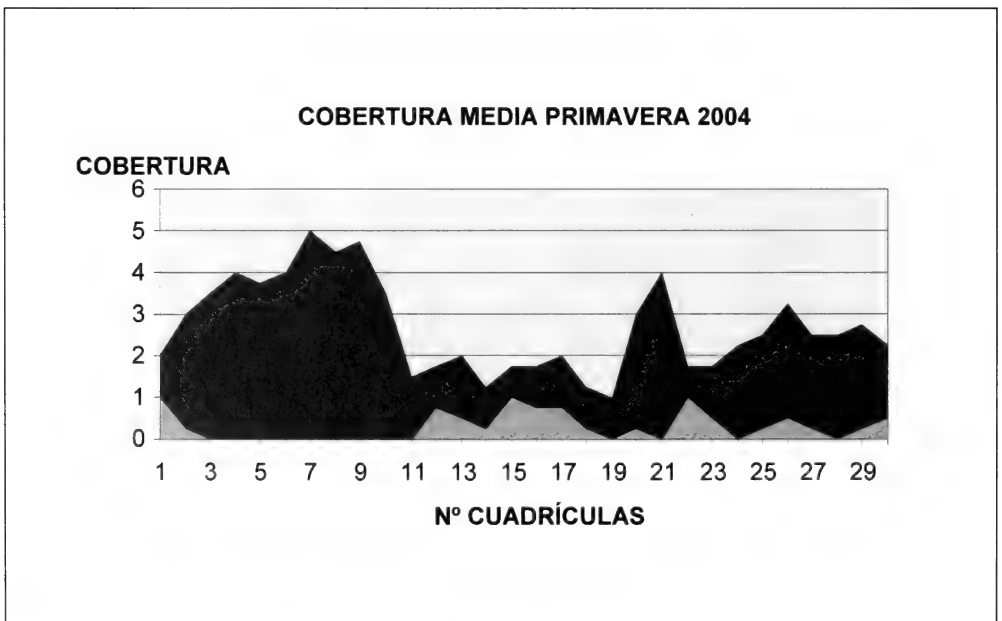


Fig. 3. Cobertura media (1=1-20%, 2=21-40%, 3=41-60%, 4=61-80%, 5=81-100%).
C. racemosa var. *cylindracea* ■ ; *C. nodosa* ■

DENSIDAD MEDIA OTOÑO 2003

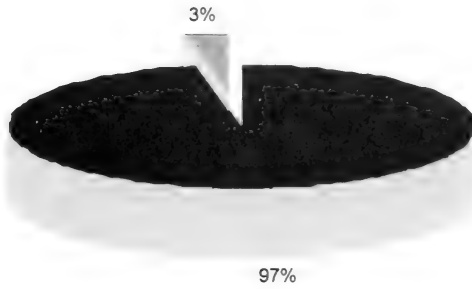


Fig. 4. Densidad media en los muestreos del otoño de 2003. *C. racemosa* var. *cylindracea* ■ ; *C. nodosa* ■

DENSIDAD MEDIA INVIERNO 2003-2004

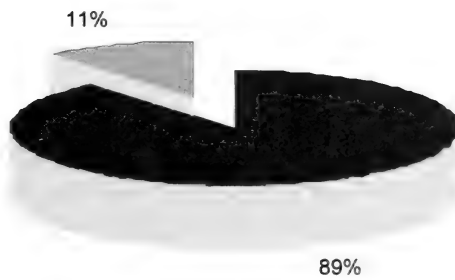


Fig. 5. Densidad media en los muestreos del invierno 2003-2004. *C. racemosa* var. *cylindracea* ■ ; *C. nodosa* ■

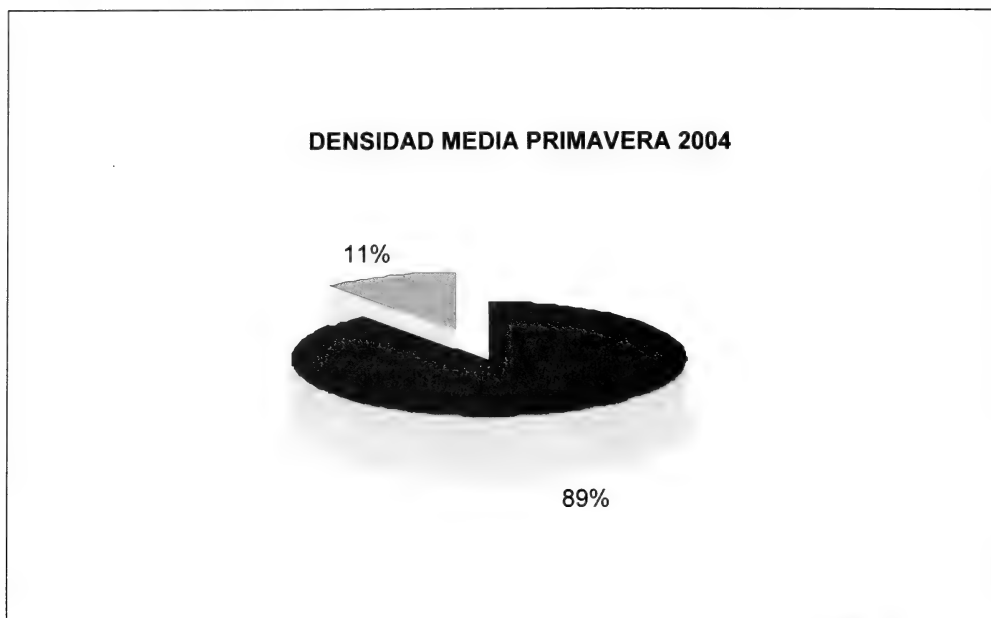


Fig. 6. Densidad media en los muestreos de la primavera de 2004. *C. racemosa* var. *cylindracea* ■; *C. nodosa* ■

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BOC 2001. Decreto 151/2001 de 23 de Julio por el que se crea el “Catálogo de especies amenazadas de Canarias”. BOC 97 del 1 de enero de 2001.
- [2] CECCHERELLI, G. & SECHI, N. 1999. *The effect of the two invasive tropical algae Caulerpa taxifolia and Caulerpa racemosa on the native seagrass Cymodocea nodosa in the Mediterranean*. En: 5th International conference. Ecology of Invasive Alien Plants. 13-16 October 1999. La Maddalena, Sardinia. Italy.
- [3] DAWES, C.J. 1998. *Marine Botany (2ª Edition)*. John Willey & Sons, Inc. Canadá. 480 pp.
- [4] MOREIRA-REYES, A., CRUZ-REYES, A., LÓPEZ-HIGUERA, S. & GIL-RODRÍGUEZ, M.C. 2006. “Un método de estudio de la flora bentónica utilizado en el submareal de las costas canarias” *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 18 (4) (publicada en agosto 2007): 21-26.
- [5] VERLAQUE, M., DURAND, C., HUISMAN, J.M., BOUDOURESQUE, C.F. & LE PARCO, Y. 2003. “On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta)”. *Eur. J. Phycol.* 38: 325-339.
- [6] VERLAQUE, M., AFONSO-CARRILLO, J., GIL-RODRÍGUEZ, M.C., DURAND, CH., BODOURESQUE, CH.F., & LE PARCO, Y. (2004). Blitzkrieg in a marine invasion: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (north-east Atlantic). *Biological Invasions* 6: 269-281.

ESTUDIO MORFOLÓGICO DE FRUTOS, SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE ESPECIES AMENAZADAS DE LAS ISLAS CANARIAS

E. Carqué Álamo, Á. Bañares Baudet & M.V. Marrero-Gómez

*Parque Nacional del Teide. Apdo. 1.047. 38.080 S/C. de Tenerife
Islas Canarias. ecarquea@terra.es*

RESUMEN

En el presente trabajo se aporta la descripción e iconografía de las plántulas, frutos y semillas de los taxones amenazados endémicos de Canarias *Cistus chinamadensis* ssp. *gomeræ*, *Echium acanthocarpum* y *Sambucus nigra* ssp. *palmensis*.

Palabras clave: Plantas endémicas amenazadas, islas Canarias, semillas, frutos, plántulas.

ABSTRACT

Description and iconography of fruits, seeds and seedlings of the Canary Islands threatened endemic plants *Cistus chinamadensis* ssp. *gomeræ*, *Echium acanthocarpum* and *Sambucus nigra* ssp. *palmensis* are presented.

Key words: Threatened endemic plants, Canary Islands, seed, fruits, seedlings.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la morfología de plántulas incluyendo estructuras de raíz, tallo y hojas ha tenido un fuerte énfasis en la botánica taxonómica actual, especialmente utilizando los atributos morfológicos como caracteres taxonómicos de identificación, ampliando las descripciones tradicionales basadas en las estructuras adultas (SERRA [17]). En este sentido es posible reconocer las plántulas de muchas dicotiledóneas al menos a nivel de género, existiendo diversas guías especializadas (WILLIAMS, MORRISON & WOOD[18]; MAMAROT [7]).

En términos de dinámica poblacional, la germinación es el primer paso crítico para el establecimiento óptimo del individuo en su hábitat. Tras germinar, una vez agotadas las sustancias de reserva, la plántula se vuelve más sensible y vulnerable a las influencias externas siendo un hecho ampliamente aceptado que en la mayoría de las especies vegetales los cambios generacionales más drásticos ocurren en los estadios de semillas y plántula (HARPER [6]).

Una importante aplicación del conocimiento de las plántulas se puede obtener en los estudios orientados al conocimiento de la dinámica de poblaciones de especies amenazadas (MARRERO, CARQUÉ & BAÑARES [10]). En este sentido, diversas especies amenazadas de las islas Canarias han sido promovidas en programas de seguimiento demográfico (MARRERO *et al.* [8], [9], [11] y [12]; CARQUÉ *et al.* [4]), para lo cual ha sido indispensable el conocimiento de los caracteres morfológicos de las distintas fenofases en que puede dividirse su ciclo vital (BAÑARES, CASTROVIEJO & REAL [1]; REAL *et al.* [16])

En el presente trabajo abordamos los caracteres de los frutos y semillas, así como de las plántulas de otros tres elementos florísticos amenazados incluidos en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias (BOC nº97, [2]): *Cistus chinamadensis ssp gomeræ* (SAH), *Sambucus nigra ssp. palmensis* (EN) y *Echium acanthocarpum* (SAH), siendo esta última objeto de un Plan de Conservación del Hábitat (BOC nº103 [3]).

2. MATERIAL Y MÉTODO

La labor de campo consistió en la recolección de frutos en las poblaciones naturales. Para la extracción de las semillas se limpiaron manualmente los frutos siendo desecados al aire libre. Posteriormente, en el laboratorio se realizó la limpieza del material recolectado para proceder a su descripción, pesado e ilustración. Las mediciones se realizaron con ayuda de una lupa binocular y papel milimetrado, tomándose un total de 10 semillas. Para evaluar el peso de las mismas se utilizó una balanza marca Kern 430-33 con una precisión de 0,01 g, tomándose grupos de 10 ó 100 semillas dependiendo del tamaño de las mismas, reflejándose en todos los casos el peso aproximado por unidad seminal.

Las plántulas fueron recolectadas de las poblaciones naturales de las especies, salvo para *Echium acanthocarpum* que fueron obtenidas tras la germinación de las semillas en invernadero. La definición y descripción de las mismas se ha basado en MÜLLER [14] quien define a este estadio como una planta joven que tiene junto a las hojas seminales (cotiledones o catáfilos) al menos una, pero preferiblemente, dos hojas verdaderas (nomófilos). De las hojas seminales y las primeras hojas verdaderas se estudia la forma y tamaño, indumento, características del margen y ápice, pecíolo, consistencia y color.

La terminología utilizada en las descripciones se ha basado en las obras de RADFORD *et al.* [15], MORENO [13] y FONT QUER [5] así como en la bibliografía especializada referente a cada uno de los taxones, conservando en todo caso el estilo descriptivo en concordancia a las diagnósis dadas para las estructuras adultas.

3. TAXONES ESTUDIADOS

Cistus chinamadensis ssp. gomeræ Á. Bañares & P. Romero, 1990
(Figura 1)

Fruto: Cápsula de 9-10 x 7-8 mm, ovoide, seríceo, dehiscente, pentalobular, multisperma, de color marrón. Número medio de semillas por cápsula: 210.

Semillas: Irregulares, angulosas, de 1-1,3 x 1 mm, de color marrón oscuro. Peso medio: 0,57 mg.

Plántula: Hipocótilo herbáceo, de 5-7 mm, pubescente, rojizo. Hojas seminales de 5-6 x 1,7-2 mm, sésiles, estrechamente lanceoladas, base atenuada, ápice agudo, margen entero,

pubescentes por ambas superficies (pelos cortos), verdes a ligeramente verde-rojizas en el haz y rojizas en el envés. Epicótilo corto, inferior a 1 mm. Nomófilos opuestos, de 4-5 x 1,5-2 mm, pecíolo corto, elípticos, base atenuada, ápice agudo, margen entero, cubiertos de pelos largos por el haz (de hasta 1 mm) y estrellados por el envés, de color verde, con un solo nervio central (hifódroma).

Las plántulas de esta especie son a menudo fácilmente confundidas a simple vista con las de *C. monspeliensis* (Figura 2). No obstante, ésta difiere por su indumento en general menos patente, hojas seminales lineares, verdes por el haz y envés, y nomófilos con pelos del haz más cortos.

Echium acanthocarpum Svent., 1968

(Figura 3)

Fruto: Tetranúcula, de color gris-marrón oscuro. Núcula de 4,3-5 x 2,1-2,5 mm, de sección más o menos triangular en su parte media, con tres prominencias en su parte apical, de base truncada y frecuentemente provista de restos del pedúnculo floral.

Semillas: Prácticamente inseparables del conjunto del fruto. Peso medio: 8 mg.

Plántula: Hipocótilo de 12-15 mm, verde claro a rojizo. Hojas seminales de 12-17 x 10-14 mm, sésiles a subpecioladas, orbiculares, de margen ligeramente sinuado, pelosas, con un fino nervio rojizo en el haz y prominente en el envés, verde-claras. Nomófilos de 30-40 x 8-14 mm, provistos de un pecíolo de hasta 5 mm, lanceolados, enteros, pinnados, pelosos en el haz y glabros en el envés, verde-claros y base ligeramente rojiza.

Sambucus nigra ssp. *palmensis* (Link in Buch) Bolli, 1994

(Figura 4)

Fruto: Drupa (nuculanio) de 5-6 mm, subglobosa, negro-parduzca, con tres huesecillos monospermos.

Semillas: Semillas de 2-3 mm, oblongas, comprimidas. Peso medio: 1,33 mg.

Plántula: Hipocótilo de hasta 11 mm, glabro, verde-hialino. Hojas seminales de 9 x 5 mm, con pecíolo de hasta 4 mm, ovadas, ápice ligeramente retuso, margen escasamente sinuado, glabras, verdes. Epicótilo nulo o casi nulo. Nomófilos opuestos, de 6-7 x 7 mm, simples, muy anchamente ovados, margen aserrado, ápice agudo, hirtulos por ambas superficies foliares, verdes; de pecíolo acanalado e hirtulo de unos 3 mm.

4. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a Luz Marina Rodríguez la realización iconográfica de los taxones *Echium acanthocarpum* y *Sambucus nigra* ssp. *palmensis*.

5. BIBLIOGRAFÍA

BAÑARES, Á., M. CASTROVIEJO & J. REAL (1993). Recovery plan for the threatened flora of the Teide National Park. I. *Cistus osbaeckiaefolius* Webb ex Christ and *Helianthemum juliae* Wildpret. *Bol. Mus. Munic. Funchal*, Sup. 2: 41-56.

- B.O.C. (Boletín Oficial de Canarias), 2001. Decreto 151/2001, de 23 de julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias. Boletín Oficial de Canarias 97/2001.
- B.O.C. (Boletín Oficial de Canarias), 2007. Decreto 92/2007, de 8 mayo, por el que se aprueba el Plan de Conservación del Hábitat del Tajinaste Azul de La Gomera (*Echium acanthocarpum*). Boletín Oficial de Canarias 103/2007.
- CARQUÉ, E., M. DURBÁN, M. MARRERO & Á. BAÑARES (2004). Influencia de los herbívoros introducidos en la supervivencia de *Stemmacantha cynaroides* (Asteraceae). Una especie amenazada de las islas Canarias. *Vieraea* 32: 97-105.
- FONT QUER, P. (1993). *Diccionario de Botánica*.- Barcelona: Ed. Labor S.A., 1244 pp.
- HARPER, J.L., (1977). Population biology of plants. Academic Press, London. 892 pp.
- MAMAROT, M. 2002. Mauvaises herbes des cultures. Association de Coordination Technique Agricole. Paris.
- MARRERO, M., Á. BAÑARES, E. CARQUÉ & A. PADILLA (1999): Size structure in populations of two threatened endemic plant species of the Canary Islands: *Cistus osbaeckiaefolius* and *Helianthemum juliae*. *Natural Areas Journal* 19(1): 79-86.
- MARRERO-GÓMEZ, M.V., ARÉVALO, J.R., BAÑARES-BAUDET, A., CARQUÉ-ÁLAMO, E. (2000). Study of the establishment of the endangered *Echium acanthocarpum* (Boraginaceae) in the Canary Islands. *Biological Conservation* 94: 183-190.
- MARRERO GÓMEZ, M., CARQUÉ ÁLAMO, E. & BAÑARES BAUDET, A. (2002). Metodología del seguimiento de las poblaciones de especies vegetales amenazadas en los Parques Nacionales Canarios: demografía, dinámica y viabilidad poblacional. In: A. Bañares Baudet (coord.): 193-232. *Biología de la conservación de plantas amenazadas*. Serie Técnica. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- MARRERO, M., Á. BAÑARES & E. CARQUÉ (2005). Viabilidad de las poblaciones del endemismo tinerfeño *Echium auberianum* (Boraginaceae). *Vieraea* 33: 93-104.
- MARRERO, M., G. OOSTERMEIJER, E. CARQUÉ & Á. BAÑARES (2007). Population viability of the narrow endemic *Helianthemum juliae* (Cistaceae) in relation to climate variability. *Biological Conservation* 136: 552-562.
- MORENO, N. P. (1984). *Glosario botánico ilustrado*.- Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones de Recursos Bióticos, 300 pp.
- MULLER, F. M. (1978). *Seedlings of the north-western european lowland*.- The Hague, Boston: Dr. W. Junk B.V. Publishers, 654 pp.
- RADFORD, A. E., W. C. DICKISON, J. R. MASSEY & C. RICHIE BELL (1974). *Vascular Plants Systematics*.- New York: Harper & Row Publisher, 891 pp.
- REAL, J., E. CARQUÉ, Á. BAÑARES & M.V. MARRERO (2001). Estudio morfológico de frutos, semillas y plántulas de algunos endemismos vegetales del piso bioclimático supracanario seco. *Vieraea* 29: 1-15.
- SERRA, M.T. 1991. *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser: organización morfológica de semilla, plántula y estados juveniles. *Ciencias Forestales* (Santiago), 7 (1, 2): 21-27.
- WILLIAMS, J.B., J.R. MORRISON & C. WOOD. 1987. ADAS Colour atlas of weed seedlings. Wolfe Publishing Ltd. London.

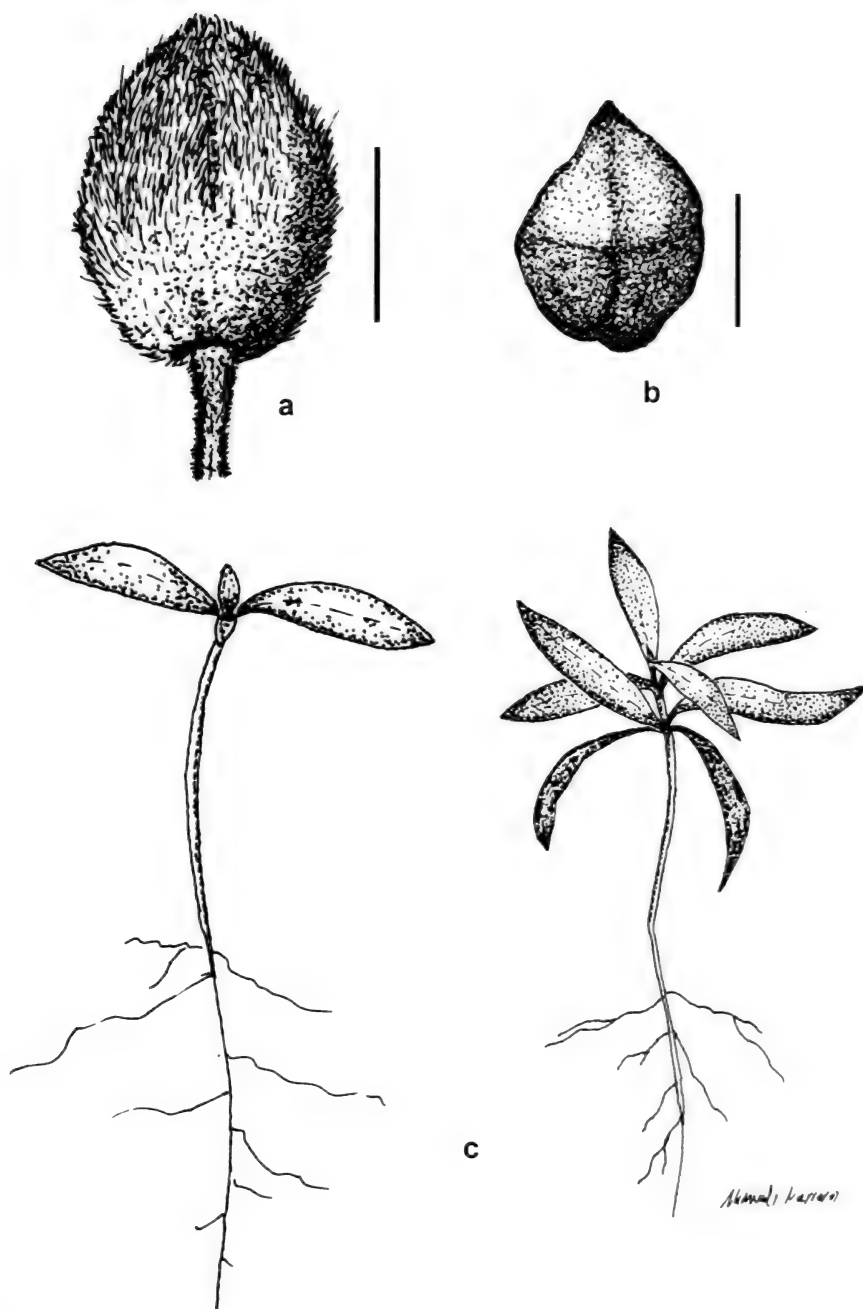


Figura 1.- *Cistus chinamadensis* ssp. *gomeræ*. a: fruto; b: semilla; c: plántulas. (escala gráfica: a, c = 5 mm; b = 0.5 mm)

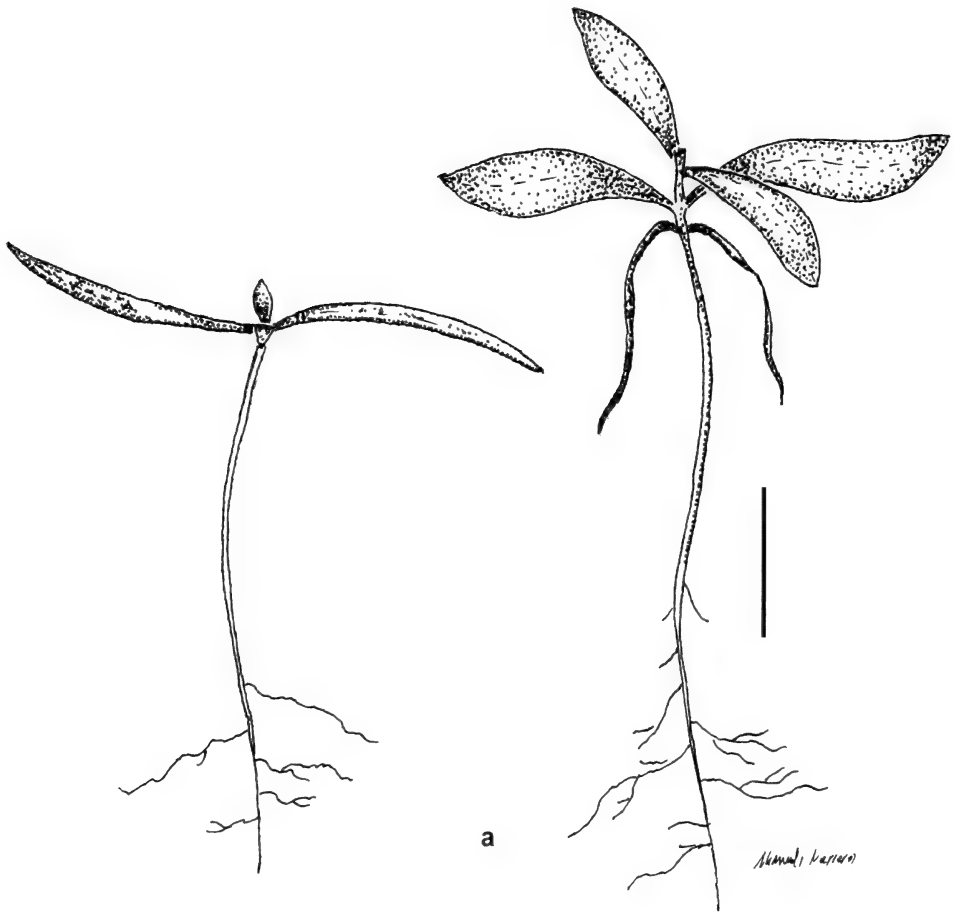


Figura 2.- *Cistus monspeliensis*. a: plántulas. (escala gráfica = 5 mm)

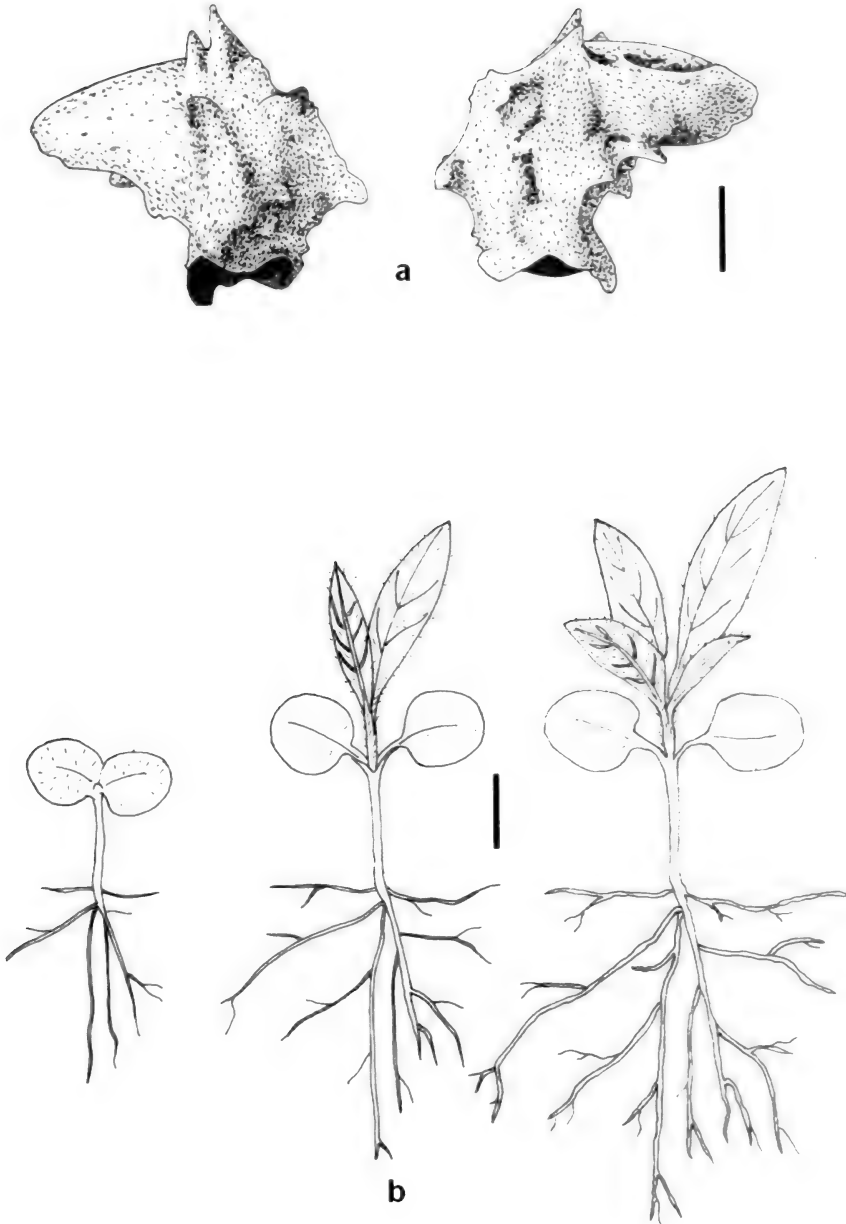


Figura 3.- *Echium acanthocarpum*. a: semillas; b: plántulas. (escala gráfica: a = 1 mm; b = 14 mm)

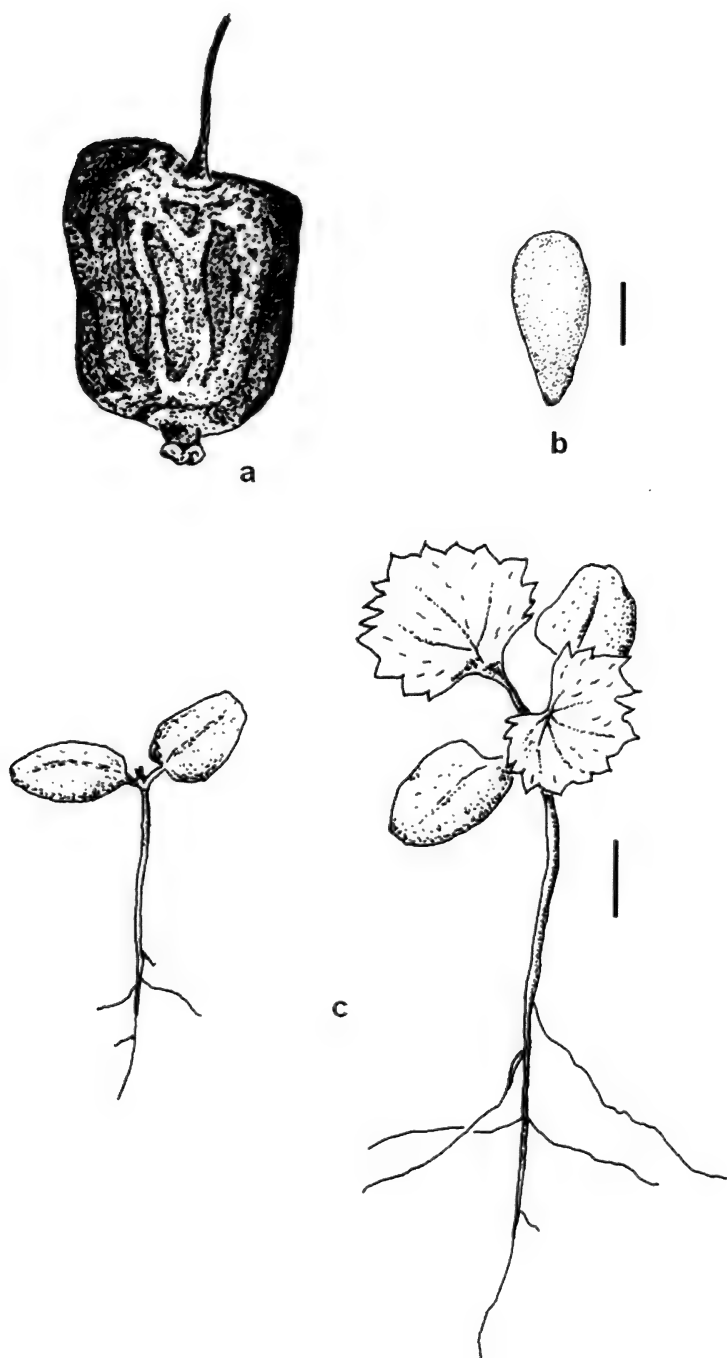


Figura 4.- *Sambucus nigra* ssp. *palmensis*. a: fruto; b: semilla; c: plántulas. (escala gráfica: a, b = 1 mm; c = 5 mm)

DOS NUEVAS ESPECIES DE MOLUSCOS NEOGASTRÓPODOS (MOLLUSCA: GASTROPODA) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA “PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES”, CUBA

J. Espinosa¹, J. Ortea² & L. Moro³

¹Instituto de Oceanología, Avda, 1ª e 184/186, Playa, La Habana, Cuba.

²Departamento de Biología y Sistemas, Universidad de Oviedo, España.

³Centro de Planificación Ambiental (CEPLAM)

Ctra. de La Esperanza km 0'8, Tenerife, Islas Canarias, España.

RESUMEN

Se describen dos nuevas especies de los géneros *Costoanachis* Sacco, 1890 (familia Columbellidae) y *Volvarina* Hinds, 1844 (familia Marginellidae), procedentes de la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba.

Palabras clave: Mollusca, Columbellidae, Marginellidae, nuevas especies, Cuba

ABSTRACT

Two new species of the genera *Costoanachis* Sacco, 1890 (family Columbellidae) and *Volvarina* Hinds, 1844 (family Marginellidae), from the Guanahacabibes Peninsula Biosphere Reserve, Pinar del Río, Cuba, are described.

Key words: Mollusca, Columbellidae, Marginellidae, new species, Cuba

1. INTRODUCCIÓN

Con la presente publicación queremos dar continuidad a la divulgación de los resultados de los muestreos intensivos de moluscos marinos de la Reserva de la Biosfera “Península de Guanahacabibes”, Cuba, y cuyo inventario total se acerca ya a las 800 especies (véase ESPINOSA & ORTEA [1] y [2]; ESPINOSA, ORTEA, CABALLER & MORO [3] y ESPINOSA, ORTEA, FERNÁNDEZ-GARCÉS & MORO [4]) y, a la vez, rendir un sentido homenaje uniendo en este artículo los nombres de dos excelentes naturalistas y mejores amigos, uno canario y el otro cubano, que nos han acompañado en nuestras campañas de investigación en esa importante reserva natural del occidente de Cuba.



Juan José Bacallado Aránega y Osmani Borrego Fernández en el Parque Nacional de Guanahacabibes..

2. SISTEMÁTICA

Clase GASTROPODA

Subclase PROSOBRANCHIA

Orden NEOGASTROPODA

Familia COLUMBELLIDAE Swainson, 1840

Subfamilia ATILINAE Cossmann, 1901

Género *Costoanachis* Sacco, 1890

Costoanachis bacalladoi especie nueva

(Lámina 1)

Material examinado: Dos ejemplares recolectados en los Cayos de la Leña (localidad tipo), ensenada de Bolondrón, península de Guanahacabibes, Pinar de Río, Cuba, entre 1 y 1,5 metros de profundidad, en fondo de arena con *Thalassia testudinum* y algas. Holotipo (6,98 mm de alto y 2,87 mm de ancho) depositado en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba.

Descripción: Concha fusiforme, de tamaño pequeño comparada con otras especies antillanas del género. Protoconcha formada por una y media vueltas relativamente grandes y de

rápido crecimiento, con un núcleo pequeño, con la sutura sombreada por una línea muy fina de color pardo. Teloconcha formada por cinco vueltas ligeramente convexas y esculpidas por costillas axiales marcadas, casi rectas y más anchas que los espacios intercostales, los cuales carecen de escultura espiral visible. En la última vuelta hay 20 costillas axiales hasta la várice postlabral, la cual es baja, poco engrosada y mal definida en general. Por debajo de la periferia de la última vuelta y hasta la base de la concha hay de 14 a 15 cordones espirales, casi subiguales al principio y algo más desarrollados en la base. La abertura es oval, con el labio externo simple y poco engrosado, con unas seis liras internas, las tres posteriores formando denticulos alargados con el superior y más marcado delimitando la escotadura anal, que es ancha y poco profunda. Pared parietocolumelar cubierta por un callo grueso, con cinco pequeños y débiles denticulos internos. Color de fondo crema tostado, con una línea pardo oscuro en el área subsutural, color que se extiende sobre las costillas axiales y en ocasiones también en el área subsutural; debajo de la periferia de la concha el color pardo forma retículos y hacia la base flámulas. El interior de la abertura es grisáceo y amarillento hacia el borde libre del labio palatal; callo parieto columelar con manchas pardas.



Lámina 1.- *Costoanachis bacalladoi*, especie nueva

Etimología: Nombrada en honor del Dr. Juan José Bacallado, tinerfeño, amigo y colega, con motivo de su primera visita a la península de Guanahacabibes que le dejó la impronta de indelebles huellas en su sensible alma de naturalista puro.

Discusión: Por su tamaño, escultura y otros caracteres distintivos de la concha, *Costoanachis bacalladoi*, especie nueva, no guarda relación con ninguna otra especie antillana conocida del género. La ausencia de escultura espiral en los espacios intercostales la diferencian fácilmente de *Costoanachis sparsa* (Reeve, 1859) y *Costoanachis catenata* (Sowerby, 1844), y aunque *Costoanachis rudyi* Espinosa y Ortea, 2005, también descrita de la costa norte de la península de Guanahacabibes, presenta esta última cualidad, es de mayor tamaño (superior a los 10 mm de largo), tiene la protoconcha de tamaño menor y con un número mayor de vueltas (dos) y, en general, la escultura axial y el patrón de la concha son bien diferentes.

Familia MARGINELLIDAE Fleming, 1828

Género *Volvarina* Hinds, 1844

***Volvarina osmani* especie nueva**

(Lámina 2)

Material examinado: Cinco ejemplares vivos y numerosas conchas recolectadas en sedimentos provenientes del canto del veril, en arrecifes coralinos, del punto de buceo Cuevas de Pedro (localidad tipo), María la Gorda, península Guanahacabibes, provincia Pinar del Río, Cuba, entre 25 y 30 metros de profundidad. Holotipo (5,3 mm de largo y 2,5 mm de ancho) depositado en la colección Malacológica del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. Paratipo (5,2 mm de alto y 2,5 mm de ancho), depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, Islas Canarias.

Descripción: Concha lisa y brillante, de tamaño muy pequeño comparada con otras especies antillanas del género, de forma fusiforme alargada, con el lado izquierdo de la concha convexo y el derecho casi recto (vista oral). La espira es moderadamente extendida y saliente, algo ancha, formada por tres vueltas, la primera de las cuales, relativamente grande y redondeada, es de protoconcha. La última y tercera vuelta ocupa aproximadamente el 82 % del largo total de la concha. La abertura es estrecha en su porción posterior y ensanchada en la anterior, principalmente al nivel de los tres pliegues columelares más anteriores; el *labrum* es poco engrosado y moderadamente ancho, sin denticulos internos. Columela con cuatro pliegues casi paralelos entre sí y de desarrollo subigual, el segundo anterior es el más alargado y el cuarto posterior el menos marcado. Color pardo a pardo naranja, con dos anchas bandas espirales claras, casi blancas, una superior y la otra hacia la mitad de la última vuelta; el interior de la abertura tiene el mismo patrón de color que presenta la concha externamente, con los pliegues columelares blancos. El *labrum* es casi blanco, con dos anchas bandas pardas, una anterior y la otra posterior.

El animal es de color blanco leche con manchitas rojas en el sifón y en ambos lados del borde anterior del pie.

Etimología: Nombrada en honor del Lic. Osmani Borrego Fernández, Especialista Ambiental del Parque Nacional Península de Guanahacabibes, y profundo conocedor de su



Lámina 2.- *Volvarina osmani* especie nueva

flora y fauna terrestre. Un hombre con una gran humanidad y educación, buen esposo, buen padre y excelente amigo.

Discusión: Aparentemente relacionada con *Volvarina albolineata* (d'Orbigny, 1842), de la Habana, Cuba, *Volvarina osmani*, especie nueva se diferencia de ésta por su tamaño comparativamente más pequeño, su forma más estrecha y alargada, con la espira más extendida, y por presentar las dos bandas claras espirales mucho más anchas.

3. AGRADECIMIENTOS

Queremos reconocer el apoyo brindado por los dirigentes, funcionarios y empleados de la Oficina para el Desarrollo Integral de Guanahacabibes (DIG), que posibilitaron nuestros muestreos en dicha reserva natural. A la dirección y trabajadores del Parque Nacional Península de Guanahacabibes por las atenciones y facilidades recibidas. Nuestro agradecimiento también para los buzos y trabajadores del Centro Internacional de Buceo María la Gorda, por su apoyo incondicional en las colectas submarinas.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ESPINOSA, J, & J. ORTEA. 2003. Nuevas especies de moluscos marinos (Mollusca: Gastropoda) del Parque Nacional Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Avicennia*, 16: 143-156.
- [2] ESPINOSA, J, & J. ORTEA. 2006. El género *Gibberula* (Mollusca: Neogastropoda: Cystiscidae) en Cuba con la descripción de nuevas especies. *Avicennia*, 19: 46-52.
- [3] ESPINOSA, J, ORTEA, J., CABALLER, M., & L. MORO. 2005. Moluscos marinos de la península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba, con la descripción de nuevos taxones. *Avicennia*, 18: 1-84.
- [4] ESPINOSA, J, ORTEA, J., FERNÁNDEZ GARCÉS, R. & L. MORO. 2006. Adiciones a la fauna de moluscos marinos de la península de Guanahacabibes, con la descripción de nuevas especies. *Avicennia*, 19: 61-76.

DOS NUEVOS PROSOBRANQUIOS (MOLLUSCA: GASTROPODA) MARINOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA “PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES”, CUBA

J. Ortea¹, J. Espinosa² & R. Fernández-Garcés³

¹Departamento de Biología y Sistemas, Universidad de Oviedo, España.

²Instituto de Oceanología, Avda. 1ª e 184/186, Playa, La Habana, Cuba.

³Centro de Estudios Ambientales, calle 17, esquina Ave. 45, Cienfuegos, Cuba.

RESUMEN

Se describen dos nuevas especies de prosobranquios marinos de los géneros *Emiliotia* Faber, 2006 (familia Turbinidae) y *Steironepion* Pilsbry & Lowe, 1932 (familia Columbelloidea), recolectadas en la península de Guanahacabibes, Cuba.

Palabras clave: Mollusca, Turbinidae, Columbelloidea, nuevas especies, Cuba

ABSTRACT

Two new marine prosobranch species of the genera *Emiliotia* Faber, 2006 (family Turbinidae) and *Steironepion* Pilsbry & Lowe, 1932 (family Columbelloidea) from the Guanahacabibes peninsula, Cuba, are described.

Key words: Mollusca, Turbinidae, Columbelloidea, new species, Cuba

INTRODUCCIÓN

En la continuación del inventario de los moluscos marinos de la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, realizados por el Instituto de Oceanología dentro del proyecto “Fortalecimiento de la Gestión del Desarrollo Integral y Sostenible de la Península de Guanahacabibes, Reserva de la Biosfera, Pinar del Río, Cuba”, que ejecuta la Oficina para el Desarrollo Integral de Guanahacabibes (DIG), y cuyos resultados previos han sido presentados por ESPINOSA & ORTEA [1] y [2]; ESPINOSA, ORTEA, CABALLER & MORO [3] y ESPINOSA, ORTEA, FERNÁNDEZ-GARCÉS & MORO [4], hemos encontrado dos nuevas especies de prosobranquios, que por su tamaño pequeño y las características peculiares de la escultura de sus conchas describimos a continuación.

SISTEMÁTICA

Clase GASTROPODA
Subclase PROSOBRANCHIA
Orden VETIGASTROPODA
Familia TURBINIDAE Rafinesque, 1815
Subfamilia COLLONIINAE Coossmann, 1917
Género *Emiliotia* Faber, 2006

Emiliotia immaculatus especie nueva

(Lámina 1)

Material examinado: 15 conchas recogidas en los sedimentos de las Cuevas de Pedro (localidad tipo), entre 25 y 33 metros de profundidad, María la Gorda, península de Guanahacabibes, Pinar de Río, Cuba. Holotipo (1,1 mm de alto y 1,6 mm de diámetro máximo) depositado en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. Paratipo (1,15 mm de alto y 1,7 mm de diámetro máximo), depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, Islas Canarias.

Descripción: Concha de tamaño muy pequeño, turbiniforme, de color blanco leche algo translúcido y ampliamente umbilicada. Protoconcha de una vuelta, relativamente grande y aparentemente con escultura espiral. La teleoconcha está formada por 2 vueltas, esculpturadas por numerosas costillitas axiales, las cuales están más marcadas en el área subsutural y en la base de la concha, incluido el interior del ombligo. Hacia el hombro de las vueltas, las costillitas axiales son cortadas por cordones espirales delimitados por finas líneas incisivas, unos 8 hacia el final de la última vuelta, cordones que, al igual que las costillitas axiales, se desvanecen hacia la periferia de la concha, la cual es casi lisa. Sutura estrecha y algo profunda. La abertura es subcircular, con el labio externo simple y cortante; el labio parietal es casi recto, delimitando externamente al ombligo, que es relativamente ancho y profundo, adornado en su borde y en su interior por las costillitas axiales.

Etimología: *immaculatus*, sin manchas, en alusión a la ausencia de manchas de color en la concha de esta nueva especie, resaltando ese carácter.

Discusión: Hasta el presente el género *Emiliotia* era conocido solamente por su especie tipo, *Emiliotia rubrostriatus* (Rolán, Rubio & Fernández-Garcés, 1997), de la cual *Emiliotia immaculatus*, especie nueva, difiere marcadamente por la forma y desarrollo de su escultura, tanto axial como espiral, y especialmente por la ausencia de las distintivas manchitas rojas de *E. rubrostriatus*, entre otros caracteres (véase ROLÁN, RUBIO & FERNÁNDEZ-GARCÉS [7] y FABER [5] y [6]).

Orden NEOGASTROPODA
Familia COLUMBELLIDAE Swainson, 1840
Subfamilia ATILINAE Coosman, 1901
Género *Steironepion* Pilsbry & Lowe, 1932

***Steironepion delicatus* especie nueva**
(Láminas 2 y 3-A)

Material examinado: Varios ejemplares recolectados vivos y numerosas conchas recogidas en los sedimentos de las Cuevas de Pedro (Localidad tipo), entre 25 y 33 metros de profundidad, y en otros puntos de buceo de Maria la Gorda, Guanahacabibes, Pinar de Río, Cuba. Holotipo: 3,5 mm de largo y 1,4 mm de ancho, depositado en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. Paratipo: 3,6 mm de largo y 1,5 mm de ancho, depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, Islas Canarias.

Descripción: Concha subfusiforme de tamaño pequeño y aspecto delicado. Protoconcha formada por 1½ vueltas aparentemente lisas, pero esculpturadas microscópicamente, redondeadas y algo globosas. Teleoconcha con 3 vueltas moderadamente convexas y de perfil ligeramente anguloso, adornadas por vórices axiales relativamente anchas, 9 en la última vuelta, cruzadas por cordones espirales, de 13 a 15 en la última vuelta, los más marcados distribuidos del hombro a la periferia de la vuelta. La abertura es suboval alargada, con el labio externo simple y reforzado por la varice postlabral, que es relativamente baja, ancha y poco engrosada. Callo parieto columelar algo ancho y poco engrosado. El color de fondo es rosa pálido, oscurecido por dos bandas espirales de color pardo, una subsutural y la otra hacia la base de la concha, sobre las cuales y en los cordones espirales hay pequeñas manchitas pardo rojizas, dispuestas a modo de líneas interrumpidas.

El animal es de color blanco hialino, con pequeños puntos blanco nieve algo dispersos y mas aparentes sobre el sifón. El opérculo es de forma casi subtriangular, muy delgado y algo translúcido, de color amarillo claro.

Etimología: del latín *delicatus*, en alusión al aspecto delicado y diseño armónico que presenta la concha de esta nueva especie.

Discusión: Por su tamaño y la forma y escultura general de la concha, *Steironepion delicatus*, especie nueva, puede ser comparado con *Steironepion dubia* Olsson & McGinty, 1958 de la cual difiere por ser de tamaño comparativamente menor y aspecto más delicado y tener su protoconcha lisa, sin el cordón espiral que presenta la de *S. dubia*, entre otras diferencia.

3. AGRADECIMIENTOS

Reconocemos al Dr. Emilio Rolán Mosquera, de Vigo, y al Lic. Leopoldo Moro Abad, Centro de Planificación Ambiental, islas Canarias, su apoyo para la confección de las ilustraciones de este trabajo. Vaya también nuestro reconocimiento a los dirigentes, funcionarios y empleados del DIG, que posibilitaron nuestros muestreos en la península de Guanahacabibes, así como a los buzos y trabajadores del Centro Internacional de Buceo

María la Gorda, por su apoyo incondicional en las colectas submarinas, y en este último sentido también a nuestro colega y amigo Leopoldo Moro.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ESPINOSA, J, & ORTEA, J. 2003. Nuevas especies de moluscos marinos (Mollusca: Gastropoda) del Parque Nacional Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Avicennia*, 16: 143-156.
- [2] ESPINOSA, J, & ORTEA, J. 2006. El género *Gibberula* (Mollusca: Neogastropoda: Cystiscidae) en Cuba con la descripción de nuevas especies. *Avicennia*, 19: 46-52.
- [31] ESPINOSA, J, ORTEA, J., CABALLER, M., & MORO, L. 2005. Moluscos marinos de la península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba, con la descripción de nuevos taxones. *Avicennia*, 18:1-84.
- [4] ESPINOSA, J, ORTEA, J., FERNÁNDEZ-GARCÉS, R. & MORO, L. 2006. Adiciones a la fauna de moluscos marinos de la península de Guanahacabibes, con la descripción de nuevas especies. *Avicennia*, 19: 61-76.
- [5] FABER, M. J. 2006. Marine gastropods from the ABC Islands and other localities. 8. On the distribution of "*Bothropoma*" *rubrostriatum* Rolán, Rubio & Fernández-Garcés, 1997, with the introduction of *Emiliotia*, n. gen. (Gastropoda: Turbinidae). *Miscellanea Malacologica*, 2(1): 13-18.
- [6] FABER, M. J. 2006. Marine gastropods from the ABC-islands and other localities. 12. Additional notes on the distribution of *Emiliotia rubrostriatus* (Rolán, Rubio & Fernández-Garcés, 1997) (Gastropoda: Turbinidae). *Miscellanea Malacologica*, 2(2): 40.
- [7] ROLÁN, E. RUBIO, F. & FERNÁNDEZ-GARCÉS, R. 1999. A new species of *Bothropoma* (Gastropoda: Turbinidae) from Cuba. *Argonauta*, II: 19 – 24.



Lámina 1.- *Emiliotia immaculatus*, especie nueva.

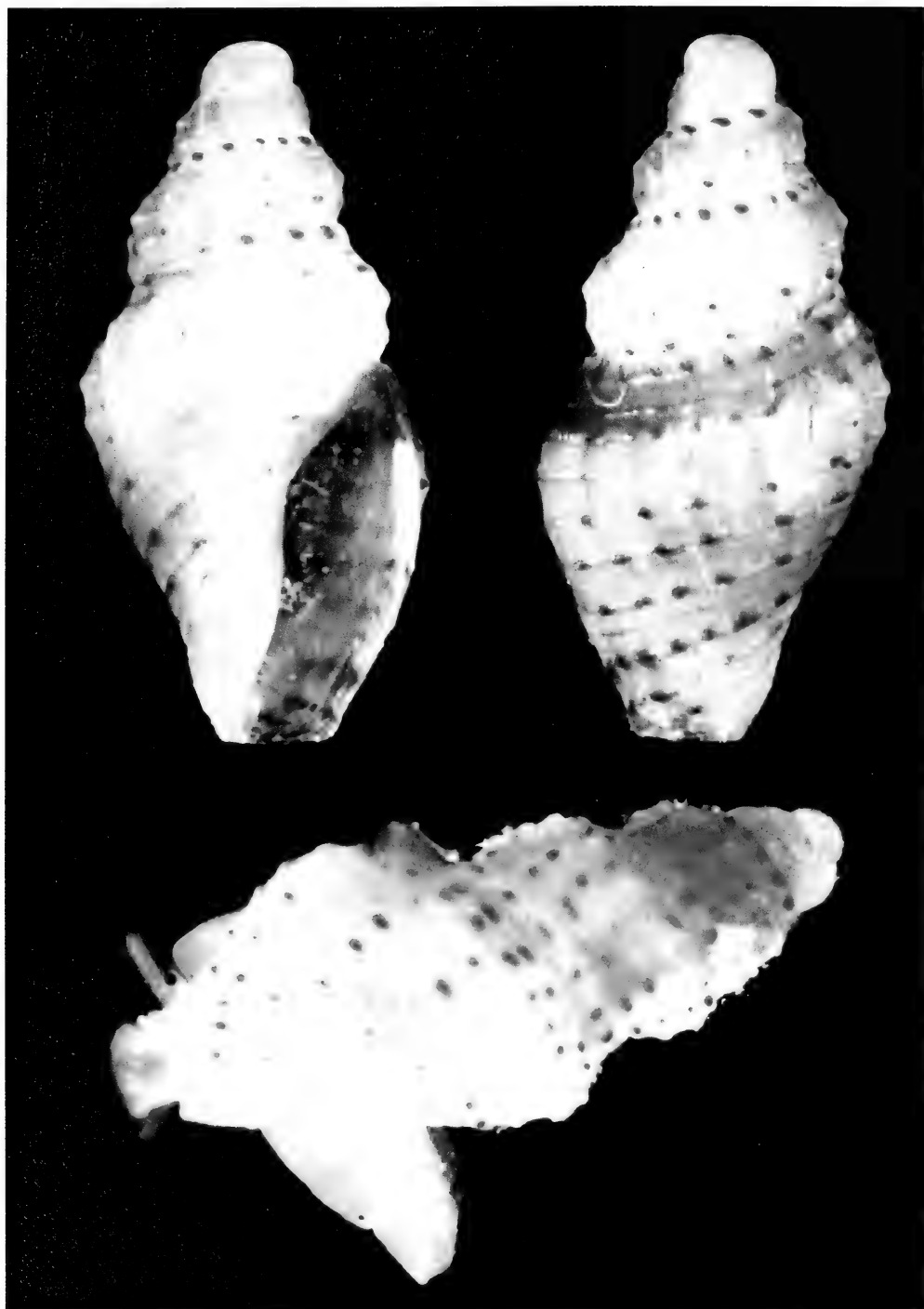


Lámina 2.- *Steironepion delicatus*, especie nueva.

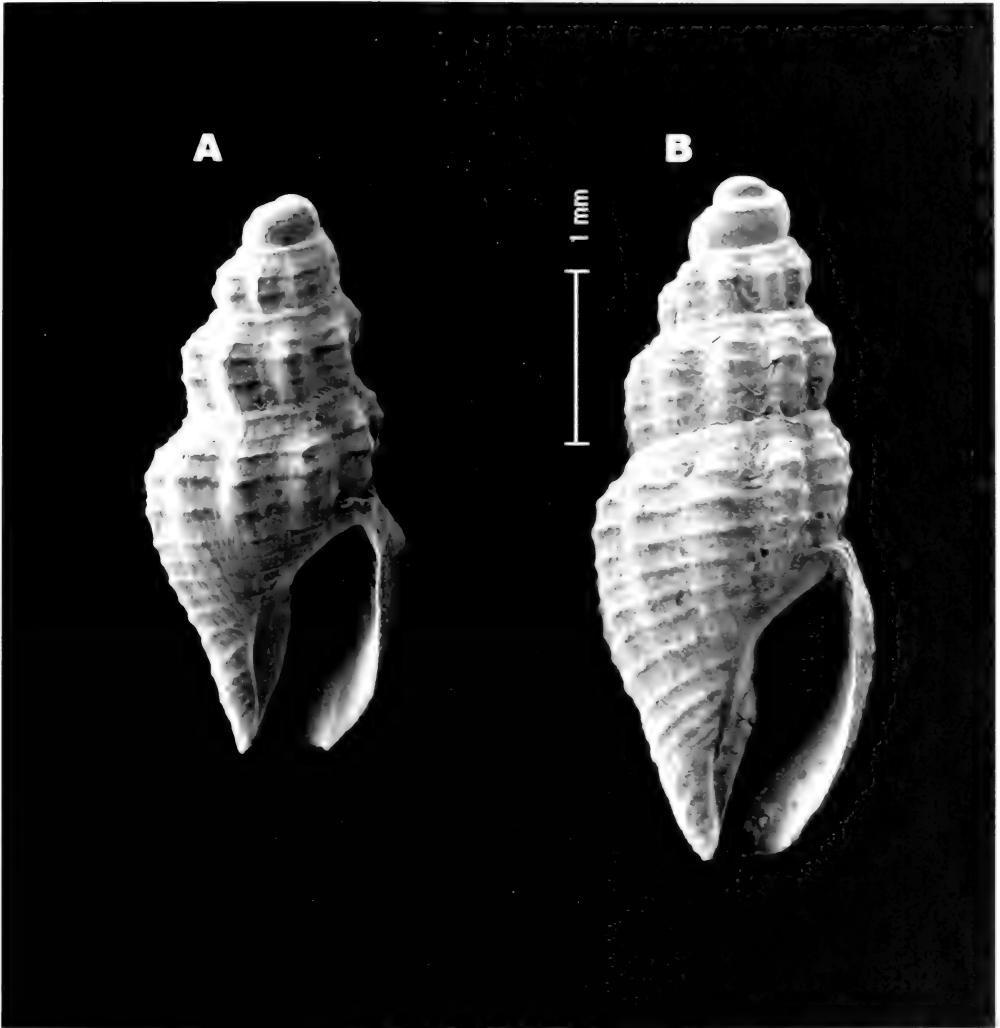


Lámina 3.- A. *Steironepion delicatus*, especie nueva. B. *Steironepion dubia* Olsson & McGinty, 1958.

DOS NUEVAS ESPECIES DE LA FAMILIA PICKWORTHIIDAE (MOLLUSCA: CAENOGASTROPODA) DE CUEVAS Y SOLAPAS SUBMARINAS DE CUBA

J. Espinosa¹, J. Ortea² & R. Fernández-Garcés³

¹Instituto de Oceanología, Avda. 1ª e 184/186, Playa, La Habana, Cuba.

²Departamento de Biología y Sistemas, Universidad de Oviedo, España.

³Centro de Estudios Ambientales, calle 17, esquina Ave. 45, Cienfuegos, Cuba.

RESUMEN

Se describen dos nuevas especies de la familia Pickworthiidae, de los géneros *Ampullosansonia* Kase, 1999 y *Clathrosansonia* Sabelli & Taviani, 2003, recolectadas en cuevas y solapas submarinas de Cuba.

Palabras clave: Mollusca, Pickworthiidae, nuevas especies, Cuba

ABSTRACT

Two new species of the family Pickworthiidae belonging to the genera *Ampullosansonia* Kase, 1999 and *Clathrosansonia* Sabelli & Taviani, 2003, from Cuban submarine caves, are described.

Key words: Mollusca, Pickworthiidae, new species, Cuba

1. INTRODUCCIÓN

La realización de muestreos intensivos en cuevas y solapas submarinas, entre 15 y 38 m de profundidad, han aportado valiosa información sobre la fauna de moluscos cubanos de esos hábitats, hasta el presente desconocida. Varias especies singulares y que han resultado nuevas para la ciencia han sido publicadas anteriormente: *Runcina dorkae* Ortea, Moro & Espinosa, 2006, *Haplocochlias cubensis* Espinosa, Ortea & Fernández-Garcés, 2007, *Cyclostrema bibi* Espinosa, Ortea & Fernández-Garcés, 2007, *Caecum jonatani* Espinosa, Ortea & Fernández-Garcés, 2007, *Eulimostraca dalmata* Espinosa & Ortea, 2007, *Inella pinarena* Espinosa, Ortea & Fernández-Garcés, 2007, *Pterynotus emiliae* Espinosa, Ortea & Fernández-Garcés, 2007, *Inbiocystiscus triplicata* Espinosa & Ortea, 2007 y *Gibberula cavernicola* Espinosa & Ortea, 2007, mientras que otras permanecen aún en el anonimato, a la espera de la obtención de material adicional para sustentar sus descripciones.

En el presente trabajo damos a conocer dos nuevas especies de la familia Pickworthiidae Iredale, 1927, recolectadas en dichos muestreos intensivos, una del género *Ampullosansonia* Kase, 1999, proveniente de la zona de María la Gorda, Península de Guanahacabibes, costa suroccidental de Cuba, y la otra del género *Clathrosansonia* Sabelli & Taviani, 2003, de Alamar, La Habana, costa noroccidental de Cuba.

2. SISTEMÁTICA

Familia PICKWORTHIIDAE Iredale, 1927

Género *Ampullosansonia* Kase, 1999

Ampullosansonia atlantica especie nueva

(Lámina 1)

Material examinado: Cuatro conchas recogidas en los sedimentos de las Cuevas de Pedro (Localidad tipo), entre 25 y 33 metros de profundidad, y dos conchas y un fragmento de concha de los sedimentos de la Cueva de Yemayá, entre 15 y 37 metros de profundidad, puntos de buceo de María la Gorda, Guanahacabibes, Pinar de Río, Cuba. Holotipo: (1,48 mm de largo y 0,8 mm de ancho) depositado en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. Paratipo: (1,3 mm de largo y 1,0 mm de ancho), depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, Islas Canarias.

Descripción: Concha de tamaño pequeño, de forma cónico globosa, de color blanco hialino y de aspecto frágil. Protoconcha típicamente Pickworthiidae, con un diámetro máximo de unas 150 μ m, formada por dos vueltas, con el núcleo y parte de la primera vuelta lisa, y la segunda escultrada por dos pares de cordones espirales. La teleoconcha consta de unas cuatro vueltas, las dos primeras de perfil algo anguloso y las dos últimas marcadamente redondeadas y globosas, escultradas por líneas axiales y cordones espirales. Como es característico del género, las líneas axiales son ortoclinas en las primeras vueltas y prosoclinas en la última, en la cual hay unas 48 líneas axiales cruzadas por 14 cordones espirales, el primero de los cuales está situado hacia el hombro de la vuelta, mientras que el segundo es periférico y algo separado del primero; los 12 cordones restantes tienen una separación casi uniforme entre sí. La abertura es circular, rodeada por un peristoma doble con el borde más externo expandido y el interno ligeramente evertido y sobresaliente, característica de la familia. El pseudo ombligo (más visible en los ejemplares juveniles) es relativamente pequeño y estrecho, ranuriforme, y generalmente está casi cubierto por la expansión externa del labio parietocolumelar en los ejemplares de mayor tamaño. La sutura de las vueltas es algo estrecha y profunda.

Etimología: Gentilicio alusivo al océano Atlántico, por ser la primera especie atlántica asignada al género *Ampullosansonia*.

Discusión: Las características generales de la concha de *Ampullosansonia atlantica*, especie nueva, parecen adecuarse con la descripción del género dada por KASE [3] el cual estaba representado solamente por 4 especies, provenientes de las cuevas submarinas de las islas del océano Pacífico tropical, y cuyos caracteres conquiológicos sirvieron de base para la propuesta de este género, desconociéndose aún la morfología de los animales y el opérculo.

Las diferencias de la concha de *Ampullosansonia atlantica*, especie nueva, con las de las especies del Pacífico son muy marcadas por lo que no se requiere su comparación en detalle.

Ninguna otra especie de la familia Pickworthiidae conocida del Caribe o señalada para Cuba (véase MOOLENBEEK & FABER [4], ESPINOSA & FERNÁNDEZ-GARCÉS [1], ESPINOSA, FERNÁNDEZ-GARCÉS & ROLÁN [2], ROLAN, ESPINOSA & FERNÁNDEZ-GARCÉS [5], y ROLÁN & FERNÁNDEZ-GARCÉS [6]) merece ser considerada en esta discusión.

Género *Clatrosansonia* Sabelli & Taviani, 2003

***Clatrosansonia habanalamar* especie nueva**
(Lámina 1)

Material examinado: Nueve conchas provenientes de sedimentos recolectados en una solapa del primer veril, entre 15 y 18 m de profundidad, frente al reparto Alamar (localidad tipo), La Habana, Cuba. Holotipo: (1,2 mm de largo y 1,0 mm de ancho) depositado en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. Paratipo: (1,2 mm de largo y 1,15 mm de ancho), depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, Islas Canarias.

Descripción: Concha de tamaño pequeño, troquiforme, ampliamente umbilicada, de color blanco hialino y de aspecto algo sólido. Protoconcha formada por una vuelta, típicamente Pickworthiidae, de 196 μm diámetro máximo, lisa, con un núcleo grande y situado algo excéntrico al eje de enrollamiento de la concha. La teleoconcha consta de unas 3½ vueltas, de lados casi rectos, lo que le confiere un perfil rectilíneo. La escultura de la primera vuelta tiene dos cordones espirales ondulantes, uno subsutural y otro suprasutural, mientras que en la última vuelta hay unos 5 cordones desde la sutura hasta el cordón periférico, que marca la notable carina que caracteriza a esta especie, y por debajo del cual hay 6 ó 7 cordones espirales hasta el amplio ombligo en cuyo interior pueden haber uno o dos cordones adicionales. La escultura axial está muy poco desarrollada, apenas visible en la parte superior de las vueltas. Abertura circular con el labio externo evertido y rodeado por fuera por un ancho repliegue que lo enmarca, semejando un doble peristoma. La sutura de las vueltas es acanalada y profunda.

Etimología: Gentilicio derivado de la unión de La Habana y Alamar (habanalamar), en alusión a la localidad tipo de esta nueva especie.

Discusión: Por su forma general y tamaño *Clathrosansonia carinata*, especie nueva, puede ser comparada con *Clathrosansonia cubensis* (Rolan, Espinosa & Fernández-Garcés, 1991), de la cual difiere por tener una concha más elevada, presentar un desarrollo más pobre de su escultura axial y tener 7 cordones espirales subperiféricos hasta el ombligo (cinco en *C. cubensis*). En adición, las protoconchas de estas dos especies son diferentes.

3. AGRADECIMIENTOS

Reconocemos al Dr. Emilio Rolán Mosquera, de Vigo, España, su ayuda en la confección de las ilustraciones de este trabajo. Los muestreos en María la Gorda fueron realizados al amparo del proyecto "Fortalecimiento de la Gestión del Desarrollo Integral y Sostenible de la Península de Guanahacabibes, Reserva de la Biosfera, Pinar del Río, Cuba", ejecutado por la Oficina para el Desarrollo Integral de la Península de Guanahacabibes, con la participación del Instituto de Oceanología en los inventarios malacológicos.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ESPINOSA, J., & R. FERNÁNDEZ-GARCÉS. 1990. Una nueva especie antillana del género *Sansonia* (Mollusca: Archaeogastropoda). *Poeyana*, 408: 1-3.
- [2] ESPINOSA, J., FERNÁNDEZ-GARCÉS, R. & E. ROLÁN 1990. *Mareleptopoma cubensis* n. sp., a new species from Cuba (Gastropoda Prosobranchia). *Basteria*, 54: 239-241.
- [3] KASE, T. 1999. The Family Pickworthiidae (Gastropoda: Caenogastropoda) from Tropical Pacific Submarine Caves: *Ampullosansonia* n. gen. and *Tinianella* n. gen. *Japanese Journal of Malacology*, 58 (3):91-100.
- [4] MOOLENBECK, R. G. & M. J. FABER. 1984. A new gastropod genus and species from Bonaire, Netherland Antilles. *Stu. Fauna Curaçao and other Caribb. Isl.*, 67: 98-103.
- [5] ROLÁN, E., ESPINOSA, J., Y R. FERNÁNDEZ-GARCÉS. 1990. Los géneros *Sansonia* y *Mareleptopoma* en la Isla de Cuba (Mollusca: Gastropoda). *Thalassas*, 8: 85-91.
- [6] ROLÁN, E. Y R. FERNÁNDEZ-GARCÉS. 1993. Descripción de dos nuevas especies del género *Mareleptopoma* (Gastropoda: Prosobranchia) de Cuba. *Iberus*, 11 (1): 57-60.

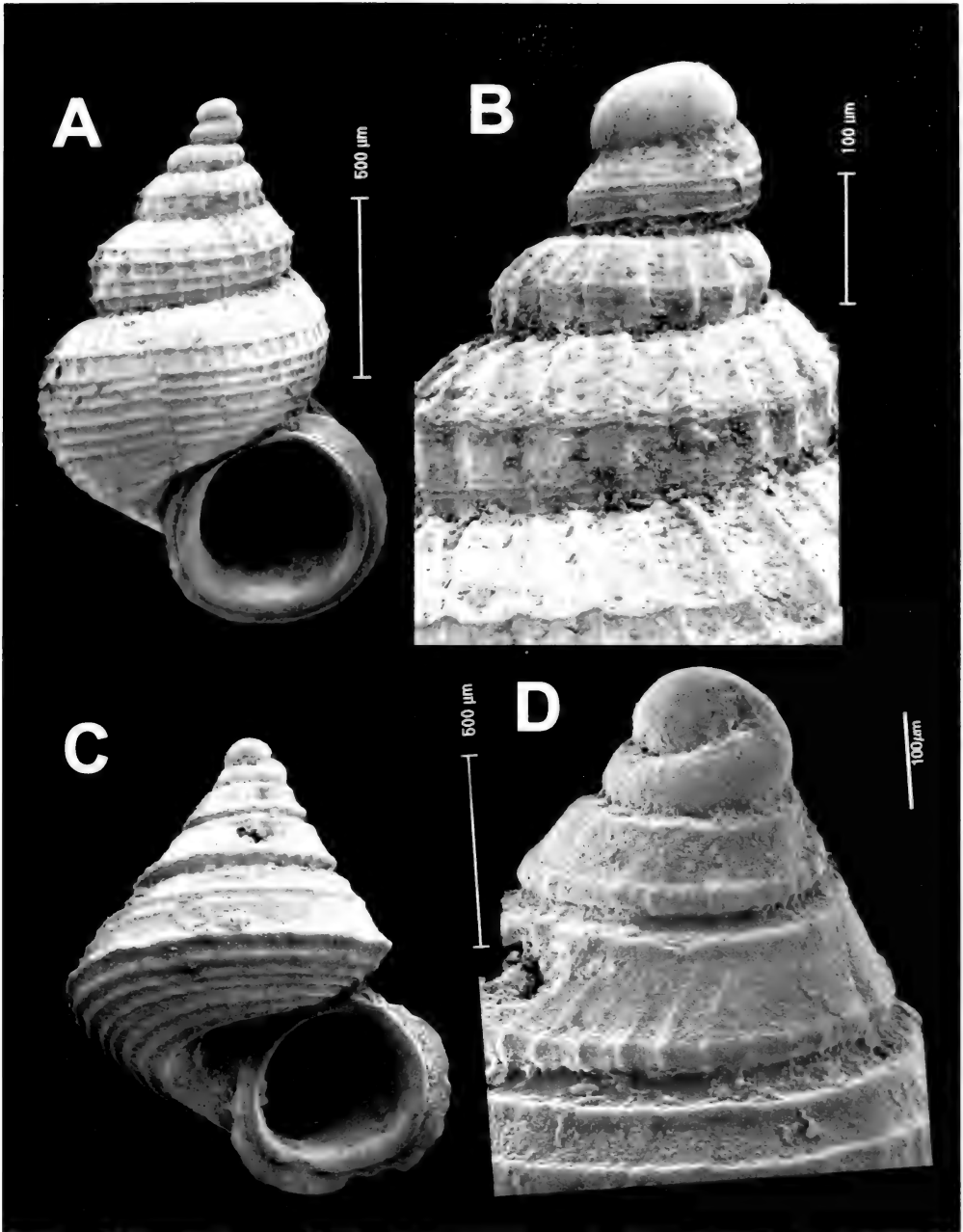


Lámina 1.- A-B. *Ampullosansonia atlantica*, especie nueva; C-D. *Clathrosansonia carinata*, especie nueva.

UNA NUEVA ESPECIE DEL GÉNERO *Cubalaskya* (MOLLUSCA: CAENOGASTROPODA: CERITHIOPSIDAE) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA “PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES”, CUBA

J. Espinosa¹, J. Ortea² & L. Moro³

¹Instituto de Oceanología, Avda, 1ª e 184/186, Playa, La Habana, Cuba.

²Departamento de Biología y Sistemas, Universidad de Oviedo, España.

³Centro de Planificación Ambiental (CEPLAM), Ctra. de La Esperanza km 0'8, Tenerife, Islas Canarias, España.

RESUMEN

Se describe una nueva especie del género *Cubalaskya* Rolán & Fernández-Garcés, 2008, recolectada en los arrecifes coralinos de María la Gorda, península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba.

Palabras clave: Mollusca, Cerithiopsidae, nueva especie, Cuba.

ABSTRACT

A new species of the genus *Cubalaskya* Rolán & Fernández-Garcés, 2008, from the María la Gorda coral reefs, Guanahacabibes peninsula, Pinar del Río, Cuba, is described.

Key words: Mollusca, Cerithiopsidae, new species, Cuba

1. INTRODUCCIÓN

Las recientes contribuciones de FABER [1] y ROLÁN & FERNÁNDEZ-GARCÉS [2] sobre los cerithiopsis caribeños de color blancos, cuyo estatus genérico permanecía indeterminado y de los que veníamos acumulando abundante material, procedente de los inventarios realizados en la península de Guanahacabibes y en otras localidades cubanas, nos permiten describir esta nueva y singular especie, conocida solamente de los arrecifes coralinos de María la Gorda, península de Guanahacabibes, con la cual queremos rendir un homenaje póstumo a nuestro amigo Alberto Cabrera Suárez (Macho), tal vez uno de los últimos maestros de la pesquería artesanal cubana.

2. SISTEMÁTICA

Clase GASTROPODA

Subclase PROSOBRANCHIA

Orden CAENOGASTROPODA

Familia CERITHIOPSIDAE H. & A. Adams, 1863

Género *Cubalaskya* Rolán & Fernández-Garcés 2008

Cubalaskya machoi especie nueva

Lámina 1

Material examinado: 10 conchas recogidas en los sedimentos del canto de Yemayá (localidad tipo) y de las Cuevas de Pedro, entre 30 y 40 metros de profundidad, en María la Gorda, península de Guanahacabibes, Pinar de Río, Cuba, diciembre de 2004. Holotipo (8,3 mm de alto y 3,1 mm de ancho) depositado en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. Paratipo (9 mm de alto y 3,2 mm de ancho), depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, Islas Canarias.

Descripción: Concha turriculada, muy alargada y de color blanco leche. Protoconcha de unas cinco vueltas redondeadas, la primera lisa y con un núcleo relativamente grande y algo saliente. La teleoconcha está formada por unas 12 vueltas en el holotipo, redondeadas y de rápido crecimiento, adornadas por abundantes costillas axiales, en número de 26 o 27 en la última vuelta, separadas por espacios intercostales algo más anchos que las costillas. La escultura espiral es poco notable y de menor desarrollo que la axial, formada por unos seis a siete cordoncitos espirales, más visibles en los espacios intercostales, de los cuales el cordoncito periférico de la última vuelta es el más marcado, y por debajo de éste hay varias líneas espirales y axiales muy finas que se desvanecen hacia la base de la concha, la cual es visiblemente lisa. La abertura es subcircular a casi subcuadrangular, con el labio externo simple y la porción parieto columelar algo elevada, delimitando una estrecha y débil ranura umbilical, y reflejada en el extremo anterior, por fuera de la periferia de la base de la concha.

Etimología: Nombrada en honor de nuestro amigo Alberto Cabrera Suárez (Macho), recientemente desaparecido, bajo cuyo mando y en grata compañía tuvimos el placer de explorar la península de Guanahacabibes a bordo del "Faro" y conocer, además de una rica fauna de moluscos, los valores personales y profesionales de Macho.

Discusión: El tamaño, comparativamente mayor (superior a los 11 mm de largo en algunos ejemplares), la forma de la concha, dada por el rápido crecimiento de las vueltas, y el desarrollo más débil de la escultura espiral de *Cubalaskya machoi*, especie nueva, la separan fácilmente de las dos otras especies conocidas del género: *Cubalaskya nivea* (Faber, 2007) y *Cubalaskya cubana* Rolán & Fernández-Garcés 2008, la primera muy común en nuestros muestreos, con varios individuos recolectados vivos en las paredes de las cuevas submarinas y la segunda conocida solamente de la playa Rancho Luna, provincia de Cienfuegos Cuba.

3. AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Lázaro Marques Lauger y al resto de los trabajadores del Parque Nacional Península de Guanahacabibes, por las atenciones recibidas durante nuestra estancia en sus instalaciones y en los muestreos que realizamos en dicha área protegida en diciembre de 2004.

4. BIBLIOGRAFÍA

FABER, M. J., 2007. Marine gastropods from the ABC Islands and other localities. 19. The genera *Cerithiella* and *Retilaskeya* (Gastropoda: Cerithiopsidae) with the description of a new species of *Retilaskeya* Marshall, 1978. *Miscellanea Malacologica*, 2(4): 79 - 83.

ROLÁN, E. & FERNÁNDEZ-GARCÉS, R. (en prensa). *Cubalaskaia* – a new genus for the Caribbean with some information on the genus *Retilaskeya* (Gastropoda, Cerithiopsidae). *Novapex*.

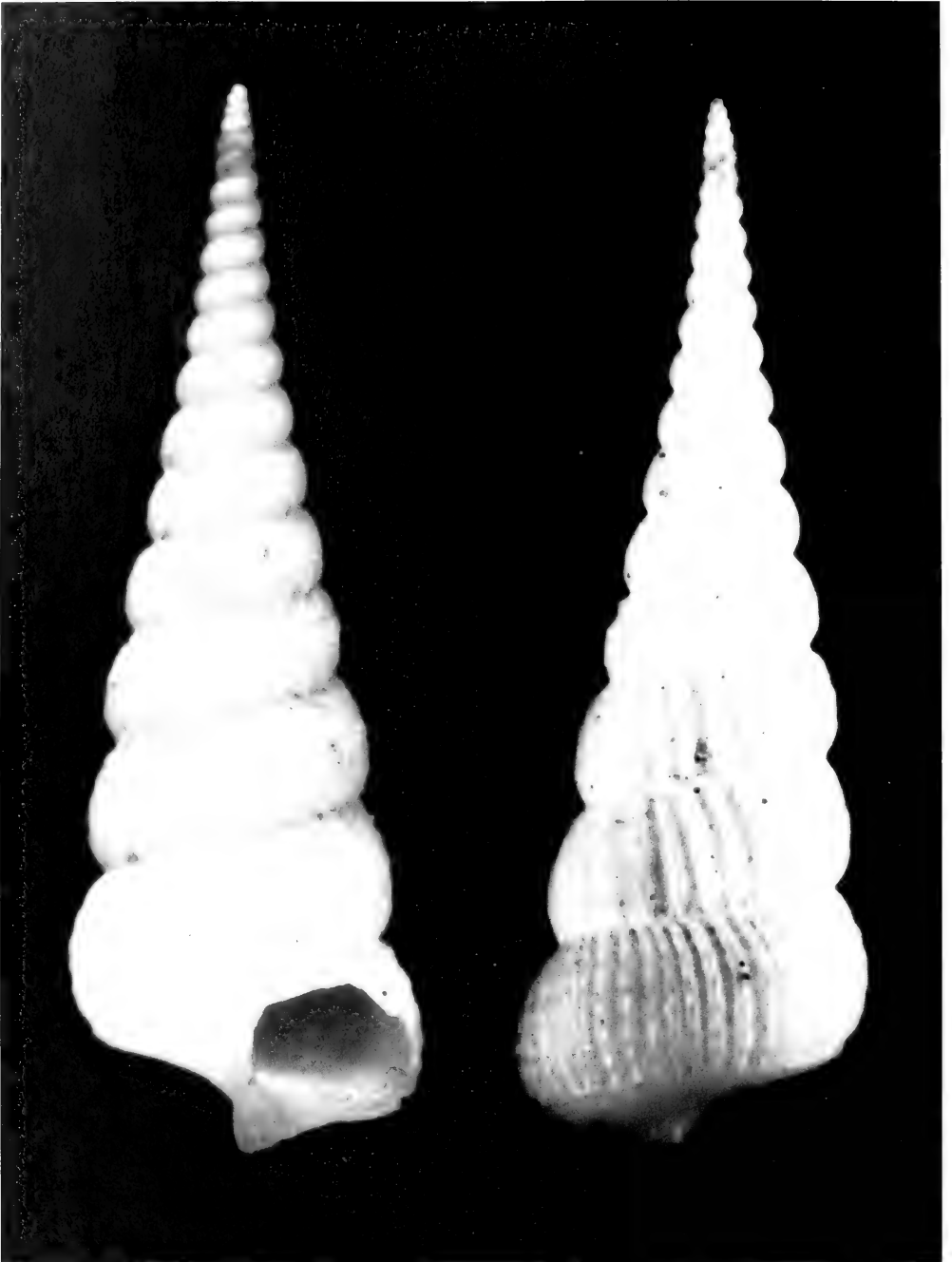


Lámina 1.- A. *Cubalaskya machoi*, especie nueva.

NOTAS COROLÓGICAS SOBRE ALGAS ROJAS GELATINOSAS EFÍMERAS DE LOS FONDOS DE LAS ISLAS CANARIAS

Julio Afonso-Carrillo¹, Carlos Sangil^{1,2} & Marta Sansón¹

¹Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna,
E-38071 La Laguna, Tenerife, islas Canarias. jmafonso@ull.es

² Reserva Mundial de la Biosfera La Palma, Av. Marítima 3, 38700 Santa Cruz de La Palma, La Palma, islas Canarias.

RESUMEN

Se aportan datos corológicos sobre tres especies de algas rojas marinas caracterizadas por presentar ciclos de vida con alternancia de generaciones heteromórficas, en los que los gametófitos macroscópicos gelatinosos, crecen estacionalmente y han sido identificados en muy escasas ocasiones en las islas Canarias. La nueva localidad en La Palma que se aporta para *Reticulocaulis mucosissimus*, representa el segundo hallazgo en el Atlántico de una especie que era conocida exclusivamente de Hawai y el Mar de Arabia. *Itonoa marginifera*, una especie del Atlántico nororiental citada previamente para Lanzarote, Fuerteventura y La Palma, es identificada por primera vez en Tenerife. El hallazgo en Lanzarote de *Predaea huismanii* representa la segunda cita en el Atlántico de una especie originalmente descrita para Australia y previamente recolectada en una sola localidad de Tenerife.

Palabras clave: Islas Canarias, *Itonoa marginifera*, *Predaea huismanii*, *Reticulocaulis mucosissimus*.

ABSTRACT

Chorological data on three species of marine red algae are presented. They are characterized by life cycles with heteromorphic alternance of generations and seasonal growth of gelatinous macroscopic gametophytes, which have been very rarely reported in the Canary Islands. The new locality in La Palma where *Reticulocaulis mucosissimus* was found, represents the second finding in the Atlantic Ocean of a species that was known exclusively from Hawaii and the Sea of Arabia. *Itonoa marginifera*, a northeastern Atlantic species previously reported from Lanzarote, Fuerteventura y La Palma, is identified for the first time in Tenerife. The finding in Lanzarote of *Predaea huismanii* represents the second report in the Atlantic Ocean of a species originally described for Australia and previously collected in a single locality of Tenerife.

Key words: Canary Islands, *Itonoa marginifera*, *Predaea huismanii*, *Reticulocaulis mucosissimus*.

1. INTRODUCCIÓN

Estudios del fitobentos realizados durante los últimos años en los fondos de las costas de las islas Canarias han permitido realizar el descubrimiento de una rica y diversa flora que hasta ahora había sido pasada por alto. Se trata de una flora constituida por algas gelatinosas de vida efímera que aparecen esporádicamente durante la primavera y el verano, ocupando preferentemente fondos de callaos o de rocas desprovistos de vegetación perenne, en muchos casos consecuencia del efecto abrasivo de los callaos o de la arena movilizada durante los temporales [8]. Las especies identificadas en estos hábitats, que están presentes desde el sublitoral somero hasta unos 40-50 m de profundidad, constituyen un grupo relativamente numeroso, pero muchas de ellas han sido recolectadas solamente en una o muy pocas ocasiones. Se trata principalmente de especies de algas rojas que tienen talos erectos blandos y mucilaginosos, estructuras vegetativas bastante simples y que exhiben una reproducción sexual relativamente primitiva. Pertenecen a géneros con estructura uniaxial como *Acrosymphyton* Sjöstedt [34], *Dudresnaya* P.L. et H.M. Crouan [5, 8, 36], *Naccaria* Endlicher [27], *Reticulocaulis* Abbott [7], *Schimmelmanna* Kützing [30], y *Thuretella* Schmitz [35], y géneros con estructura multiaxial como *Ganonema* Fan et Wang [4], *Helminthocladia* J. Agardh [24], *Predaea* De Toni [10, 16, 29] y *Scinaia* Bivona-Bernardi [27].

En la presente contribución se documenta el hallazgo de tres especies muy raras que con anterioridad habían sido ocasionalmente observadas en Canarias. Dos de ellas sólo habían sido identificadas en una ocasión. Se aporta una nueva localidad en La Palma para *Reticulocaulis mucosissimus* Abbott, y *Predaea huismanii* Kraft, antes conocida sólo en Tenerife, se cita por primera vez para Lanzarote. *Itonoa marginifera* (J. Agardh) Masuda et Guiry que había sido citada para Lanzarote, Fuerteventura y La Palma es citada por primera vez para Tenerife.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los especímenes fueron recolectados con escafandra autónoma en el sublitoral de tres localidades de las islas Canarias: Puerto Naos (La Palma), Punta Hidalgo (Tenerife) y Puerto del Carmen (Lanzarote), y fueron fijados en formalina al 4% en agua de mar. Se seleccionaron fragmentos que fueron teñidos en una solución acuosa al 1% de anilina azul y examinados al microscopio. El material estudiado se encuentra depositado en el herbario TFC (Departamento de Biología Vegetal, Universidad de La Laguna).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 *Reticulocaulis mucosissimus* Abbott (Naccariaceae, Bonnemaisoniales)

Los representantes de la familia Naccariaceae (especies de *Naccaria* Endlicher, *Atractophora* P.L. et H.M. Crouan y *Reticulocaulis*) han sido caracterizados por sus gametófitos estacionales, infrecuentes y efímeros, de modo que no resulta extraño el escaso número de veces que ha sido documentado el género *Reticulocaulis*. Este género fue establecido por Abbott para una sola especie, *R. mucosissimus*, un alga gelatinosa primaveral muy rara de la flora marina de Hawai [1]. Aunque en un principio fue considerado como un género

monotípico endémico del archipiélago hawaiano [2], hace unos pocos años fue identificado en el Mar de Arabia donde se descubrieron poblaciones de *R. mucosissimus* en isla Masirah (Omán) y fue descubierta una segunda especie, *R. obpyriformis* Schils en la isla Socotra (Yemen) [31]. Más recientemente, el hallazgo de un único espécimen de *R. mucosissimus* en la isla de La Palma supuso el primer hallazgo en Canarias y la primera cita del género en el Océano Atlántico [37].

El único espécimen conocido de La Palma, fue recolectado en abril de 2003 en el Prois de Tegalate, en el SE de la isla. Con un hábito de 5 cm de alto, crecía epilítico sobre un callao en un lecho de arena a 10 m de profundidad. En este hábitat también crecían otras algas rojas efímeras estacionales como *Acrosymphyton purpuriferum* (J. Agardh) Sjöstedt, *Ganonema lubricum* Afonso-Carrillo, Sânsón et Reyes, *Helminthocladia reyesii* O'Dwyer et Afonso-Carrillo y *Scinaia complanata* (Collins) Cotton [7]. A nivel mundial, hasta el presente, *Reticulocaulis mucosissimus* solamente era conocido de seis recolecciones realizadas en Hawai [2], una en Omán [31] y la comentada de La Palma, de ahí el valor del nuevo hallazgo que aquí documentamos.

Los nuevos especímenes de esta especie fueron observados en la localidad de Puerto Naos, situada en el NO de La Palma, creciendo en un lecho de pequeños cascajos y piedras a 40 m de profundidad. Otras especies gelatinosas estacionales presentes en la población fueron *Scinaia complanata*, *Acrosymphyton purpuriferum* y *Liagora ceranoides* Lamouroux. También estaban presentes *Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey, *Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützinger, *Cottoniella filamentosa* (Howe) Børgesen y *Jania* spp. Entre los especímenes de *Reticulocaulis mucosissimus*, un gametófito femenino con carposporófitos maduros y de 15 cm alto, constituye el mayor de los talos identificados en Canarias.

Reticulocaulis mucosissimus puede ser caracterizado vegetativamente por su estructura uniaxial, en la que cada célula axial origina dos células pericentrales (una en cada extremo), que representan las células iniciales de los filamentos corticales determinados. Desde las células pericentrales se forman células rizoidales descendentes que hinchan progresivamente y forman una vaina pseudoparenquimatosa de células hialinas, interconectadas por sinapsis secundarias, alrededor del filamento axial. Los caracteres reproductivos más importantes son las ramas carpogoniales (constituidas habitualmente por 11-13 células dispuestas en zig-zag, el carpogonio terminal con una larga tricógina, las células de la rama carpogonial portan perpendicular y adaxialmente ramas laterales simples, que en las células más próximas al carpogonio son reemplazadas por racimos de células nutritivas) y los carposporófitos compactos [1, 7].

A pesar de que la historia biológica de *Reticulocaulis* no ha sido hasta el momento establecida de una forma definitiva, aparentemente el género puede presentar el mismo tipo de ciclo heteromórfico que ha sido encontrado en otras Naccariaceae [12, 13]. Así, en los cultivos de carpósporas de especímenes hawaianos realizados por Abbott se obtuvieron plantas filamentosas que no llegaron a alcanzar la madurez, y que probablemente representaban la fase tetrasporofítica del ciclo [2]. Este tipo de ciclo permite explicar el crecimiento estrictamente estacional y no predecible de los gametófitos, cuyo crecimiento puede estar regulado por valores críticos de uno o varios factores ambientales, tales como fotoperiodo, temperatura, nutrientes, o movimientos de arena, que no siempre tienen lugar todos los años [15, 19].

Este crecimiento infrecuente y efímero de los gametófitos, que además ocurre exclusivamente en hábitats infralitorales y circalitorales, que evidentemente han sido escasamente estudiados en la mayor parte de las regiones, puede justificar la actual distribución dis-

yunta que presenta *Reticulocaulis mucosissimus* (Hawai en el Pacífico central, Omán en el Índico noroccidental y Canarias en el Atlántico oriental). Pero *Reticulocaulis*, como las otras algas rojas citadas previamente en la introducción, constituyen buenos ejemplos de rodofíceas evolutivamente muy antiguas y primitivas, como lo confirman sus talos erectos blandos y mucilaginosos, sus estructuras vegetativas uniaxiales o multiaxiales muy simples y su reproducción sexual claramente primitiva. La distribución de estas algas está en la actualidad restringida a las regiones tropicales o a las regiones que rodeaban al antiguo mar de Tethys [18]. Por ello, es muy probable que las poblaciones de *Reticulocaulis mucosissimus* encontradas en La Palma, más que el resultado de una reciente introducción, constituyan un relicto de una antigua y más amplia área de distribución.

Material examinado: 10.08.2007, Puerto Naos (La Palma), sobre callaos a 40 m de profundidad, leg. Carlos Sangil (TFC Phyc 14131).

3.2 *Itonoa marginifera* (J. Agardh) Masuda et Guiry (Nemastomataceae, Nemastomatales).

Es una especie rara del Atlántico nororiental, identificada desde las islas Británicas a Marruecos, que fue originalmente descrita por J. Agardh, como *Nemastoma marginiferum*, a partir de especímenes recolectados por los hermanos Crouan en los alrededores de Brest (Francia) [9]. Batters trasladó la especie al género *Platoma* que Schmitz había validado siguiendo la propuesta inicial de Schousboe [11, 32]. Cuando Masuda & Guiry estudiaron la reproducción de esta especie, encontraron diferencias importantes con respecto a la especie tipo de *Platoma*, *P. cyclocolpum* (Montagne) Schmitz [23]. Así, comprobaron que después de la fecundación los filamentos conectivos surgían directamente del carpogonio fecundado, y no desde células nutritivas auxiliares que se unen al carpogonio fecundado tal como sucede en *P. cyclocolpum*. Consecuentemente, Masuda & Guiry crearon el género *Itonoa* para incluir a esta única especie [23].

Los gametófitos de *Itonoa marginifera* son erectos, foliáceos, gelatinosos, resbaladizos e irregularmente ramificados de forma dicótoma. La estructura es multiaxial con una médula filamentososa laxa en la que células en forma de X están presentes, y córtex de cortos filamentos consolidados, en el que no hay células secretoras diferenciadas. Entre los caracteres reproductivos distintivos destacan la posición intercalar en los fascículos corticales tanto de la célula soporte de la rama carpogonial como de la célula auxiliar, la presencia ocasional de filamentos estériles o fértiles en la rama carpogonial, y la ramificación de los filamentos conectivos justo antes de conectar con la célula auxiliar en la que termina una de las ramas [23]. Con este conjunto de características, *Itonoa* muestra estructuras reproductoras y desarrollo post-fecundación similares a los de algunas especies de *Predaea*. Sin embargo, este último género tiene como carácter distintivo la formación de pequeñas células nutritivas a partir de las células adyacentes a la célula auxiliar [20].

Itonoa marginifera parece presentar un ciclo de vida con alternancia de generaciones heteromórficas que no ha logrado confirmarse plenamente en cultivo. Las carpósporas germinan para formar filamentos microscópicos que no llegaron a diferenciar tetrasporangios bajo las diferentes condiciones de temperatura y fotoperíodo en las que fueron cultivadas [23].

En Canarias, *Itonoa marginifera* fue citada por primera vez por Lawson *et al.*, como *Platoma marginiferum*, pero sin hacer referencia a ninguna localidad, basados en una comu-

nicación personal de Willem Prud'homme van Reine relativa al material recolectado en la Heincke Expedition 1991 [21]. Más tarde, Prud'homme van Reine al publicar los hallazgos florísticos de la Heincke Expedition 1991 la citó para las islas de Lanzarote y Fuerteventura [26]; Afonso-Carrillo & Sansón la incluyeron en su clave de las algas de Canarias [3]; Haroun *et al.* recogieron las citas para Lanzarote y Fuerteventura en su catálogo [17]; y finalmente, Sangil *et al.* la identificaron por primera vez en varias localidades de La Palma [28]. En este artículo mostramos el hallazgo de esta especie en el sublitoral de Punta del Hidalgo, lo que supone la primera cita para Tenerife. El espécimen examinado concuerda totalmente con las descripciones previas de la especie [14, 23]. *Itonoa marginifera* presenta cierto parecido en morfología con *Platoma cyclocolpum*, pero puede ser identificada con facilidad a nivel vegetativo por la ausencia de células secretoras [3].

De acuerdo con Masuda & Guiry, los gametófitos están presentes desde junio a octubre, y el resto del año la especie probablemente persiste bajo la forma esporofítica microscópica [23].

Material examinado: 13.06.1992, Punta del Hidalgo (Tenerife), sobre roca a 2 m profundidad, leg. Julio Afonso-Carrillo (TFC Phyc 7470).

3.3 *Predaea huismanii* Kraft (Nemastomataceae, Nemastomatales)

Esta especie fue descrita por Kraft a partir de un único espécimen que había sido recolectado por el ficólogo australiano John M. Huisman en Rottneest Island en el oeste de Australia, en diciembre de 1980 [20]. Esta sigue siendo la única localidad en la que la especie ha sido observada en Australia [38]. Sorprendentemente, algunos años después, en 1990, fue identificada en el refugio pesquero de Las Teresitas, en el noreste de Tenerife, creciendo entre 1-3 m de profundidad en la cuerda de un ancla [29]. Más recientemente se ha comprobado que *Predaea huismanii* tiene una distribución más amplia, puesto que también se ha identificado en otras localidades del Indo-Pacífico, como Tanzania [25] e islas Fiji [22, 33].

Predaea huismanii es una especie con talos erectos comprimidos, gruesos, gelatinosos, abundantemente ramificados de forma irregular, lobulados, pero aproximadamente complanados, y con márgenes redondeados. La estructura es multiaxial y consta de una médula filamentososa laxa y un córtex filamentososo no consolidado, el cual muestra como carácter vegetativo más distintivo la presencia de filamentos corticales de longitud variable y exertos, con lo que la superficie del talo se muestra ligeramente pelosa [20, 29]. Otros caracteres reproductivos de este taxón son las ramas carpogoniales tricelulares, las células nutritivas situadas junto a la célula auxiliar intercalar están dispuestas aisladamente o en pequeñas cadenas de 2-3 células, el gonimoblasto se origina sobre el filamento conectivo en las proximidades de la fusión con la célula auxiliar, y los espermatangios se forman distalmente en los filamentos corticales dispuestos en pinnas dísticas [20, 29]. El espécimen recolectado en Lanzarote crecía epilítico a 26 m de profundidad en un fondo de transición roca-arena, y concuerda totalmente con las descripciones previas de la especie [20, 29].

Aunque el ciclo de vida de *Predaea huismanii* no ha sido establecido en cultivo, es muy probable que no difiera del conocido para otras especies del género que consiste en una alternancia de generaciones heteromórfica en la que los esporófitos son filamentosos y microscópicos [37]. Este tipo de ciclo permite explicar la presencia efimera y estacional de los gametófitos, similar a la comentada para las especies precedentes.

Por la proximidad de la población de Las Teresitas a los puertos de Santa Cruz de Tenerife y por tratarse de una especie con alternancia de generaciones heteromórfica con esporófitos microscópicos, se ha sugerido que podría tratarse de una especie alóctona que probablemente había sido accidentalmente introducida en Canarias adherida a los cascos de los barcos [6]. El hallazgo de esta nueva población en Puerto del Carmen, también próxima a ambientes portuarios, puede reforzar la hipótesis de una reciente introducción ligada al tráfico marítimo. Sin embargo, la posibilidad de que se trate de un relicto de una pretérita y más amplia área de distribución tampoco puede ser descartada. La vida efímera de los gametófitos y su hábitat sublitoral pueden ser también responsables del número muy escaso de ocasiones en que esta especie ha sido identificada, con lo que el área real de distribución de este taxón puede estar significativamente subestimada.

Material examinado: 28.10.2005, Puerto del Carmen (Lanzarote), sobre roca a 26 m de profundidad, leg. Laura Martín García (TFC Phyc 14132).

AGRADECIMIENTOS

A Laura Martín García que recolectó y nos cedió el espécimen de *Predaea huismanii*.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABBOTT, I.A. (1985). Vegetative and reproductive morphology in *Reticulocaulis* gen. nov. and *Naccaria hawaiana* sp. nov. (Rhodophyta, Naccariaceae). *Journal of Phycology* 21: 554-561.
- [2] ABBOTT, I.A. (1999). *Marine red algae of the Hawaiian Islands*. Bishop Museum Press, Honolulu, Hawaii.
- [3] AFONSO-CARRILLO, J. & M. SANSÓN (1999). *Algas, hongos y fanerógamas marinas de las Islas Canarias. Clave analítica*. Materiales didácticos universitarios. Serie Biología 2. Secretariado de Publicaciones Universidad de La Laguna.
- [4] AFONSO-CARRILLO, J., M. SANSÓN & J. REYES (1998). Vegetative and reproductive morphology of *Ganonema lubrica* sp. nov. (Liagoraceae, Rhodophyta) from the Canary Islands. *Phycologia* 37: 319-329.
- [5] AFONSO-CARRILLO, J., M. SANSÓN & J. REYES (2002). A new species of *Dudresnaya* (Dumontiaceae, Rhodophyta) from the Canary Islands. *Cryptogamie, Algologie* 23: 25-37.
- [6] AFONSO-CARRILLO, J., M. SANSÓN, J. REYES & B. ROJAS-GONZÁLEZ (2003). Morfología y distribución de la rodófito alóctona *Neosiphonia harveyi*, y comentarios sobre otras algas marinas probablemente introducidas en las Islas Canarias. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias* 14(3-4): 83-98.
- [7] AFONSO-CARRILLO, J., M. SANSÓN & C. SANGIL (2006). First report of *Reticulocaulis mucosissimus* (Naccariaceae, Rhodophyta) for the Atlantic Ocean. *Cryptogamie, Algologie* 27: 255-264.
- [8] AFONSO-CARRILLO, J. & N. TABARES (2004). *Dudresnaya abbottiae* sp. nov. (Dumontiaceae) a new gelatinous ephemeral spring annual red alga from the Canary Islands. *Cryptogamie, Algologie* 25: 275-290.

- [9] AGARDH, J.G. (1851). *Species genera et ordines algarum*. Volumen secundum: algas florideas complectens. Part 1. pp. 337-351. Part 2, fasc. 1. pp. 352-504. C.W.K. Gleerup. Lundae [Lund].
- [10] BALLESTEROS, E., M. SANSÓN, J. REYES, J. AFONSO-CARRILLO & M. C. GIL-RODRÍGUEZ (1992). New records of benthic marine algae from the Canary Islands. *Botanica Marina* 35: 513-522.
- [11] BATTERS, E.A.L. (1902). A catalogue of the British Marine algae. *Journal of Botany: British and Foreign* 40(Supplement): 1-107.
- [12] BOILLOT, A. & M.-T. L'HARDY-HALOS (1975). Observations en culture d'une Rhodophycée Bonnemaisionale: le *Naccaria wiggii* (Turner, Endlicher). *Bulletin de la Société Phycologique de France* 20: 30-36.
- [13] CHEMIN, E. (1927). Sur le développement des spores de *Naccaria wiggii* Endl. et *Atractophora hypnoides* Crouan. *Bulletin Société Botanique de France* 74: 272-277.
- [14] DIXON, P.S. & L.M. IRVINE (1977). *Seaweeds of the British Isles. Volume 1. Rhodophyta. Part 1. Introduction, Nemaliales, Gigartinales*. British Museum (Natural History), London.
- [15] DRING, M.J. (1984). Photoperiodism and phycology. *Progress in Phycological Research* 3: 159-192.
- [16] GONZÁLEZ-RUIZ, S., M. SANSÓN & J. REYES (1995). New records of sublittoral algae from the Canary Islands. *Cryptogamie, Algologie* 16: 21-31.
- [17] HAROUN, R.J., M.C. GIL-RODRÍGUEZ, J. DÍAZ DE CASTRO & W.F. PRUD'HOMME VAN REINE (2002). A checklist of the marine plants from the Canary Islands (Central Eastern Atlantic Ocean). *Botanica Marina* 45: 139-169.
- [18] HOMMERSAND, M.H. (1986). The biogeography of the South African marine red algae: a model. *Botanica Marina* 29: 257-270.
- [19] KAIN, J.M. & T.A. NORTON (1990). Marine Ecology. In: *Biology of the Red Algae*. (Cole, K.M. & Sheath, R.G. Eds), pp. 377-422. Cambridge University Press, New York.
- [20] KRAFT, G.T. (1984). The red algal genus *Predaea* (Nemastomataceae, Gigartinales) in Australia. *Phycologia* 23: 3-20.
- [21] LAWSON, G.W., W.J. WOELKERLING, J.H. PRICE, W.F. PRUD'HOMME VAN REINE & D.M. JOHN (1995). Seaweeds of the western coast of tropical Africa and adjacent islands: a critical assessment. IV. Rhodophyta (Florideae) 5. Genera P. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Botany* 25: 99-122.
- [22] LITTLER, D.S. & M.M. LITTLER (2003). *South Pacific Reef Plants. A diver's guide to the plant life of the South Pacific Coral Reefs*. pp. 1-331. OffShore Graphics, Inc. Washington, DC.
- [23] MASUDA, M. & M.D. GUIRY (1995). Reproductive morphology of *Itonoa marginifera* (J. Agardh) gen. et comb. nov. (Nemastomataceae, Rhodophyta). *European Journal of Phycology* 30: 57-67.
- [24] O'DWYER, J.A. & J. AFONSO-CARRILLO (2001). Vegetative and reproductive morphology of *Helminthocladia calvadosii*, *H. agardhiana* and *H. reyesii* sp. nov. (Liagoraceae, Rhodophyta) from the eastern Atlantic. *Phycologia* 40: 53-66.
- [25] OLIVEIRA, E., K. ÖSTERLUND, & M.S.P. MTOLERA (2005). *Marine Plants of Tanzania. A field guide to the seaweeds and seagrasses*. Botany Department, Stockholm University, Stockholm.
- [26] PRUD'HOMME VAN REINE, W.F. (1998). Seaweeds and biogeography in the Macaronesian Region. *Boletim do Museum Municipal do Funchal Supl.* 5: 307-331.

- [27] REYES, J., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (1993). Notes on some interesting marine algae new from the Canary Islands. *Cryptogamic Botany* 4: 50-59.
- [28] SANGIL, C., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2003). Algas marinas de La Palma (Canarias): novedades florísticas y catálogo insular. *Vieraea* 31: 83-119.
- [29] SANSÓN, M., J. REYES & J. AFONSO-CARRILLO (1991). Contribution to the seaweed flora of the Canary Islands: new records of Florideophyceae. *Botanica Marina* 34: 527-536.
- [30] SANSÓN, M., J. REYES, J. AFONSO-CARRILLO & E. MUÑOZ. (2002). Sublittoral and deep-water red and brown algae new from the Canary Islands. *Botanica Marina* 45: 35-49.
- [31] SCHILS, T., O. DE CLERCK & E. COPPEJANS (2003). The red algal genus *Reticulocaulis* from the Arabian Sea, including *R. obpyriformis* sp. nov., with comments on the family Naccariaceae. *Phycologia* 42: 44-55.
- [32] SCHMITZ, F. (1894). Kleinere beiträge zur kenntniss der florideen. *Nuova Notarisia* 5: 608-635.
- [33] SOUTH, G.R. & P.A. SKELTON (2003). Catalogue of the marine benthic macroalgae of the Fiji Islands, South Pacific. *Australian Systematic Botany* 16: 699-758.
- [34] TABARES, N. & J. AFONSO-CARRILLO (1996). Morphology and distribution of *Acrosymphyton purpuriferum* (Acrosymphytaceae, Rhodophyta) from the Canary Islands. *Abstracts II Symposium Fauna and Flora from the Atlantic Islands*. Las Palmas de Gran Canaria, p. 154.
- [35] TABARES, N. & J. AFONSO-CARRILLO (1997) Morfología y distribución de *Thuretella schousboei* en las islas Canarias (Rhodophyta, Gloiosiphoniaceae). *Vieraea* 26: 77-85.
- [36] TABARES, N., J. AFONSO-CARRILLO, M. SANSÓN & J. REYES (1997). Vegetative and reproductive morphology of *Dudresnaya canariensis* sp. nov. (Dumontiaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 36: 267-273.
- [37] VERGÉS, A., J.M.A. UTGÉ & C. RODRÍGUEZ-PRIETO (2004). Life histories of *Predaea ollivieri* and *P. pusilla* (Nemastomatales, Rhodophyta). *European Journal of Phycology* 39: 411-422.
- [38] WOMERSLEY, H.B.S. (1994). *The marine benthic flora of southern Australia - Part IIIA - Bangiophyceae and Florideophyceae (Acrochaetales, Nemaliales, Gelidiales, Hildenbrandiales and Gigartinales sensu lato)*. Australian Biological Resources Study, Canberra.

**CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO GEBOTÁNICO DE LOS ESPACIOS
NATURALES PROTEGIDOS DEL ANTIGUO MENCEYATO DE ABONA.
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA
BIODIVERSIDAD DEL SUR DE TENERIFE (CANARIAS)**

José García Casanova, Wolfredo Wildpret de la Torre & Octavio Rodríguez Delgado

Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna
E-38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias

RESUMEN

Con la intención de contribuir a la sensibilización social sobre el interés de conservar la biodiversidad del Sur de Tenerife, se presenta una aproximación al estudio de la flora y vegetación de los espacios naturales protegidos de este sector insular. Se resalta la presencia de comunidades y taxones vegetales endémicos, raros o amenazados, y se aportan citas inéditas para algunos de estos últimos. Al propio tiempo, se llama la atención sobre el creciente deterioro que está sufriendo el territorio a consecuencia del modelo económico imperante y, a la luz de la teoría sobre biogeografía de islas, se sugiere ampliar y mejorar la vigente red de áreas protegidas para garantizar una efectiva protección de los recursos naturales presentes.

Palabras clave: Geobotánica, Fitosociología, biodiversidad, vegetación, flora, espacios naturales protegidos, Tenerife, Canarias, *Anagyris latifolia*, *Atractylis preauxiana*.

ABSTRACT

To increase social awareness about the urgent need of conservation of the amazing biodiversity of the South of Tenerife, we offer an approach to the phytodiversity of some protected areas existing in this insular sector. Presence of vegetation communities and endemic, rare or threatened species is remarked, and new cites for the latter are given. Besides, we pay attention to the increasing degradation of the territory as a consequence of the imperant economic model and, based on the islands biogeography's theory, we suggest some ideas to improve the actual protected areas in order to guarantee an effective preservation of their natural resources.

Key words: Geobotany, Phytosociology, biodiversity, vegetation, flora, protected natural areas, Tenerife, Canary Islands, *Anagyris latifolia*, *Atractylis preauxiana*.

1. INTRODUCCIÓN

El actual sistema de espacios naturales protegidos de Canarias deriva directamente de una serie de leyes aprobadas sucesivamente por el Parlamento regional a lo largo de las últimas décadas: Ley 12/1987, de declaración de Espacios Naturales de Canarias [7], Ley 12/1994, de Espacios Naturales de Canarias [8] y Decreto Legislativo 1/2000, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias [2]. Pero, aunque represente un enorme avance en la protección territorial respecto a épocas anteriores, tal sistema adolece en bastantes casos, y entre otras cosas, de una insuficiente información básica acerca de los recursos ambientales que dichas áreas y su entorno atesoran. Con la finalidad de paliar estas y otras carencias y para contribuir a una mejor inventariación y percepción de dichos recursos, en los últimos años estamos desarrollando un proyecto destinado a estudiar de forma sistemática una serie de Reservas Naturales, Monumentos Naturales y Sitios de Interés Científico del Sur de Tenerife (ver tabla I y mapa 1).

2. OBJETIVOS, MATERIAL Y MÉTODO

Tanto conceptual como metodológicamente, el proyecto que ahora nos ocupa representa una ampliación del trabajo que en su día constituyó la Tesis de Licenciatura titulada "*Contribución al estudio de la flora y vegetación del Paraje Natural Montaña Roja (El Médano, Tenerife). Aproximación al conocimiento de los recursos naturales y culturales del medio, y propuesta de Plan de Uso y Gestión*" (García Casanova, 1992) [14]. Debidamente corregidos y aumentados, los resultados de aquel primer proyecto fueron publicados cuatro años más tarde en forma de libro, gracias al apoyo prestado por la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, el Ayuntamiento de Granadilla de Abona y el Centro de la Cultura Popular Canaria (García Casanova *et al.*, 1996) [15]. Pero, más allá del valor intrínseco de la labor científica realizada y del papel divulgador que desempeñó dicha publicación, las conclusiones del estudio supusieron un sólido argumento para solicitar la ampliación del Paraje Natural de Interés Nacional, declarado en 1987, con la incorporación de un sector singular de vegetación psamófila, única en Tenerife, que inexplicablemente había quedado fuera del ámbito protegido. Esa propuesta municipal prosperó, quedando debidamente reflejada en la Ley 12/1994, de Espacios Naturales de Canarias [8], que también recogió la recomendación de otorgar una protección elevada al conjunto del área estudiada, mediante su inclusión en la categoría de Reserva Natural Especial.

El principal objetivo de esta investigación es el de profundizar en el conocimiento de la flora y la vegetación de los espacios naturales costeros y de medianías del Sur de Tenerife y poner los resultados obtenidos a disposición de las Administraciones Públicas competentes para su posible incorporación al Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias, creado hace casi una década [10]. Además, si se estimase oportuno, esta información estaría disponible a la hora de elaborar o revisar los correspondientes instrumentos de planeamiento de dichos espacios, proporcionando asimismo criterios que garanticen un uso y una gestión más racionales de los mismos y, por ende, de su diversidad biológica. Pero, al propio tiempo, se aspira a desarrollar un paradigma avanzado de protección del territorio de referencia, necesariamente alimentado por la existencia de procesos eco-sociales que se vienen desarrollando en los últimos tiempos, y que se podría concretar en la formulación de propuestas

viables para perfeccionar la red actual de áreas protegidas en este sector insular, apoyando eventuales iniciativas encaminadas a su ampliación o a la creación de otras nuevas. Indudablemente, los productos de este proyecto también podrán ser de utilidad, en mayor o menor grado, para la confección de los catálogos municipales previstos en la legislación vigente, así como para la redacción y revisión de los Planes Generales de Ordenación municipales o del Plan Insular de Ordenación Territorial de Tenerife (PIOT), recientemente aprobado [4], amén de para la elaboración de estudios de impacto ecológico o ambiental. La finalidad prioritaria e irrenunciable del trabajo que nos ocupa es la de dar a conocer a la sociedad isleña, y en particular a la del Sur de Tenerife, la insólita biodiversidad presente en estos parajes y sensibilizar a la ciudadanía de la urgente necesidad de conservarla.

Dada su relevancia para explicar, en buena medida, el actual estado de conservación de la flora y la vegetación, junto a los parámetros estrictamente biofísicos se analizan otros aspectos referentes a las cuestiones históricas, socioeconómicas y jurídico-administrativas. Respecto a estas últimas, se ha prestado particular atención a la legislación y al planeamiento existentes sobre conservación de especies, hábitats y espacios naturales y, en general, sobre ordenación del territorio, a la par que se han contemplado sus respectivos ámbitos espaciales y marcos competenciales. Esto ha requerido una previa labor recopilatoria de aquella información de interés preexistente sobre geología, clima, usos del territorio e infraestructuras, así como al planeamiento urbanístico y sectorial. Especial importancia se ha concedido, en este sentido, al PIOT, ya mencionado, así como a las propuestas de protección de las Áreas Importantes para las Aves o IBAs (acrónimo de *Important Bird Areas*) y a los *Lugares de Importancia Comunitaria* (LICs), éstos últimos integrantes de la ya vigente red Natura 2000 en Canarias [1] [5] [6]. La idea, en definitiva, es conjugar nuestros resultados científicos con las determinaciones del PIOT, aún con todas sus limitaciones al respecto, y con los contenidos y cartografía de IBAs y LICs, para orientar el diseño de una posible alternativa sintética, más coherente desde el punto de vista conservacionista, a la red de espacios naturales protegidos del Sur de Tenerife. La labor de campo que se viene llevando a cabo se centra en el reconocimiento e identificación de las principales unidades de vegetación, siguiendo el método de la escuela sigmatista de Zurich-Montpellier, mediante el levantamiento de inventarios fitosociológicos; simultáneamente, se ha procedido a la confección de los correspondientes listados florísticos de los citados espacios. Esenciales para caracterizar bioclimáticamente el ámbito territorial de nuestro estudio han resultado los datos suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología (actual Agencia Estatal de Meteorología), pues merced a dicha caracterización se han podido interpretar convenientemente las íntimas relaciones entre el clima y la vegetación dominantes. De manera complementaria, se han registrado numerosas observaciones directas de diferentes aspectos relativos a usos y aprovechamientos del entorno, tratando de identificar los principales factores de amenaza que se ciernen sobre su biodiversidad.

Herramientas fundamentales para el desarrollo del trabajo, tanto en su fase de análisis como en el de síntesis son las bases de datos relacionales (Microsoft Access), en las que se registran los datos florísticos y de vegetación. Igualmente valioso para la investigación resulta el proceso de georreferenciación mediante el empleo de dispositivos GPS (GARMIN E-Trex Vista y HOLUX GPSlim 236) y el uso de programas informáticos de Sistemas de Información Geográfica (ArcView 3.2 y ArcPad 6.0.1), que permiten potentes análisis de la información cartográfica, organizada en capas temáticas en las que se representan los objetos mediante puntos, líneas o polígonos, posibilitando asimismo desvelar relaciones entre diferentes parámetros y producir mapas de calidad en los que se plasma dicha información.

3. RESULTADOS

Los resultados preliminares, algunos de los cuales son comentados en la presente publicación, demuestran que la comarca, crecientemente antropizada y aparentemente homogénea desde los puntos de vista paisajístico y climático, alberga aún una insólita diversidad vegetal, no exenta de amenazas, con un notable índice de endemidad.

3.1. Vegetación

La dilatada presencia humana en el entorno se remonta a época prehistórica. Empero, ha sido en las últimas décadas cuando la ocupación e intensidad de los usos y actividades del territorio y sus recursos han experimentado un auge espectacular, provocando una apreciable modificación del medio natural y, por consiguiente, una patente degradación y fragmentación de sus primitivos hábitats. A causa de ello, se ha ido generando un complejo mosaico de comunidades vegetales, algunas de las cuales representan los restos más o menos conservados de la vegetación primitiva, en tanto que otras únicamente son meras formaciones secundarias de sustitución de ésta.

Se han reconocido las principales unidades de la vegetación que recubre este territorio, mediante la realización de los correspondientes inventarios fitosociológicos. Gracias a ello, además de la identificación de las grandes unidades que integran la cubierta vegetal, hemos podido distinguir y dar a conocer una asociación endémica nueva, *Monantheum pallentis* García Casanova, Wildpret & O. Rodríguez (García Casanova *et al.*, 2002) [16], en tanto que mantenemos bajo estudio otros sintaxones, aún inéditos, que iremos publicando oportunamente.

Dada su localización geográfica y su consiguiente encuadre bioclimático, entre los pisos inframediterráneo desértico hiperárido y termomediterráneo xérico semiárido, la vegetación potencial se incluye en tres series climatófilas:

- a) Serie climatófila tinerfeña inframediterránea desértica hiperárido-árida de la tabaiba dulce (*Euphorbia balsamifera*): *Ceropogon fuscae-Euphorbia balsamiferae* sigmetum
- b) Serie climatófila tinerfeña inframediterránea xérica semiárida inferior del cardón (*Euphorbia canariensis*): *Periploca laevigatae-Euphorbia canariensis* sigmetum
- c) Serie climatófila tinerfeña infra-termomediterránea xérica semiárida superior de la sabina canaria (*Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*): *Juniperus canariensis-Oleo cerasiformis* sigmetum

Además de las comunidades pertenecientes a estas series climatófilas, destacan otras de carácter permanente, que se asientan en estos lugares debido a su íntima vinculación con la peculiar naturaleza del sustrato (p. ej.: comunidades rupícolas de *Greenovia-Aeonietea*) o con el ambiente aerohalino propio del litoral (comunidades halófilas de *Crithmo-Limonieta*).

TIPOLOGÍA SINTAXONÓMICA

Siguiendo fundamentalmente los trabajos de Rivas-Martínez *et al.* 1993 [21], Rivas-Martínez *et al.* 2001 [22] y Rivas-Martínez *et al.* 2002 [23], se relacionan a continuación las comunidades y los sintaxones que se han reconocido hasta el presente en el territorio estudiado, generalmente desde el rango de Asociación hasta el de Clase. La ordenación de las Clases en este esquema sintaxonómico se basa en una concepción sucesional, en la que se

sitúan en primer lugar las correspondientes a la vegetación potencial (etapas climácicas y permanentes de sustratos excepcionales) y a continuación las de las etapas de sustitución que se producen en los ecosistemas vegetales a causa, fundamentalmente, de la acción destructiva que sobre los mismos produce el ser humano.

CRITHMO-LIMONIETEA Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]

+ *CRITHMO-LIMONIETALIA* Molinier 1934 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]

* *Frankenio-Astydamion latifoliae* Santos 1976

- *Frankenio ericifoliae-Zygophylletum fontanesii* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993 corr. Santos in Rivas-Martínez, T. E. Díaz, Fernández-González, Izco, Loidi, Lousã & Penas 2002

CAKILETEA MARITIMAE Tüxen & Preising ex Br.-Bl. & Tüxen 1952

+ *CAKILETALIA INTEGRIFOLIAE* Tüxen ex Oberdorfer 1949 corr. Rivas-Martínez, Costa & Loidi 1992

* *Cakilion maritimae* Pignatti 1953

- *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* Costa & Mansanet 1982 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]

POLYCARPAEO NIVEAE-TRAGANETEA MOQUINII Santos ex Rivas-Martínez & Wildpret in Rivas-Martínez, T. E. Díaz, Fernández-González, Izco, Loidi, Lousã & Penas 2002

+ *ZYGOPHYLLO FONTANESII-POLYCARPAETALIA NIVEAE* Santos ex Géhu, Biondi, Géhu-Franck, Hendoux & Mossa 1996

* *Polycarpaeo niveae-Euphorbion paraliae* Rivas-Martínez & Wildpret in Rivas-Martínez, T. E. Díaz, Fernández González, Izco, Loidi, Lousã & Penas 2002

- *Euphorbio paraliae-Cyperetum capitati* Sunding 1972 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]

* *Traganion moquinii* Sunding 1972

- *Traganetum moquinii* Sunding 1972

NERIO-TAMARICETEA Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

+ *TAMARICETALIA* Br.-Bl. & O. Bolòs 1958 em. Izco, Fernández-González & A. Molina 1984

* *Tamaricion boveano-canariensis* Izco, Fernández-González & A. Molina 1984

- *Atriplici ifniensis-Tamaricetum canariensis* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

KLEINIO-EUPHORBIETEA CANARIENSIS (Rivas Goday & Esteve 1965) Santos 1976

+ *KLEINIO-EUPHORBIETALIA CANARIENSIS* (Rivas Goday & Esteve 1965) Santos 1976

* *Aeonio-Euphorbion canariensis* Sunding 1972

- *Ceropegio fuscae-Euphorbietum balsamiferae* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

- *Periploco laevigatae-Euphorbietum canariensis* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
- *Plocametum pendulae* M. C. Marrero, O. Rodríguez & Wildpret 2003

RHAMNO CRENULATAE-OLEETEA CERASIFORMIS Santos ex Rivas-Martínez 1987 [nom. inv. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]

- + *MICROMERIO HYSSOPIFOLIAE-CISTETALIA MONSPELIENSIS* Pérez de Paz, Del Arco & Wildpret 1990 [nom. inv. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]
 - * *Micromerio hyssopifoliae-Cistion monspeliensis* Pérez de Paz, Del Arco & Wildpret 1990 [nom. inv. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]
 - *Cistetum symphytifolio-monspeliensis* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
- + *RHAMNO CRENULATAE-OLEETALIA CERASIFORMIS* Santos 1983 [nom. inv. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]
 - * *Mayteno-Juniperion canariensis* Santos & Fernández Galván ex Santos 1983 *corr.* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - *Junipero canariensis-Oleetum cerasiformis* O. Rodríguez, Wildpret, Del Arco & Pérez de Paz 1990 *corr.* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

ANOMODONTO-POLYPODIETEA Rivas-Martínez 1975

- + *ANOMODONTO-POLYPODIETALIA* O. Bolòs & Vives in O. Bolòs 1957
 - * *Polypodium cambrici* Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]
 - Bartramio strictae-Polypodienion cambrici* (O. Bolòs & Vives in O. Bolòs 1957) Rivas-Martínez in Rivas-Martínez *et al.* 2002
 - *Davallio canariensis-Polypodietum macaronesici* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González *et al.* ex Capelo, J. C. Costa, Lousã, Fontinha, Jardim, Sequeira & Rivas-Martínez 2000

ASPLENIETEA TRICHOMANIS (Br.-Bl. in Meier & Br.-Bl. 1934) Oberdorfer 1977

- + *CHEILANTHETALIA MARANTO-MADERENSIS* Sáenz & Rivas-Martínez 1979
 - * *Cheilanthon pulchellae* Sáenz & Rivas-Martínez 1979
 - *Adianto pusilli-Cheilantheum pulchellae* Sáenz & Rivas-Martínez 1979

GREENOVIO-AEONIETEA Santos 1976

- + *SONCHO-AEONIETALIA* Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]
 - * *Soncho-Aeonion* Sunding 1972 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]
 - *Monantheum pallentis* García Casanova, Wildpret & O. Rodríguez
 - *Pericallido lanatae-Sonchetum gummiferi* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

- *Umbilico horizontalis-Aeonietum urbici* García Gallo & Wildpret in Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

LYGEO-STIPETEA Rivas-Martínez 1978 [nom. conserv. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 2002]

- + *HYPARRHENIETALIA HIRTAE* Rivas-Martínez 1978
 - * *Hyparrhenion hirtae* Br.-Bl., P. Silva & Rozeira 1956
 - *Cenchro ciliaris-Hyparrhenietum sinaicae* Wildpret & O. Rodríguez in Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993 *corr.* Díez-Garretas & Asensi 1999

TUBERARIETEA GUTTATAE (Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952) Rivas Goday & Rivas-Martínez 1963 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]

- + *MALCOLMIETALIA* Rivas Goday 1958
 - * *Ononidion tournefortii* Géhu, Biondi, Géhu-Franck, Hendoux & Mossa 1996
 - *Ononido tournefortii-Cyperetum capitati* Wildpret, Del Arco & Acebes in Del Arco, Acebes & Wilpret 1983
- + *TUBERARIETALIA GUTTATAE* Br.-Bl. in Br.-Bl., Molinier & Wagner 1940 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]
 - * *Tuberarion guttatae* Br.-Bl. in Br.-Bl., Molinier & Wagner 1940 [nom. mut. propos. cf. Rivas-Martínez *et al.* 1993]
 - *Hypochoerido glabrae-Tuberarietum guttatae* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

PEGANO-SALSOLETEA Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

- + *FORSSKAOLEO ANGUSTIFOLIAE-RUMICETALIA LUNARIAE* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - * *Artemisio thusculae-Rumicion lunariae* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - *Artemisio thusculae-Rumicetum lunariae* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - * *Launaeo arborescentis-Schizogynion sericeae* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - *Artemisietum ramosae* Del Arco, Acebes, A. Rodríguez, Padrón, O. Rodríguez, Pérez de Paz & Wildpret 1997
 - *Launaeo arborescentis-Schizogynetum sericeae* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
- + *NICOTIANO GLAUCAE-RICINETALIA COMMUNIS* Rivas-Martínez, Fernández-González & Loidi 1999
 - * *Nicotiano glaucae-Ricinion communis* Rivas-Martínez, Fernández-González & Loidi 1999

- *Polycarpo-Nicotianetum glaucae* Sunding 1972
- *Tropaeolo majoris-Ricinetum communis* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer & Preising ex von Rochow 1951

CHENOPODIO-STELLARIENEA Rivas-Goday 1956

- + *CHENOPODIETALIA MURALIS* Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber & Walas 1936 em. Rivas-Martínez 1977
 - * *Chenopodium muralis* Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber & Walas 1936
 - Malvenion parviflorae* Rivas-Martínez 1978
 - *Chenopodio muralis-Malvetum parviflorae* Lohmeyer & Trautmann 1970
 - * *Mesembryanthemion crystallini* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - *Mesembryanthemetum crystallini* Sunding 1972
- + *SISYMBRIETALIA OFFICINALIS* J. Tüxen in Lohmeyer, W., A. Matuszkiewicz, W. Matuszkiewicz, H. Merker, J. J. Moore, T. Müller, E. Oberdorfer, E. Poli, P. Seibert, H. Sukopp, W. Trautmann, J. Tüxen, R. Tüxen & V. Westhoff 1962 em. Rivas-Martínez, Báscones, T. E. Díaz, Fernández-González & Loidi 1991
 - * *Hordeion leporini* Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber & Walas 1936 corr. O. Bolòs 1962
 - *Bromo-Hirschfeldietum incanae* Oberdorfer ex Lohmeyer 1975
- + *THERO-BROMETALIA* (Rivas Goday & Rivas-Martínez ex Esteve 1973) O. Bolòs 1975
 - * *Resedo lanceolatae-Moricandion* F. Casas & M. E. Sánchez 1972
 - *Iflogo spicatae-Stipetum capensis* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993
 - *Senecioni coronopifolii-Echietum bonnetii* Rivas-Martínez, Wildpret, Del Arco, O. Rodríguez, Pérez de Paz, García Gallo, Acebes, T. E. Díaz & Fernández-González 1993

ISOETO-NANOJUNCETEA

- + *NANOCYPERETALIA* Klika 1935
 - * *Verbenion supinae* Slavnic 1951
 - *Verbenetum supinae* Sunding 1972

3.2. Flora

Hasta la fecha, en el interior de los espacios naturales protegidos estudiados hemos registrado la presencia de 337 taxones de plantas vasculares. De éstos, 95 son endémicos (en torno al 28 % del total); entre ellos figuran 10 exclusivos de Tenerife (3 %), 69 de Canarias (20 %) y 16 de éste y otros archipiélagos atlánticos vecinos (5 %). Teniendo en cuenta que aún no se ha concluido el rastreo de estos enclaves y que gran parte de los últimos años se ha caracterizado por una pertinaz sequía, este listado florístico debe considerarse aún como provisional ya que, probablemente, aún pueden haber pasado inadvertidos algunos taxones, sobre todo terófitos.

Dos son las especies vegetales endémicas, presentes en el ámbito estudiado, que destacan por su grave estado de conservación: *Anagyris latifolia* Brouss. ex Willd. (“oro de risco”) y *Atractylis preauxiana* Sch. Bip. (“piña de mar”). Ambas se hallan incluidas en el Anexo I (especies de flora estrictamente protegidas) del *Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa* (también conocido como *Convenio de Berna*), y en los Anexos II y IV de la *Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres* (o *Directiva de Hábitats*) [5] [6] [11]. Además, estas dos especies se encuentran registradas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas [9] y en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias [3], dentro de la categoría de máxima amenaza: “en peligro de extinción”.

Si bien había constancia de la existencia de ciertas poblaciones aisladas de *Atractylis preauxiana* en algunos de los espacios naturales protegidos costeros de la comarca de Abona, nosotros hemos hallado dentro de estas áreas protegidas o en sus inmediaciones otras poblaciones o subpoblaciones, a veces plantas aisladas, que hasta ahora eran desconocidas. Por su importancia cuantitativa, al estar constituida por varias decenas de ejemplares adultos de esta especie, destaca una población de *A. preauxiana* (UTM 359521, 3116688), no citada hasta la fecha, descubierta al sur del Sitio de Interés Científico del “Tabaibal del Porís”. Localizada junto a una urbanización y a menos de 250 metros de la Autopista TF-1, corre grave riesgo de terminar desapareciendo a corto o medio plazo si continúa la edificación de viviendas, la construcción o ampliación de pistas y carreteras, y el vertido incontrolado de escombros, chatarra o basuras. Parecida suerte podrían correr otras poblaciones de este taxón, como las descubiertas inicialmente en marzo de 2002 por Rüdiger Otto y Rubén Barone Tosco (*com. pers.*), en las proximidades de la Playa del Vidrio. En este caso, la ejecución de las obras del puerto industrial de Granadilla, caso de prosperar el proyecto existente, podría comprometer la viabilidad futura de una de las localidades más importantes de esta singular especie en Tenerife.

Por otra parte, constituye una novedad el hallazgo de *Anagyris latifolia* en el seno de los espacios protegidos estudiados. Nosotros hemos detectado la presencia de dos ejemplares aislados, que crecen en riscos escarpados del Monumento Natural del “Roque de Jama”, aunque en las últimas visitas al área sólo hemos podido confirmar la existencia de uno de ellos (UTM 338528, 3107923).

Aparte de los dos taxones comentados, en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias también figuran otras siete especies vegetales presentes en nuestra área de estudio: *Convolvulus fruticosus* Desr. y *Echium triste* Svent., catalogadas como “sensibles a la alteración de su hábitat”; *Artemisia reptans* C. Sm. in Buch, *Gymnocarpus decandrus* Forssk., *Herniaria canariensis* Chaudhri, *Kickxia sagittata* (Poir.) Rothm. var. *urbanii* (Pit.) Sund. y *Plantago asphodeloides* Svent., consideradas como “de interés especial”.

Numerosas son las novedades florísticas que van apareciendo al rastrear minuciosamente el territorio de los espacios naturales del Sur de Tenerife, como las ya comentadas más arriba. Ejemplo de ello es, igualmente, el descubrimiento en el Monumento Natural de “Los Derriscaderos” de *Campylanthus salsoloides* Roth var. *leucantha* Svent., raro endemismo canario que, hasta que fue citado por nosotros en fechas recientes (García Casanova *et al.*, 2003) [17], sólo se conocía de La Gomera y Gran Canaria. Éstos y otros hallazgos novedosos ponen de relieve, en fin, el valioso e interesante papel que desempeñan estas áreas en la conservación de la alta pero frágil fitodiversidad endémica insular.

4. REFLEXIONES FINALES

Antes de concluir, creemos oportuno realizar algunas consideraciones sobre el actual modelo de la Red Canaria de Espacios Naturales en las medianías y costas del Sureste de Tenerife.

Si bien es cierto que una proporción bastante elevada de la superficie de la isla, en torno al 48,6 %, se encuentra incluida en alguno de los 43 espacios naturales protegidos existentes en la actualidad (v. Martín Esquivel *et al.*, 1995 [19]), si nos circunscribimos a una escala más local se pone de manifiesto que la protección territorial de la demarcación de Abona, por debajo de las medianías, es claramente insuficiente. Pero lo preocupante no es sólo que la superficie que globalmente ocupen aquí los espacios naturales protegidos sea reducida, sino que la delimitación geométrica de los mismos infringe muchos de los criterios provenientes de la teoría de la biogeografía de islas (MacArthur & Wilson, 1967) [18], aplicables asimismo al diseño de áreas protegidas (Diamond, 1975 [12]; Diamond & May, 1976 [13]; Pressey *et al.*, 1993 [20]; Schafer, 1990 [24] y 1997 [25]).

Así, para comenzar, el patrón adoptado restringe al mínimo la superficie protegida de la mayor parte de los nodos de interés ecológico y paisajístico, con lo cual se impide cierta capacidad de autonomía y de respuesta de los ecosistemas para afrontar las importantes influencias provenientes del entorno, aumentando su fragilidad y comprometiendo su futuro al compartimentar el espacio. Casos extremos, por su reducida extensión, son el del Sitio de Interés Científico del “Tabaibal del Porís”, constreñido entre la autopista y el litoral, con una anchura que oscila entre 70 y 450 metros, y los de los Monumentos Naturales de “Montaña Amarilla” y “Roque de Jama” que, con menos de 100 hectáreas cada uno (véase la Tabla I), se erigen en solitarios hitos aislados en medio de un entorno del que reciben diversos tipos de impactos negativos.

Igualmente desafortunados son los diseños con formas alargadas y notablemente estrechas, con los que se consigue una relación perímetro/superficie muy alta o, lo que es lo mismo, se exagera el efecto borde de todas las actividades provenientes del exterior. Ejemplos de ello los tenemos en el ya citado Sitio de Interés Científico del “Tabaibal del Porís” o en el Monumento Natural de “Los Derriscaderos”; en éste último caso, al apoyar los límites del área protegida en el borde superior de las laderas que limitan los cauces, se sigue un criterio de cómodo ajuste a la topografía pero inconsistente desde el punto de vista ecológico y que, además, subestima los previsibles impactos de los usos y actividades que se desarrollan en el vecino territorio en el que se encaja la cuenca.

Otro aspecto relevante, que tampoco se ha tenido en cuenta a la hora de diseñar los espacios protegidos, es el relativo al mantenimiento de pasillos o corredores ecológicos entre los diferentes hábitats y ecosistemas de la comarca. Tales elementos de conexión, prácticamente ausentes en la planificación actual, permitirían flujos genéticos entre poblaciones animales y vegetales y, en general, el desarrollo de ciclos biogeofísicos, que hoy por hoy se ven seriamente limitados cuando no, sencillamente, cortados bruscamente por líneas artificiales ajenas a la realidad natural.

De forma análoga puede interpretarse la falta de conexión entre espacios naturales muy próximos. De haberse optado por unirlos se habrían facilitado los citados procesos y, al incrementar su tamaño, se habría aumentado la homeostasis de sus ecosistemas. Tal fragmentación es fruto de una visión estrecha, que no concibe englobar grandes unidades, sino que apuesta por preservar elementos singulares aislados, subestimando la importancia vital de la matriz ambiental en la que dichos elementos se insertan y de los que, en última ins-

tancia, forman parte indisociable. Especialmente ilustrativo al respecto es el caso del Monumento Natural de "Montaña de Guaza" y la Reserva Natural Especial del "Malpais de Rasca", distantes apenas 200 metros, o el del Monumento Natural de "Los Derriscaderos" y el Monumento Natural de las "Montañas de Ifara y Los Riscos", separados no más de 600 metros entre sí.

Podríamos poner de relieve otras muchas imperfecciones detectadas en la actual configuración del sistema de áreas protegidas pero, por mor de no extendernos más, baste apuntar la insuficiente protección que se otorga a algunos elementos geomorfológicos, paisajísticos, biológicos y ecológicos, al dejarlos total o parcialmente fuera de los límites protegidos, a pesar de que en numerosos casos queden sin salvaguardar la mayor o la mejor representación de los mismos.

Para finalizar estas reflexiones, y enlazando con los planteamientos generales expresados en la introducción, digamos que quizá sigan siendo la codicia, la ignorancia y el olvido, cuando no el desprecio que secularmente ha habido hacia estas yermas tierras del mediodía tinerfeño, los principales problemas a los que se enfrentan los esfuerzos para transmitir sus valores naturales y patrimoniales, sin merma de sus potencialidades, a las generaciones venideras.

5. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a Andrés Rodríguez del Rosario por autorizarnos gentilmente a reproducir la foto 1.

6. REFERENCIAS

6.1 Legislación

- [1] Decisión de la Comisión, de 28 de diciembre de 2001, por la que se aprueba la lista de lugares de importancia comunitaria con respecto a la región biogeográfica macaronésica, en aplicación de la Directiva 92/43/CEE del Consejo. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº L 5/16, de 9 de enero de 2002.
- [2] Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias*, Año XVIII, 60: 5.989-6.307.
- [3] Decreto 151/2001, de 23 de julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias* nº 97, de 1 de agosto de 2001.
- [4] Decreto 150/2002, de 16 de octubre, por el que se aprueba definitivamente el Plan Insular de Ordenación de Tenerife. *Boletín Oficial de Canarias*, Año XX, 140: 17.206-17.471.
- [5] Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº L 206, de 22 de julio de 1992.
- [6] Directiva 97/62/CE, de 27 de octubre, por la que se adapta al progreso científico y técnico la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la

fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº L 305, de 8 de diciembre de 1997.

- [7] Ley 12/1987, de 19 de junio, de declaración de Espacios Naturales de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias*, Año V, 85: 2.319-2.391.
- [8] Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias*, Año XII, 157: 9.629-9.877.
- [9] Orden de 9 de julio de 1998, por la que se incluyen determinadas especies en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y cambian de categoría otras incluidas en el mismo. *Boletín Oficial del Estado* nº 172, de 20 de julio de 1998.
- [10] Orden de 1 de junio de 1999, por la que se crea el Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias*, 84: 9.849-9.851.
- [11] Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Boletín Oficial del Estado* nº 310, de 28 de diciembre de 1995.

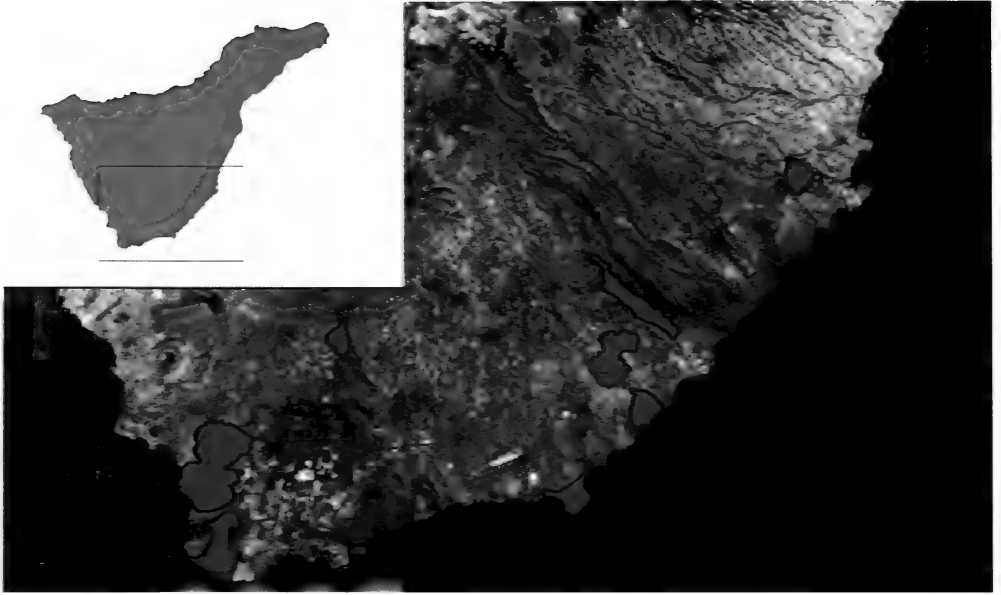
6.2 Bibliografía

- [12] Diamond, J. M., 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation*, 7: 129-146.
- [13] Diamond, J.M., & R.M. May, 1976. Island biogeography and the design of natural reserves. In *Theoretical Ecology: Principles and Applications*, ed. R.M. May, 163-86. Philadelphia: W.B. Saunders Co.
- [14] García Casanova, J., 1992. *Contribución al estudio de la flora y vegetación del Paraje Natural Montaña Roja (El Médano, Tenerife). Aproximación al conocimiento de los recursos naturales y culturales del medio, y propuesta de Plan de Uso y Gestión*. Tesis de Licenciatura (inéd.). Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna.
- [15] García Casanova, J., O. Rodríguez Delgado & W. Wildpret de la Torre, 1996. *Montaña Roja: Naturaleza e Historia de una Reserva Natural y su entorno (El Médano-Granadilla de Abona)*. Centro de la Cultura Popular Canaria. 404 pp.
- [16] García Casanova, J., W. Wildpret de la Torre & O. Rodríguez Delgado, 2002. *Monanthesum pallentis* as. nova del Sur de Tenerife (islas Canarias). *Vieraea*, 30: 207-212.
- [17] García Casanova, J., W. Wildpret de la Torre & O. Rodríguez Delgado, 2003. *Campylanthus salsoloides* Roth var. *leucantha* Sventenius: nueva aportación al inventario de la biodiversidad vegetal de Tenerife (Islas Canarias). *Botanica Macaronesica*, 24: 169-171.
- [18] MacArthur, R. H., & E. O. Wilson, 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. xi, 203 pp.
- [19] Martín Esquivel, J. L., García Court, H., Redondo Rojas, C. E., García Fernández, I. & Carralero Jaime, I. 1995. *La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos*. Tomo 1. Gobierno de Canarias. Consejería de Política Territorial. Viceconsejería de Medio Ambiente. 412 pp.

- [20] Pressey, R. L., C. J. Humphries, C. R. Margules, R. I. Vane-Wright & P. H. Williams. 1993. Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 124-128.
- [21] Rivas-Martínez, S., W. Wildpret de la Torre, M. del Arco Aguilar, O. Rodríguez Delgado, P. L. Pérez de Paz, A. García Gallo, J. R. Acebes Ginovés, T. E. Díaz González & F. Fernández González, 1993. Las comunidades vegetales de la Isla de Tenerife (Islas Canarias). *Itinera Geobotanica*, 7: 169-374.
- [22] Rivas-Martínez, S., F. Fernández-González, J. Loidi, M. Lousa & A. Penas, 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, 14: 5-341.
- [23] Rivas-Martínez, S., T. E. Díaz, F. Fernández-González, J. Izco, J. Loidi, M. Lousã & A. Penas, 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica*, 15(1): 1-432, 15(2): 433-922.
- [24] Schafer, C. L., 1990. *Nature Reserves: Island Theory and Conservation Practice*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- [25] Schafer, C. L., 1997. Terrestrial nature reserve design at the urban/rural interface. In M. W. Schwartz (ed.) *Conservation in Highly Fragmented Landscapes*: 345-378. Chapman and Hall, Nueva York.

Espacios Naturales Protegidos objeto de estudio	
Denominación	Superficie (ha)
Reserva Natural Especial de "Montaña Roja"	166,0
Reserva Natural Especial del "Malpaís de Rasca"	315,4
Monumento Natural de la "Montaña Centinela"	132,3
Monumento Natural de "Los Derriscaderos"	268,3
Monumento Natural de las "Montañas de Ifara y Los Riscos"	288,1
Monumento Natural de la "Montaña Pelada"	152,7
Monumento Natural del "Roque de Jama"	94,1
Monumento Natural de "Montaña Amarilla"	27,8
Monumento Natural de la "Montaña de Guaza"	725,7
Sitio de Interés Científico del "Tabaibal del Porís"	48,6
SUPERFICIE TOTAL	2.219,0

Tabla 1



Mapa 1. Localización de los Espacios Naturales Protegidos estudiados



Foto 1. Vista del Monumento Natural del "Roque de Jami" y su entorno desde el Valle de San Lorenzo.

***OLIVELLA OTEROI* BERMEJO, 1979 EN CANARIAS**

Emilio Rolán¹ & José María Hernández²

¹Museo Historia Natural, Campus Universitario Sur, 15882 Santiago de Compostela
e-mail: erolan@emiliorolan.com

²Capitán Quesada 41, 35460 Gáldar, Gran Canaria
e-mail: jmho@infonegocio.com

RESUMEN

Se estudia la validez de la especie *Olivella oteroi* Bermejo, 1979 (Mollusca, Olividae) que había sido puesta en duda en diversas publicaciones. Se muestran algunos caracteres morfológicos de la concha, el opérculo y la rádula, y se compara con especies próximas, llegándose a la conclusión de que es una especie válida y un endemismo de Canarias.

Palabras clave: *Olivella*, *Olivella oteroi*, Islas Canarias.

ABSTRACT

The validity of the species *Olivella oteroi* Bermejo, 1979 (Mollusca, Olividae), dubious after some publications, is studied. Some morphological shell characters, the operculum and the radular are shown, making comparison with close species. The conclusion is that it is a valid species and a endemic of Canary Islands.

Keywords: *Olivella*, *Olivella oteroi*, Canary Islands.

1. INTRODUCCIÓN

BERMEJO [1] descubre en Canarias una población de *Olivella* Swaison, 1831, que describe en un corto artículo, admitiendo que no está completamente seguro de si esta especie no podría ser una forma de *O. pulchella* Duclos, 1835. MIENIS & BIRAGHI [7] comentan diversos aspectos de la nueva especie, de cuya validez parecen mantener algunas dudas. BOYER [3] recolecta una numerosa población en el sur de Gran Canaria, representa ejemplares y comenta este hallazgo, también con alguna duda sobre su validez taxonómica. LEPETIT [6] incluye el taxon como válido y también aparece como válido en la página de CLEMAM [4].

2. RESULTADOS

Todos los autores que expresan dudas sobre la validez de esta especie están de acuerdo en que la más próxima es *O. pulchella* (lectotipo en MNHN) o también *O. leucozonias* Gray, 1839, aunque este taxon es considerado por todos como un sinónimo del anterior. KAICHER [5](fichas 5030 y 5032) muestra las fotos de ambas y dibuja sus protoconchas, indicando que hay diferencias entre ellas.

Sin desdeñar las importantes diferencias en la morfología de la concha (Figs. 1 y 4), que ya han sido mencionadas en los trabajos citados, en esta nota tratamos de comparar los aspectos diferenciales de la protoconcha, ya que son caracteres independientes del medio ambiente y, de esta forma, los más importantes y seguros en su diferenciación. La protoconcha de *O. pulchella* (Figs. 5, 6) es más alta, el núcleo es más pequeño, y tiene dos vueltas de espira en vez de una, como ocurre en *O. oteroi* (Figs. 2, 3).

La comparación con *O. millepunctata* (Duclos, 1842) se hace innecesaria, ya que las constantes y marcadas diferencias morfológicas de la concha (patrón de coloración y presencia de un fuerte callo que incluye a veces la protoconcha) muestran dos especies totalmente distintas. De todas formas también se hizo comparación con la protoconcha de esta especie (Figs. 7, 8). En la Tabla 1 se muestran las diferencias numéricas.

	Nº de vueltas	Altura μm	Diam. Proto. μm	Núcleo μm
<i>O. oteroi</i>	1	400	520	265
<i>O. pulchella</i>	2	520	520	185
<i>O. millepunctata</i>	1½	350	550	160

Tabla I. Comparación numérica de las protoconchas de *O. oteroi* (n=3) y *O. pulchella* (n=3) y *O. millepunctata* (n=2)

El opérculo (Figs. 9, 10) de *O. oteroi*, que no se había mostrado con anterioridad, es alargado, curvado, transparente y de color amarillento.

La rádula (Fig. 11) es bastante peculiar, tiene unas 30 filas de dientes y muestra un diente central con tres cúspides principales, y una más (a veces dos) accesorias, muy pequeñas, a cada lado. Contrariamente a la rádula de la mayoría de las *Olivella* (ver BANDEL, 1984) el diente central no es tan curvado, y a ambos lados el borde cortante carece de cúspides. El diente lateral es muy ancho en su base, prominente y curvado, y no fueron observados los dientes marginales. Por todo ello, la rádula es poco característica en comparación con otras del género y parece una forma intermedia entre la rádula de una especie del género *Oliva* Bruguière, 1789, y la de una *Olivella*.

3. CONCLUSIONES

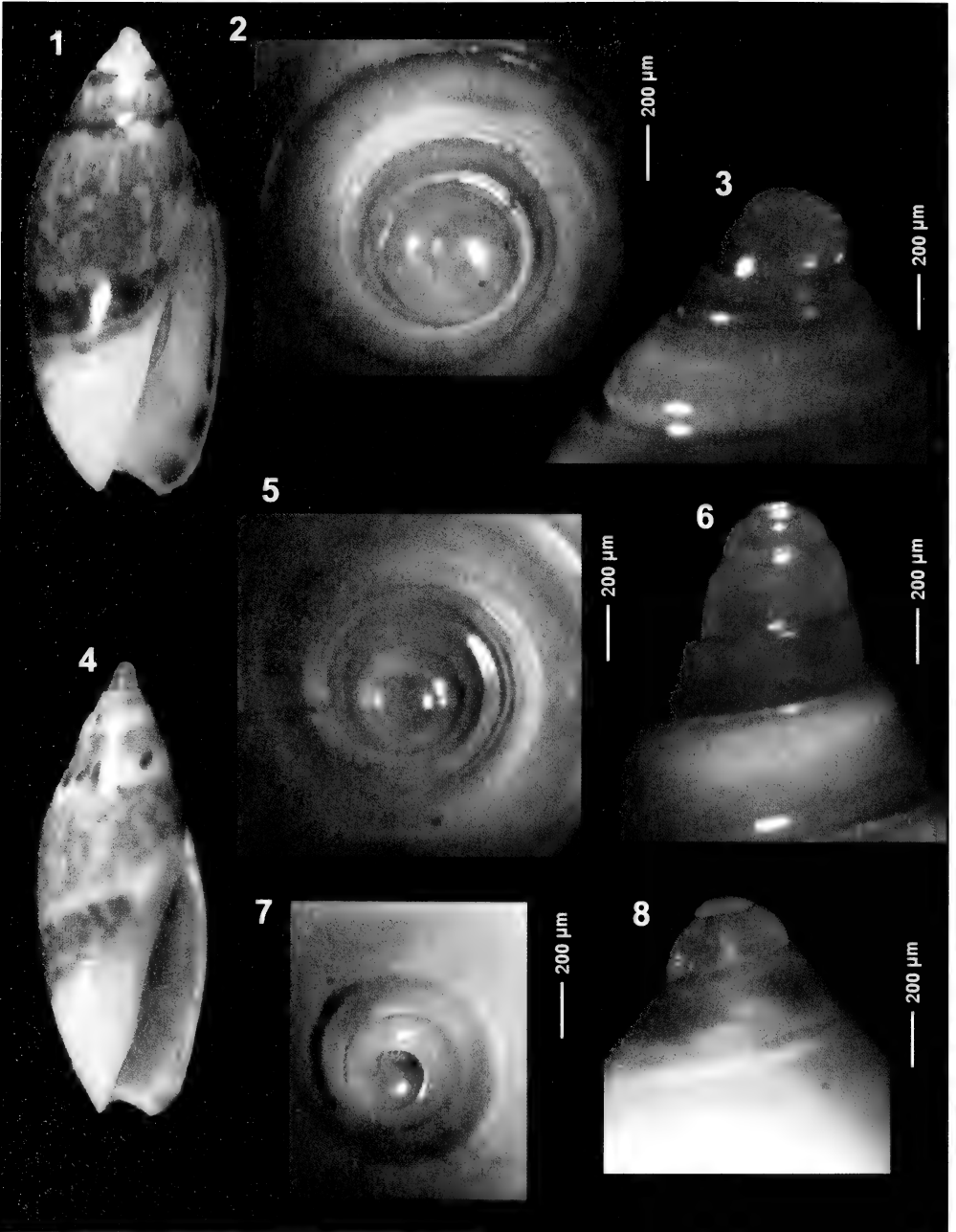
Por todo lo indicado, se concluye que *O. oteroi* es una especie válida de la fauna de las islas Canarias, probablemente endémica de estas islas, diferente de *O. pulchella* y de *O. millepunctata*.

4. AGRADECIMIENTOS

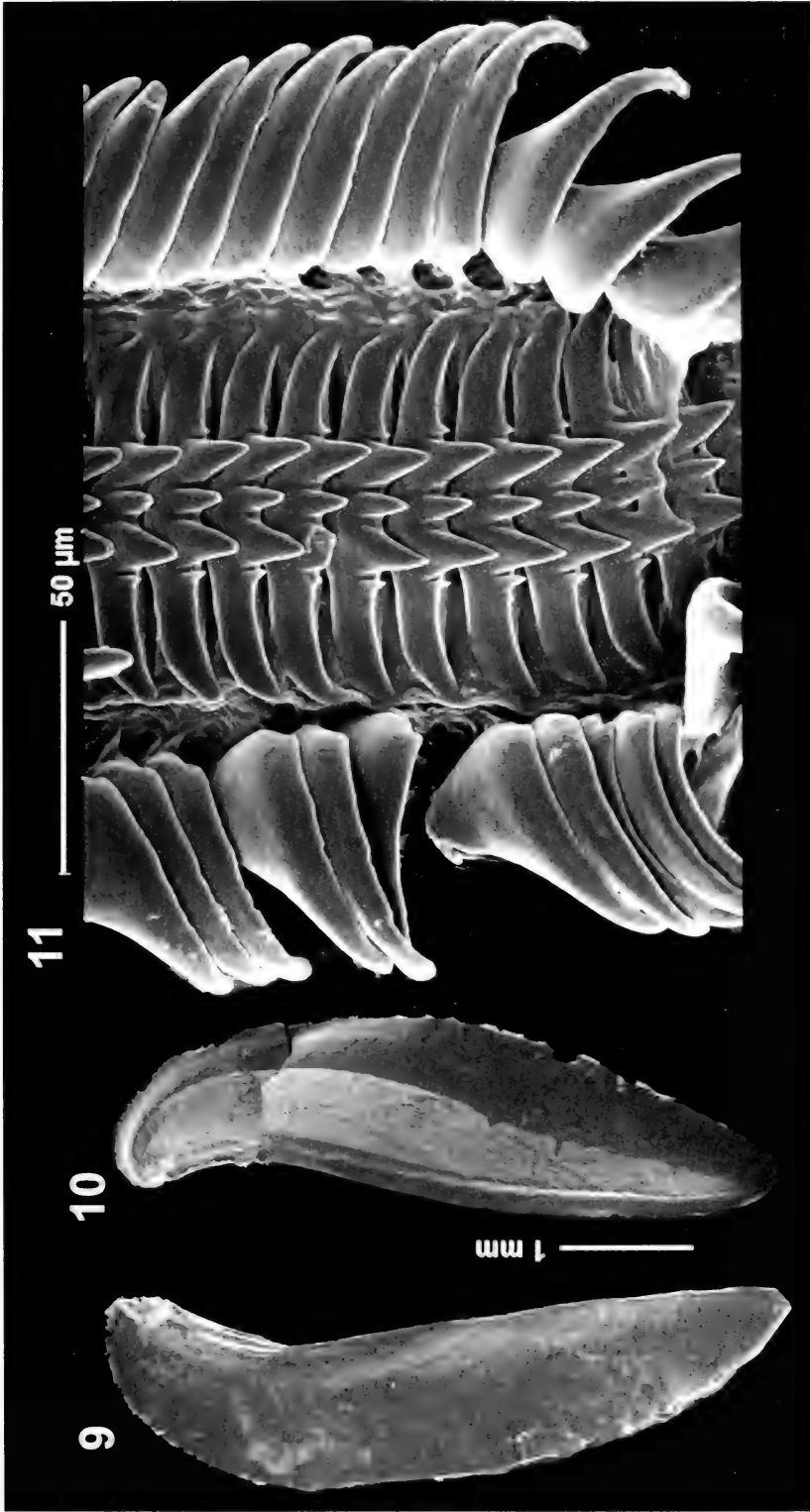
Las fotografías al MEB fueron realizadas en el Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación (CACTI) de la Universidad de Vigo por Jesús Méndez.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BANDEL, K., 1984. *The radulae of the Caribbean abd other Mesogastropoda and Neogastropoda*. E. J. Brill, Leiden. 188 pp, 22 láms.
- [2] BERMEJO, M., 1979. The first Olivid from the Canary Islands. *La Conchiglia*, 11(120-121): 15-16.
- [3] BOYER, F., 1996. Notre couverture: *Olivella oteroi* Bermejo. *Xenophora*, 74: 4.
- [4] CLEMAM, www.mnhn.fr/mnhn/bimm/clemam/page.htm
- [5] KAICHER, S. D., 1987. Card catalogue of world-wide shells. Pack#49.Olividae, part II. S. D. Kaicher, St. Petersburg, Florida. Cards [i-iii] 4942-5046.
- [6] LEPETIT, P., 1996. Les *Olivella*, sous-famille des *Olivellina*. *Xenophora*, 74: 15-25.
- [7] MIENIS, H. G. & BIRAGHI, G., 1980. Ulteriori osservazioni su *Olivella oteroi* ed altri Olividi dell'Africa Occidentale. *La Conchiglia*, 12(132-133): 9.



Figs. 1-3. *Olivella oteroi*. 1: concha, 8.2 mm (CJH); 2, 3: protoconch. **Figs. 4-6.** *Olivella pulchella*. 4: concha, 8.0 mm (CJH); 5, 6: protoconcha. **Figs. 7, 8:** *Olivella millepunctata*, protoconcha.



Figs. 9, 10. Opérculo de *O. oteroi*, concha de 8.2 mm. **Fig. 11.** Rádula del mismo ejemplar.



VIDA ACADÉMICA



TRES INSIGNES ILUSTRADOS: BETHENCOURT, EULER Y JORGE JUAN

Conferencia de apertura del Curso 2007-2008 de la Academia de Ciencias de Tenerife
21 de enero de 2008

Manuel López Pellicer

Real Academia de Ciencias de Madrid

INTRODUCCIÓN

En primer lugar deseo agradecer al Presidente de esta Academia, Profesor Dr. D. Nácere Háyek Calil la invitación a pronunciar esta conferencia, así como sus sugerencias que me han sido de gran ayuda. Conocí personalmente a Don Nácere en 1974 en una oposición a una plaza de Profesor Agregado de Análisis Funcional, en la que Don Nácere era uno de los cinco miembros del Tribunal. Todos los opositores pudimos apreciar sus excepcionales cualidades humanas a través de su trato exquisito con todos los opositores. Antes de esa oposición tenía la idea de que Don Nácere era un sabio; desde entonces con Don Nácere he asociado siempre que además de sabio tiene unas excepcionales cualidades humanas enriquecidas por una inagotable capacidad de trabajo.

El siglo XVIII ha sido excepcional para la Ciencia. Una de las figuras cumbres de este siglo de la Ilustración es Euler (1707 – 1783), considerado el mejor matemático de ese siglo y, sin duda, el matemático más fecundo que ha existido. En España también tuvimos excelentes científicos e ingenieros en ese siglo, tal vez no completamente comprendidos ni apoyados por los gobernantes. He elegido dos: El alicantino Jorge Juan (1713 – 1773) y el tinerfeño Agustín de Bethencourt y Molina (1758 – 1824), que desarrolló su obra entre el último cuarto del siglo XVIII y el primero del siglo XIX.

Dividiré la conferencia en cuatro partes. La primera la dedicaré a esbozar una visión general de la Matemática, que de forma natural nos llevará al movimiento de la Ilustración. Las tres restantes estarán dedicadas a Euler, Juan y Bethencourt, siguiendo el orden cronológico.

1.- UNA VISIÓN RÁPIDA SOBRE LA MATEMÁTICA

Para Platón (427 – 347 a.C., aproximadamente), Galileo Galilei (1564 – 1642) y Leonardo da Vinci (1452 – 1519) las matemáticas eran uno de los mayores logros de la humanidad, en su intento constante de comprender nuestro universo. Por eso Platón prohibía la entrada en la Academia a los desconocedores de la geometría. Galileo afirmaba que “*el Universo ... está escrito en lenguaje matemático ...*” y Leonardo, al observar que el conocimiento matemático está en otras ciencias y que contribuye al

desarrollo de nuevas tecnologías afirmó que “una ciencia no puede considerarse tal hasta que no está impregnada de matemáticas”.

Pero el valor de las matemáticas no es sólo utilitario, son a la vez una profunda manifestación cultural del espíritu humano al que plantean desafíos intelectuales que motivan a la superación. Mucho trabajo matemático se ha hecho “por el honor del espíritu humano”, en palabras del matemático alemán Gustav Jacobi (1804 – 1851).

Cinco siglos antes de Cristo, los pitagóricos, que gustaban llamarse *amigos de la sabiduría*, realizaron el *milagro griego*. Consiste en el paso decisivo del “hombre de la experiencia” al “hombre de la razón”, que mediante el uso sistemático de los procedimientos generales del pensamiento, análisis y síntesis, abstracción y generalización organizaron deductivamente los legados matemáticos egipcio, oriental y las propias aportaciones helénicas. Dos siglos después, Euclides (325 – 265 a. C., aproximadamente) recopiló, admirablemente, todo el saber matemático en los trece tomos de su obra “*Los Elementos*”, de la que se han hecho casi tantas ediciones como de la “*La Biblia*”.

Además, Pitágoras de Samos (569 – 475 a.C., aproximadamente) y sus discípulos se dieron cuenta que había afirmaciones que tenían que admitir sin demostración. Las llamaron *postulados*. Zenón de Elea (490 – 425 a.C., aproximadamente), mediante sus famosas paradojas, probó que algunos postulados pitagóricos eran incompatibles entre sí. De esta forma Zenón defendió frente a los pitagóricos las ideas de su maestro, el gran filósofo Parménides de Elea (540 – 470 a.C.). Zenón visitó Atenas el año 445 antes de Cristo para convencer a Pericles (495 – 429 a.C.) de la necesidad de firmar un pacto de alianza entre sus ciudades. Entonces conversó con Sócrates (470 – 399 a.C.), que tenía 25 años. Es razonable suponer que Sócrates primero y más tarde Platón (427 – 347 a.C., aproximadamente) quedaron impresionados por la arquitectura del pensamiento matemático, pues la transmisión de las paradojas de Zenón la debemos a Aristóteles (384 – 322).

Es pues razonable suponer que la belleza y armonía del pensamiento matemático las tuvo muy presentes Aristóteles en la formación de su Lógica, que se intentó mejorar durante la Edad Media, soñando con obtener un sistema formal, llamado *Combinatoria Universal*, con el que se pudiera demostrar la verdad o falsedad de cualquier proposición. Con este objetivo, Leibniz (1646 – 1716) escribió su obra “*Meditaciones sobre el conocimiento, verdades e ideas*” de 1680, intentando reducir el razonamiento a un *álgebra del pensamiento*.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX se desarrollaron axiomáticas sobre la teoría de conjuntos, que intentaban encerrar la matemática dentro de un sistema formal de conocimiento. La célebre paradoja de Bertrand Russell (1872 -1970) sirvió, como antaño las de Zenón, para depurar las construcciones axiomáticas. Pero unos treinta años más tarde, el teorema de Gödel (1906 – 1978) de la imposibilidad de construir un sistema axiomático consistente y completo que contenga a la Aritmética elemental, puso límites a la mente humana al demostrar la existencia de proposiciones aritméticas indemostrables. Los ordenadores también participan de las limitaciones de nuestra mente, pues Turing (1912 – 1954) probó con el problema de la parada que nunca dispondremos de un ordenador capaz de contestar a todas las posibles cuestiones matemáticas.

Por tanto, desde hace unos setenta años sabemos que la Matemática es limitada, pero nadie duda que nos seguirá ayudando a entender el Universo, guiados de los genios matemáticos que se inspiran en su gran belleza y utilidad. Me voy a detener ahora en cuatro de ellos. Primero Arquímedes de Siracusa (287 – 212 a. C.) y Newton (1643 – 1727), en quienes el estudio de *Los Elementos* de Euclides decidió su vocación matemática. Luego veremos parte de la obra de Leibniz y de Euler.

El padre de Arquímedes fue el astrónomo heliocentrista Fidias, que envió a su hijo a Alejandría a estudiar con Euclides. Cuando Arquímedes completó su viaje Euclides acababa de fallecer y tuvo estudiar con sus discípulos, a quienes pronto superó. Siempre que Arquímedes les comunicaba un nuevo descubrimiento le respondían que ya lo habían descubierto, lo que debía ser en general falso, pues Arquímedes comprobó que si les comunicaba teoremas falsos también se los atribuían. Por tanto, Arquímedes decidió estudiar a Euclides en su obra *Los Elementos* y adquirió con rapidez la base sobre la que hizo espectaculares desarrollos matemáticos que le permitieron obtener nuevas teorías en Física con aplicaciones en Ingeniería, que le dieron gran fama. No obstante, lo que más satisfacía a Arquímedes eran sus aportaciones matemáticas puras. Su efigie está en las célebres Medallas Fields con las que cada cuatro años se premia a unos cuatro grandes creadores matemáticos que no hayan superado los cuarenta años.

La obra de Arquímedes encontró un gran continuador en Newton en el siglo XVII, quien también recibió una fuerte influencia de *Los Elementos* de Euclides. Los primeros estudios de Newton no fueron brillantes, pero su tío, el pastor protestante William Ayscough, fue quien decidió que Newton debía prepararse para entrar en la Universidad. El 5 de junio de 1661 ingresó en el Trinity College de Cambridge.

Según de Moivre (1667 - 1754) el interés de Newton por las Matemáticas comenzó en octubre de 1663 al no poder leer un libro de astrología por no entender sus matemáticas. Entonces intentó estudiar un libro de trigonometría y observó que le faltaba base geométrica, que la adquirió con el estudio de la traducción de *Los Elementos* de Euclides que había hecho su profesor Barrow (1630 - 1677).

Barrow fue el primer titular de la célebre Cátedra Lucasiana de Matemáticas (*Lucasian Chair of Mathematics*) en la Universidad de Cambridge, cargo fundado en 1663 por Henry Lucas, miembro del parlamento inglés por la Universidad entre 1639 y 1640, y establecido oficialmente por Carlos II en 1664. Lucas, en su testamento, legó su biblioteca de 4000 volúmenes a la Universidad, y mandó la compra de terrenos que diesen un rendimiento anual de 100 libras para poder fundar una Cátedra. Ordenaba también que el profesor que ocupase esta cátedra, tenía que dar por lo menos una clase de matemáticas a la semana, y habría de estar disponible dos horas semanales para resolver las dudas de los alumnos. El segundo titular de la cátedra lucasiana fue Newton. Desde 1980 está ocupada por el conocido físico teórico Stephen Hawking (1942 –).

Al finalizar Newton sus estudios, la Universidad de Cambridge cerró tres años por epidemia de peste. Newton se retiró a la granja familiar en Woolsthorpe, donde intuyó que los fenómenos físicos se describen matemáticamente y para su cuantificación elaboró una nueva matemática, que la llamó Cálculo de Fluxiones, origen de nuestro Cálculo Infinitesimal, descubierto independientemente por Leibniz (1646 – 1716). Tras

la peste, Newton sucedió a Barrow en la Cátedra Lucasiana, fue elegido miembro de la Royal Society de Londres (1672), y en 1684 contestó de inmediato a Halley (1656 - 1742) sobre la forma elíptica de la órbita del cometa que lleva su nombre, en contraposición a la creencia de que las órbitas de los cometas eran rectilíneas. La respuesta de Newton hacía verosímil la suposición de Halley de que su cometa era el descrito por Kepler unos 70 años antes. Halley preguntó a Newton por qué sabía la forma de la órbita y Newton dio la histórica respuesta “*porque la he calculado*”, identificando matemáticas con comprensión del mundo físico.

Afortunadamente Halley convenció a Newton que escribiese un tratado completo sobre sus métodos de cálculo, su nueva Física y su aplicación a la Astronomía. Después de casi un año de reclusión, con total dedicación al nuevo libro, publicó en 1687 su obra “*Principios matemáticos de la filosofía natural*”, donde describe y cuantifica diversos fenómenos físicos. Leer hoy “*Principia*” de Newton requiere la inmersión previa en *Los Elementos*, pues la nueva matemática de los “*Principia*” está escrita con el lenguaje y notación de Euclides, único método que Newton encontró para hacerse entender por sus contemporáneos. Desde 1703 fue Presidente de la Royal Society. De esa época es su duro enfrentamiento con Leibniz por la primogenitura en el descubrimiento del Cálculo Infinitesimal. Una comisión de la Royal Society, presidida por Newton, le atribuyó la prioridad en el hallazgo del Cálculo Infinitesimal. El autoinforme redactado por Newton fue parcial, pero el tiempo ha restablecido a Leibniz el honor de compartir este descubrimiento.

Leibniz llegó al Cálculo Infinitesimal desde un punto de vista diferente del de Newton. El pensamiento de Leibniz está muy bien resumido en su obra la *Monadología* (1714), palabra que viene de “*monas*”, que significa unidad en griego, y “*logos*”, que significa tratado o ciencia. La escribió hacia el final de su vida para sustentar una metafísica de las sustancias simples, que las llamaba *mónadas* y que las concebía como elementos metafísicos indivisibles generadores de todas las cosas compuestas. Leibniz aplicó su concepción monádica a todas las ciencias que cultivó.

En Psicología postuló la existencia de ideas innatas en nuestra alma, que son despertadas por los sentidos. Son conocimientos *a priori* despertados por nuestro contacto con el mundo, que los expuso en su obra *Nuevos Ensayos sobre el Entendimiento Humano* (escrito en 1707, pero no editado hasta 1765). En esta obra idealista se apoyó Kant para redactar su *Crítica de la Razón Pura*. En este libro, Leibniz se opone a las tesis de Locke (1632 – 1704) expuestas en el “*Ensayo sobre el conocimiento humano*” (1660), donde se afirma que no hay ideas innatas y sólo existe adquisición de ideas elaboradas sobre la experiencia de las percepciones de los sentidos.

La concepción monádica llevó a Leibniz a una formulación de la Dinámica contrapuesta a la cartesiana, y en Matemáticas a descubrir el cálculo infinitesimal, diferencial e integral, con sus descomposiciones “*elementales*”, que Leibniz interpretó como *mónadas matemáticas*.

Los éxitos en la descripción y predicción matemática de fenómenos naturales estimularon nuevos desarrollos matemáticos y físicos, que originaron una confianza ilimitada en que el binomio razón–experimentación, con el lenguaje universal de las operaciones algebraicas y los métodos infinitesimales, podía resolver cualquier problema.

Este optimismo filosófico llevó a la revisión empírica de las nociones fundamentales sobre el hombre y la ciencia y originó el movimiento filosófico y social conocido como la Ilustración, que nació en Inglaterra y pasó inmediatamente a Francia, donde en 1695 se publicó el famoso *Dictionnaire historique et critique* de P. Boyle (1647 – 1706). Más tarde Maupertuis (1698 – 1759) y Voltaire (1694 – 1778) hicieron que la mecánica de Newton, y con ella las ideas del empirismo inglés, fueran discutidas en academias y en otros círculos cultos. El éxito de la traducción de Diderot (1713 – 1784) de un diccionario inglés de medicina promovió que el propio Diderot y el matemático D’Alambert (1717 – 1783) iniciasen desde 1751 la publicación de la *Enciclopedia*, resúmenes claros de todos los conocimientos y progresos hechos por los mejores especialistas franceses. Desde Francia, las ideas de la *Ilustración*, en particular la libertad de pensamiento, se difundieron por la Europa del siglo XVIII y penetraron en todas las cortes europeas, provocando repugnancia hacia las medidas coercitivas del *antiguo régimen*. Europa vivió en continuas guerras durante el siglo XVIII y los continuos movimientos de tropas favorecieron la difusión de las ideas de la Ilustración.

La pugna por la corona española entre Felipe de Anjou y el archiduque Carlos de Habsburgo desató la primera guerra europea del siglo XVIII entre 1702 y 1713, si bien en España continuó como una guerra civil. Francia y Castilla lucharon contra Austria, Inglaterra, Holanda, Prusia, Portugal y Saboya. El motivo sucesorio escondía el intento de las potencias europeas de acabar con la hegemonía francesa en Europa durante el reinado de Luis XIV, el rey Sol. La paz de Utrecht (1713) supuso la entrega de Gibraltar a Inglaterra, el reparto de las posesiones españolas en Europa y el dar al Elector de Brandeburgo el título de rey de Prusia, lo que supuso el nacimiento de una nueva potencia desde la que Federico II (1712 – 1786) intervino en los sucesivos conflictos europeos.

Federico II creó la famosa Academia de Berlín quince años después de la fundación en 1725 de la Academia de San Petersburgo por Catalina I (1684 – 1727), esposa del zar Pedro I (1672 – 1725), modernizador europeísta del vasto imperio ruso y fundador de la ciudad San Petersburgo, a orillas del Báltico. En ambas academias fue determinante la presencia del mejor matemático del siglo XVIII, Leonhard Euler. Voltaire, Lambert y Maupertuis estuvieron en la nómina de la Academia de Berlín y Diderot, tres de los Bernoulli, Daniel, Jacob y Nicolaus, y Golbach en la de San Petersburgo.

Otra dos conflagraciones europeas vio el siglo XVIII: La Guerra de Sucesión de Austria (1740 – 1748), originada aparentemente por la sucesión al trono de Austria, pero generada realmente por la política de expansión de Federico II de Prusia con la anexión de Silesia, y la Guerra de los Siete Años (1756 – 1763), que enfrentó a Prusia e Inglaterra contra Francia, España, Rusia, Polonia y Suecia, redefiniendo el inestable mapa político del viejo continente. El ejército ruso saqueó una finca propiedad de Euler. La corte rusa ordenó al general al mando de las tropas restituirle los daños causados, pagándole 4000 florines como indemnización. En esta decisión de la corte rusa debió influir el gran prestigio de Euler en toda Europa, así como el haber trabajado para el gobierno ruso entre 1727 y 1741.

2.- VIDA Y OBRA DE EULER

El 15 de abril de 2007 se cumplió el tricentenario del nacimiento cerca de Basilea de Leonhard Euler (1707 – 1783). Su padre, modesto pastor protestante, acariciaba la idea de que su hijo Leonhard le sucediese en el púlpito, a lo que parecía estar destinado Euler, dado que su madre también procedía de una familia de pastores. Fue un joven precoz, con un don especial para las lenguas, una memoria extraordinaria y una increíble capacidad de cálculo mental.



A los 14 años (1721) entró en la Universidad de Basilea, donde el profesor más famoso que tuvo fue Johann Bernoulli (1667 – 1748), hombre orgulloso y arrogante, tan rápido en despreciar el trabajo de los demás como en vanagloriarse del suyo propio, lo que tenía cierto fundamento ya que en 1721 Johann Bernoulli podía proclamarse como el mejor matemático en activo, pues conocía la obra de Newton y Leibniz, quien ya había muerto en 1716, sólo y abandonado por todos, y el anciano Newton¹ no trabajó en matemáticas desde que terminó sus “*Principia*”. El cálculo diferencial e

integral eran poco conocidos en la Europa del comienzo del siglo XVIII, pues el primer manual de cálculo diferencial con aplicaciones al estudio de curvas, *Analyse des infiniment petits*, lo publicó el Marqués de L'Hôpital en 1696, recopilando algunas lecciones de Johann Bernoulli², el cálculo de fluxiones de Newton aparece brevemente en el apéndice *Tractatus de quadratura curvarum* de su *Óptica*, publicada en 1704, sus ideas sobre desarrollos en series infinitas eran conocidas por alguno de sus muy pocos amigos personales, la obra *De analysis per equationes numero terminorum infinitas* vio la luz en 1711 y su sistema de cálculo diferencial e integral está desarrollado en *Methodus fluxionum et serierum infinitarum*, publicado en 1727, después de su muerte. En 1684 apareció la primera parte del cálculo diferencial de Leibniz en la revista *Acta Eruditorum*, que en la década de los noventa del siglo XVIII recogió artículos de Leibniz y de los Bernoulli (Johann, Jacob, Daniel, ...) con soluciones de problemas famosos, como el de la catenaria, la braquistocrona y los isoperimétricos, que van a demostrar la potencia de las nuevas herramientas matemáticas.

Todo lo anterior justifica que a principios del siglo XVIII muy pocos conocían la valiosa herramienta del cálculo infinitesimal. Fue providencial para la ciencia que Johann Bernoulli viviese en Basilea justo en el momento en que Euler necesitaba un tutor. Bernoulli sugería lecturas matemáticas a Euler y discutía con él aquellos puntos que parecían especialmente difíciles. Pronto Johann Bernoulli se dio cuenta de las

¹ Newton fue enterrado en la abadía de Westminster, con honores regioes y con la asistencia de Voltaire, once años después, justo cuando Jacob y Nicolás Bernoulli invitaron a Euler a sumarse a la aventura de la Academia de San Petersburgo

² Su publicación completa se hizo en 1742.

cualidades de su joven alumno. Según transcurrieron los años, fue Bernoulli el que se convirtió cada vez más en discípulo de su joven alumno y en una carta escribió a Euler:

“Yo represento el análisis superior como si estuviera en su infancia, peor tú lo estás llevando a su estado adulto”.

No obstante, la educación universitaria de Euler no fue en Matemáticas. Se licenció en filosofía. Sus primeros escritos fueron sobre la templanza y sobre la historia de la ley. Luego ingresó en la escuela de teología para convertirse en pastor. Pero su vocación eran las matemáticas. Años más tarde escribió:

“Tuve que matricularme en la facultad de teología y dedicarme al estudio del griego y el hebreo, pero no progresé demasiado pues la mayor parte de mi tiempo lo dedicaba a los estudios matemáticos y, por suerte, las visitas de los sábados a Johann Bernoulli continuaron”.

Dejó el ministerio con el propósito de convertirse en matemático. Su progreso fue rápido y a los veinte años quedó en segundo lugar en el Gran Premio de la Academia de Ciencias de París por su artículo sobre el emplazamiento óptimo de los mástiles en un barco de guerra. Este premio fue un presagio de lo que vendría más tarde.

En 1725, Daniel Bernoulli (1700 – 1782), hijo de Johann y gran amigo de Euler, llegó a Rusia para ocupar una plaza de matemáticas en la nueva Academia de San Petersburgo. En julio de 1726 murió Nicolás (II) Bernoulli (1695 - 1726) en San Petersburgo, dejando una vacante en la Academia de San Petersburgo que se le ofreció a Euler para explicar aplicaciones de la matemática y de la mecánica a la fisiología. Se puso a estudiar fisiología con su característica laboriosidad y aceptó la plaza en noviembre de 1726, pero no viajó a Rusia hasta la primavera del año siguiente, pues intentó obtener una plaza vacante de profesor de Física en la Universidad de Basilea. Escribió un artículo sobre acústica, que se convirtió en clásico, para aumentar sus méritos para la obtención de la plaza. Al saber que no había sido elegido, en lo que su juventud influyó negativamente, dejó Basilea el 5 de abril de 1727 y viajó en barco por el Rin, cruzó en diligencia Alemania y otra vez en barco viajó desde Lübeck a San Petersburgo, donde llegó el 17 de mayo de 1727.

Cuando llegó a San Petersburgo en 1727, Euler fue asignado a la división de física y matemáticas y descubrió la relación $\ln(-1) = i(2k + 1)\pi$. Poco después, en 1729, introdujo las funciones beta y gamma. Rusia vivía una época de inestabilidad política desde la muerte de Catalina I en 1727 que provocó intolerancia y sospecha hacia los extranjeros. En palabras de Euler, la situación era *“bastante difícil, convirtiendo a Rusia en un país en que cada persona que hablaba era colgada”*. Entonces la Academia estaba dirigida por el burócrata Joham Schunacher cuya mayor preocupación era *“la supresión del talento allí donde pudiera asomar inconvenientemente”*.

Durante sus primeros años en Rusia residió en casa de Daniel Bernoulli, catedrático senior de Matemáticas en la Academia, y ambos se involucraron en amplias discusiones sobre física y matemáticas, que anticiparon el curso de la ciencia europea en las siguientes décadas. En 1733 Daniel Bernoulli se trasladó a Suiza para ocupar un puesto académico. La marcha de su buen amigo produjo un vacío en la vida de Euler, pero provocó su ascenso a catedrático senior de Matemáticas, mejorando su situación

económica. Contrajo matrimonio con Katharina Gsell, hija de un pintor suizo que vivía en Rusia. En las cuatro décadas que duró el matrimonio tuvieron trece hijos, de los que sólo cinco alcanzaron la adolescencia y tan sólo tres sobrevivieron a sus padres.

En la Academia de San Petersburgo Euler dedicó mucho tiempo a la investigación, estando a disposición del estado ruso que pagaba su salario. Preparó mapas, asesoró a la armada rusa y probó diseños de bombas contra incendios.

En sus trabajos sobre Teoría de Números parece haber sido estimulado por Golbach (1690 – 1764) y también por los propios Bernoulli. En 1729 Golbach preguntó a Euler si sabía si era o no cierta la conjetura de Fermat de que todos los números $2^{2^n} + 1$ son primos. En 1732 Euler demostró que $2^{32} + 1 = 4294967297$ no es primo, pues es múltiplo de 641. De ese período son sus aportaciones a conjeturas de Fermat y, en particular, su demostración de que el problema de Fermat de exponente 3 no tiene soluciones enteras ($x^3 + y^3 = z^3$). No consiguió resolver el problema de Fermat para un exponente n cualquiera, ni tampoco la demostración de que *todo número par es la suma de dos números primos*, conjetura debida a Christian Goldbach, que Euler pensaba que era cierta y que aún no se ha podido probar ni refutar.

En 1735 obtuvo la llamada constante γ , límite de $1/1 + \dots + 1/n - \ln n$, y resolvió el famoso *problema de Basilea* planteado por Pietro Mengoli (1625 – 1686) en 1644 a Jacob Bernoulli (1654 – 1705) y consistente en obtener la suma de la serie $\zeta(2) = \Sigma(1/n^2)$, con el que Leibniz, Stirling y de Moivre habían fracasado. Euler demostró que $\Sigma(1/n^2) = \pi^2/6$. También en 1735 fue nombrado director de la sección de geografía de la Academia de San Petersburgo con la misión de ayudar a Delisle en la preparación de un mapa del imperio ruso. El *Atlas ruso*, fruto de esta colaboración apareció en 1735 con 20 mapas. Ese año comenzaron sus problemas de salud y casi perdió la vida por una fuerte infección con fiebre muy alta, tal vez origen de los problemas oculares que luego tuvo, si bien Euler creía que sus problemas oculares, que comenzaron en 1738, habían estado provocados por sus sobreesfuerzos con los trabajos cartográficos para el gobierno ruso.

En 1736 publicó su libro *Mecánica*. Hasta entonces los métodos utilizados en Mecánica eran geométricos y sintéticos, con enfoques particulares para cada problema. Euler fue el primero en introducir los métodos analíticos en mecánica, lo que posibilitó la resolución de los problemas de forma clara y directa. Es el fundador de la *Mecánica racional* comenzando el estudio de la cinemática y dinámica de los sólidos rígidos con las ecuaciones diferenciales de su movimiento. Euler nos dejó otros dos tomos de mecánica racional dedicados a la ciencia naval, donde estableció la versión definitiva de los principios hidrostáticos³ y estudió con detalle el problema de la propulsión de un navío, aplicando principios variacionales a la determinación de su forma óptima.

En 1737 hizo su mayor contribución a la Teoría de números al obtener que la función zeta $\zeta(s) := \Sigma_1^{\infty} (1/n^s)$ está relacionada con el conjunto de los números primos por la igualdad $\zeta(s) = \prod_1^{\infty} (1 - p^{-s})^{-1}$, lo que supuso el inicio de la Teoría Analítica de Números.

³ El primero en estudiar científicamente los principios hidrostáticos fue Arquímedes.

La pérdida de la visión en su ojo derecho en 1738, no influyó en su producción matemática, que aplicó a la composición musical escribiendo en 1739 su *Tentamen novae theoriae musicae*, considerada por los músicos demasiado avanzada en matemáticas y por los matemáticos demasiado musical. En 1738 y 1740 obtuvo el Gran Premio de la Academia de Ciencias de París por diferentes trabajos de mecánica celeste. Euler hizo importantes trabajos en astronomía sobre determinación de órbitas de cometas y planetas con pocas observaciones, métodos de cálculo del paralaje del sol, teoría de la refracción y naturaleza física de los cometas. Los trabajos sobre la luna de Euler los utilizó Tobías Mayer para la construcción de sus tablas para determinar longitudes⁴.

El *cálculo de variaciones* es otra área en la que Euler hizo descubrimientos fundamentales y en 1740 se publicó su obra *Methodus inveniendi lineas curvas*, una de las más bellas obras matemáticas escritas, en palabras de Carathéodory. Euler investigaba a ritmo vertiginoso. A veces eran de Euler la mitad de los artículos de los números de la revista de la Academia de San Petersburgo. Leonhard Euler creía que cualquier problema matemático o físico tenía solución. Por ello buscó un método general para resolver ecuaciones polinómicas de cualquier grado; no lo encontró y hoy sabemos que no existe una fórmula general para resolver esas ecuaciones de grado mayor o igual a cinco. Consiguió un nuevo método para resolver ecuaciones de grado cuatro, incluido en un método general que le daba la solución de las ecuaciones de grados dos, tres y cuatro, es decir, llegó a lo máximo posible en la resolución de ecuaciones polinómicas. Los problemas de visión tampoco le impidieron comenzar su obra *Álgebra*, completa exposición de 775 páginas.

Su gran prestigio motivó que Federico II el Grande (1712 – 1786) le ofreciese un puesto en la recién creada Academia de Ciencias de Berlín, por transformación de la Sociedad de Ciencias. En 1741, Leonhard Euler, Katharina y su familia se trasladaron a Alemania, si bien siguió recibiendo regularmente parte de su estipendio desde Rusia, que utilizó en la compra de libros e instrumentos para la Academia de San Petersburgo, en cuya revista siguió publicando continuamente. También siguió prestando su atención a los jóvenes matemáticos rusos.

Vivió en Berlín un cuarto de siglo, que coincidió con la fase intermedia de su carrera matemática en la publicó alrededor de 380 artículos. En 1744 obtuvo la representación de la función $\pi/2 - x/2$ en serie trigonométrica $(\text{sen}x + (\text{sen}2x)/2 + (\text{sen}3x)/3 + \dots)$. En 1748 publicó su *Introductio in analysis infinitorum*, donde da la fórmula $e^{ix} = \cos x + i \text{sen}x$. De 1750 son artículos básicos de *mecánica de fluidos* donde expone las tres ecuaciones básicas en este tópico, hoy llamadas ecuaciones de continuidad, de Laplace y de Euler. Euler, siempre respetuoso y generoso con las investigaciones de otros matemáticos, escribió: “*Las sublimes investigaciones sobre fluidos que debemos a los Bernoulli, Clairaut y d’Alambert, se deducen de forma muy natural de mis dos fórmulas generales, por lo que nunca admiraremos bastante la coincidencia entre los resultados de sus profundas meditaciones con la sencillez de los principios de los que he deducido mis dos ecuaciones*”.

⁴ En 1765 la viuda de Mayer recibió un premio de 3000 libras del gobierno británico por la aplicación de sus tablas en el problema de determinar la longitud, y Euler recibió 300 libras por su contribución teórica.

A partir de 1755 publicó sus *Institutiones calculi differentialis* (en tres volúmenes), donde investigó las integrales dobles y las ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales. Fueron los problemas en física matemática los que llevaron a Euler al estudio de las ecuaciones diferenciales. Le debemos estudios sobre ecuaciones diferenciales con coeficientes constantes, ecuaciones diferenciales de segundo orden con coeficientes variables, y los métodos de obtener soluciones de ecuaciones diferenciales por series de potencias, por variación de constantes, por factores integrales y muchos otros. También seguimos utilizando su método de obtener soluciones aproximadas de ecuaciones diferenciales. El estudio de las membranas vibrantes le llevó a las ecuaciones de Bessel, que resolvió introduciendo las hoy llamadas funciones de Bessel.

También debemos a Euler importantes contribuciones en geometría diferencial, particularmente en la investigación de la curvatura de superficies. Algunos resultados no publicados por Euler fueron redescubiertos por Gauss. Otras investigaciones geométricas le llevaron a ideas fundamentales en topología, como la característica de Euler de un poliedro.

De agosto de 1760 es una carta de Euler sobre la visión en la que escribe: “*Estoy ahora en condiciones de explicar fenómenos de la visión, que indudablemente son una de las grandes operaciones de la naturaleza que la mente humana puede contemplar*”. Entonces tenía muy poca visión y pronto quedó ciego. Pero Euler no era persona que dejase que sus infortunios personales interfirieran en su actitud hacia las maravillas de la naturaleza.

Durante su estancia en Berlín dio clases de ciencia elemental a la princesa Anhalt Dessau y se publicaron sus clases en una excelente obra divulgativa titulada *Cartas de Euler dirigidas a una princesa alemana sobre diferentes temas de filosofía natural*⁵ (que se publicaron en tres volúmenes que aparecieron entre 1768 – 1772, después de que Euler abandonase la Academia de Berlín). Contiene unas doscientas cartas sobre la luz, el sonido, la gravedad, la lógica, el lenguaje, el magnetismo y la astronomía. Explica con claridad diferentes fenómenos físicos de la naturaleza, como la disminución de la temperatura al subir una montaña, el gran tamaño de la imagen de la luna al surgir por el horizonte o el color azul del cielo. También expone problemas filosóficos, dedicando especial atención al *problema del mal en el mundo*.

En 1765 publicó un tratado maestro sobre mecánica, *Teoría motus corporum solidorum*, donde descompone el movimiento de un sólido rígido en la composición de un desplazamiento y un giro. En esa obra introdujo los ángulos de Euler y estudió los problemas relacionados con la precisión de los equinoccios.

Cuando Euler llegó a Berlín el presidente de la Academia era Maupertuis (1698 - 1759)⁶, de quien Euler se hizo muy amigo. Ocupó el puesto de director de Matemáticas.

⁵ Están traducidas a casi todos los idiomas. En 1833 se publicaron en Estados Unidos.

⁶ Maupertuis fue un célebre geómetra francés que dirigió la expedición a Laponia entre 1736 y 1737 para medir allí la longitud de un grado de meridiano. Le acompañó el científico sueco Celsius. Su comparación con la medición de un grado de meridiano en Quito, realizada por otra expedición en la que participó de forma muy destacada el valenciano Jorge Juan, permitió concluir que la Tierra está achatada por los polos.

Además de sus investigaciones matemáticas, estaba profundamente involucrado en labores administrativas, pues aunque oficialmente no era el director de la Academia, desempeñaba ese puesto de manera informal, asumiendo responsabilidades que iban desde administrar los presupuestos hasta vigilar los invernaderos.

Cuando murió Maupertuis, Euler asumió al dirección de la Academia, pero no fue nombrado Presidente, pues Federico II, muy influido por Voltaire⁷, prefería tener un científico francés como director, y le ofreció a D'Alambert la presidencia de la Academia de Berlín, lo que causó un gran disgusto a Euler y decidió regresar a San Petersburgo, sabiendo que la situación en Rusia había mejorado durante su ausencia, particularmente con el acceso al trono de Catalina II la Grande (1729 – 1796). Euler estaba feliz con el regreso a San Petersburgo en 1766. Tenía 59 años y en esta segunda etapa en Rusia iba a producir el cincuenta por ciento de su obra. La Academia de San Petersburgo no debió dar crédito a su buena suerte al dar la bienvenida de nuevo al entonces mejor matemático del mundo. Esta vez, Euler se quedaría para siempre.

Entre 1768 y 1770 se publicó su libro *Instituciones calculi integralis* donde investigó las integrales que pueden expresarse por funciones elementales, estudió las hoy llamadas funciones beta y gamma de Euler, que había descubierto en 1729 y a las que Legendre llamaba Integrales eulerianas de primera y segunda clase, rebautizadas por Binet y Gauss con los nombres de funciones beta y gamma. En esta obra dedicó varios capítulos a las ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.

Poco después de su regreso a Rusia quedó completamente ciego. En 1771 el fuego destruyó su casa y sólo se salvo él y sus manuscritos matemáticos. Luego tuvo una operación de cataratas que le devolvió la vista por unos días, pero parece que no se cuidó bien y volvió a quedar ciego totalmente. En 1773 murió su esposa Katharina⁸. Estas desgracias y la ceguera pudieron haber marcado el final de sus años productivos, pero Euler no era un hombre corriente e incrementó su producción científica. Siguió trabajando en óptica, álgebra y en el movimiento lunar gracias a su enorme habilidad de cálculo, a su gran memoria⁹ y a la ayuda de sus hijos Christoph Euler, que era militar de carrera, y Johann Albrecht Euler, quien ocupaba la cátedra de Física en la Academia de San Petersburgo desde 1766 y la secretaría de la Academia desde 1769. También fue ayudado por los académicos W. L. Krafft y A. J. Lexell, y por el joven matemático suizo N. Fuss, nieto político de Euler, que había sido invitado a trabajar en la Academia

⁷ Federico II y Voltaire veían a Euler muy encerrado en sus matemáticas. Federico II se consideraba a sí mismo como un erudito intelectual irónico que gustaba de la filosofía, poesía y de cualquier cosa que fuese francesa. Por ello los asuntos de la Academia se trataban en francés y no en alemán. A Euler le llamaba “*mi ciclope ilustrado*”, en sádica referencia a su pérdida de visión en un ojo. Por su parte El cáustico Voltaire describía a Euler como alguien que “*nunca aprendió filosofía, por lo que tenía que contentarse con la fama de ser el matemático que en un cierto tiempo ha llenado más hojas de papel con cálculos*”. Las desavenencias tuvieron su origen en que Euler fue una persona completamente convencional, siempre amable, generosa, hogareña y no amante de los fastos de la corte. Sólo así pudo realizar su colosal obra científica. Además era calvinista muy devoto, leía cada noche en familia un capítulo de la Biblia y le gustaba estudiar teología.

⁸ Tres años después de la muerte de su mujer, Euler se casó con la hermanastra de ésta, encontrando una compañera con la que compartir sus últimos años.

⁹ Podía recitar en latín la *Eneida* completa, y decir, sin utilizar lápiz ni papel, los 100 primeros números primos, sus cuadrados, cubos y hasta sus potencias sextas.

en 1772. En 1775, Euler escribió un promedio de un artículo matemático por semana. Trabajó incesantemente hasta su repentina muerte el 18 de septiembre de 1783¹⁰.

Euler produjo más de 800 libros y artículos y sus obras completas, que se han reeditado en parte con el nombre *Opera Omnia*, ya ocupan 73 volúmenes¹¹. La mitad de las obras de Euler son de matemática pura, teoría de números, álgebra, análisis, geometría, geometría diferencial, topología y teoría de grafos. Dedicó una cuarta parte de su obra a la mecánica, dinámica de fluidos, óptica y acústica. El resto de su obra se reparte entre astronomía, náutica, arquitectura, artillería, música y filosofía. Sin embargo, la excelente valoración de Euler en el mundo matemático se debe más a la riqueza, originalidad, belleza y agudeza de su obra que a su volumen, pues hizo contribuciones decisivas en todas las áreas en las que investigó.

Uno de los puntos claves de su obra está en la maravillosa fusión que hizo del cálculo diferencial de Leibniz con el método de fluxiones de Newton, creando el Análisis Matemático, lo que le permitió el desarrollo sistemático de las ecuaciones diferenciales y la exposición analítica de la Mecánica, que le proporcionaron las herramientas para sus descubrimientos en dinámica de fluidos, elasticidad, dinámica de los tres cuerpos, movimiento lunar, acústica, teoría ondulatoria de la luz, hidráulica y música.

Su genio es equiparable al de Shakespeare, Bach o Miguel Ángel, pero sigue siendo desconocido para el gran público. Si se conociese cuántos de los resultados que utilizamos se deben a Euler se agigantaría su figura, se le situaría en la cima de la historia de las matemáticas y sería un referente ejemplar de laboriosidad y férrea disciplina de trabajo, a pesar de los serios contratiempos que le acompañaron, particularmente los problemas de falta de visión.

En su elogio fúnebre, el marqués de Condorcet señaló que “*cualquiera que se dedice a las matemáticas en el futuro sería guiado y sostenido por el genio de Euler de quien todos los matemáticos son sus discípulos*”. Años más tarde Laplace dijo “*Leed a Euler, leed a Euler. Él es el maestro de todos nosotros*”. El siglo pasado André Weil, uno de los mejores matemáticos del siglo XX, escribió “*Durante toda su vida ... parece haber llevado en la cabeza la totalidad de las matemáticas de su época, tanto puras como aplicadas*”.

¹⁰ El 18 de septiembre de 1783 dio clase de matemáticas por la mañana a uno de sus nietos, estuvo trabajando sobre las ecuaciones del ascenso de globos, entonces tema de interés provocado por el reciente ascenso de los hermanos Montgolfier sobre el cielo de París en un globo propulsado por aire caliente. Después de comer hizo algunos cálculos con Lexell y Fuss sobre el planeta Urano, recientemente descubierto y cuya órbita parecía perturbada por la existencia de un planeta exterior. En efecto, en las décadas siguientes, el análisis de la órbita del planeta, analizada a la luz de las ecuaciones que Euler había depurado, llevó a los astrónomos a buscar, y a descubrir, el todavía más distante planeta Neptuno. Si el ciego Euler hubiera tenido tiempo hubiera dedicado tiempo al reto de buscar matemáticamente el entonces desconocido planeta Urano. Pero no iba a tener tal oportunidad. A media tarde de esa típica jornada atareada, tuvo una hemorragia cerebral que sólo le permitió decir “*me estoy muriendo*” antes de quedar inconsciente. Murió alrededor de las once de noche.

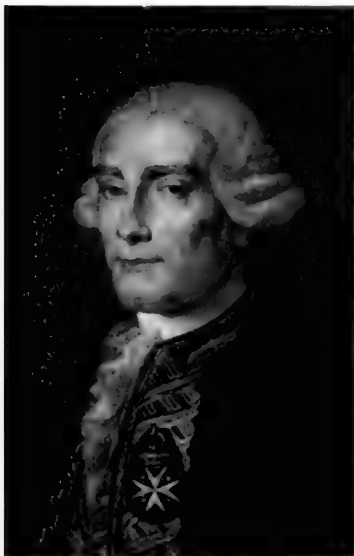
¹¹ Un proyecto editorial que comenzó en 1911 y del que faltan por aparecer volúmenes de correspondencia científica y otros manuscritos. Se estima que la obra completa de Euler ocupará unos 86 volúmenes.

3.- JORGE JUAN.

La abolición de los fueros y privilegios del Reino de Valencia influyeron muy negativamente en su desarrollo científico, pues impidieron muchas iniciativas que hubiesen resultado muy fructíferas¹². También fue muy negativo para Valencia que no estableciesen colegios de cirugía o academias militares semejantes a los que se implantaron en otras ciudades, pues la reforma y modernización de la Armada y del Ejército originó la creación de instituciones modernas científico-técnicas. Por todo ello la enseñanza oficial de las matemáticas en la Valencia del siglo XVIII estuvo localizada en la Academia de San Carlos, cuyos estatutos de 1768 recogieron la necesidad de una adecuada y rigurosa formación científico técnica de los arquitectos, estableciendo que:

“Todos lo que, en lo sucesivo, hayan de ejercer la arquitectura y, sobre todo, el trabajo de medir, tasar, proyectar y dirigir fábricas estarán habilitados por la Academia y no por ningún otro tribunal, magistrado, gremio ni ninguna otra persona, e igualmente irá precedido de un examen riguroso en Junta ordinaria, que versará no sólo sobre arquitectura, sino también sobre práctica de la geometría, aritmética, maquinaria y otras ciencias matemáticas necesarias para hacer con acierto unas operaciones en las que tanto se interesan mis vasallos”.

Pero, aún con tan adversas condiciones, Valencia fue durante el siglo XVIII uno de los principales centros de renovación científica en España, dando gran importancia a la formación matemática, gracias a la influencia y prestigio de Jorge Juan.



Jorge Juan (1713 – 1773) fue un eminente marino, matemático, topógrafo y estadista natural de Novelda (Alicante). Era hijo de don Bernardo Juan y Canicia, descendiente de los Condes de Peñalba, y de doña Violante Santacilia y Soler de Cornellá, miembro de una hacendada familia de Elche. Ambos eran viudos y casados en segundas nupcias. Vivían en la Plaza del Mar de Alicante y pasaban temporadas de descanso en Novelda.

Tenía tres años de edad cuando quedó huérfano de padre. Estudió sus primeras letras en el colegio de la Compañía de Jesús de Alicante bajo la tutoría de su tío don Antonio Juan, canónigo de la colegiata. Poco después, su otro tío don Cipriano Juan, Caballero de la Orden de Malta, se encargó de su educación enviándole a Zaragoza para que cursara allí los estudios de Gramática, que en aquel tiempo constituían una enseñanza preparatoria para otros estudios superiores.

A los doce años, y tras un minucioso examen concerniente a la limpieza de sangre de sus antecesores, fue aceptado y enviado a la isla de Malta para recibir el hábito de esa Orden. Un año después fue nombrado paje del Gran Maestre don Antonio

¹² Como la idea de Antonio de Bordázar de continuar la obra dels novators impulsando una academia de matemáticas que llevase la ciencia a todos los estamentos sociales.

Manuel de Villena, quien a los catorce años le concedió el título de Comendador de Aliaga, lo que nos permite afirmar que Jorge Juan ya había *corrido carabanás*¹³, lo que debió influir en su vocación de marino. La condición de Caballero de la Orden de Malta obligaba al celibato por vida.

En 1729, con dieciséis años de edad, regresó a España para solicitar su ingreso en la Real Academia de Guardias Marinas, escuela naval militar fundada por Patiño en 1717 en Cádiz. Tras seis meses de espera asistiendo como oyente, ingresó en 1730 en esa Escuela Naval, donde se impartían modernos estudios técnicos y científicos, divulgando las entonces avanzadas teorías de Newton. Asignaturas básicas eran Geometría, Trigonometría, Observaciones astronómicas, Navegación, Cálculos de Estima, Hidrografía y Cartografía, completando la formación humanística con clases de Dibujo, Música y Danza. Pronto Jorge Juan adquirió fama de alumno muy aventajado. Sus compañeros le dieron el sobrenombre de *Euclides*.

Cádiz era una puerta abierta a la Europa ilustrada, a las corrientes enciclopedistas y al comercio con América, en una España que se resistía al avance de las nuevas ideas. El mismo Voltaire tenía una casa comercial de vinos en Cádiz.

Todo esto debió de influir en la formación del joven Jorge Juan. En 1734, con 21 años de edad, finalizó sus estudios de Guardia Marina, tras haber navegado durante tres años por el Mediterráneo, participando en numerosas expediciones de castigo a los piratas, en la campaña de Orán y en la misión que acudió a Nápoles para sentar en el trono al entonces infante don Carlos, que más tarde sería Carlos III de España. Entre otros maestros en el arte de navegar tuvo como general al Marqués de Mari, su capitán en la Academia de Cádiz, y como comandantes al Conde de Clavijo, al célebre don Blas de Lezo y a don Juan José Navarro, después Marqués de la Victoria.

Desde los griegos, un gran problema científico ha sido el averiguar la forma de la Tierra. Durante muchos siglos se la consideró esférica. Antes comentamos que Huyghens propuso como patrón universal para medir distancias a la longitud de un péndulo de período un segundo. Pero poco después se confirmó experimentalmente que el péndulo no oscilaba con la misma frecuencia en diferentes lugares, lo que hacía suponer la no esfericidad de la forma de la Tierra y complicaba la fijación de patrones universales para las medidas de longitud. Además, en el siglo XVIII se generó una fuerte polémica entre los partidarios de la mecánica de Descartes que decían que la Tierra era alargada por los polos y los que utilizaban las ideas de la mecánica newtoniana que afirmaban que la Tierra estaba achatada por los polos¹⁴.

Estas dudas sobre la forma de la Tierra provocaron que un gran número de científicos, fundamentalmente geómetras franceses, pidieran ayuda a la Academia de Ciencias de París y a la Secretaría de Marina de Francia para hacer dos expediciones, una a Laponia y otra a Quito, con la intención de resolver definitivamente el problema midiendo la longitud de un grado de meridiano en cada lugar, pues la longitud menor correspondería al menor radio.

¹³ Consistían en navegar contra los galeotes moros.

¹⁴ Entre los primeros estaba el académico Cassini y muchos pensadores españoles de la España ilustrada de Feijóo. Entre los segundos estaban Newton y sus seguidores, como Halley, Huygens y Maupertuis.

La expedición a Laponia se entre 1736 y 1737. Fue dirigida por el geómetra francés Maupertuis contó con la participación del científico sueco Celsius.

La expedición al virreinato español de Perú fue más larga y complicada. En 1734, Felipe V recibió la solicitud de su primo el rey Luis XV de Francia, para que una expedición de la *Academie Royale des Sciences de Paris* formada por Louis Godin, Pièrre Bouger y Charles M. de la Condamine, pudiese viajar a Quito, en el Virreinato de Perú, para medir la longitud de un arco de meridiano de un grado.

Felipe V, admirador de los sabios franceses, quiso participar en la empresa y en una Orden de 20 de agosto de 1734 ordenó elegir a

“...dos de sus más hábiles oficiales, que acompañasen y ayudasen a los académicos franceses en todas las operaciones de la medida, no sólo para que así pudiese hacerse con mayor facilidad y brevedad, sino también para que pudiesen suplir la falta de cualquier académico, o de todos, temible en tantas navegaciones, y diferencias de climas, y para continuar, y aún hacer enteramente ellos solos, en caso necesario, la medida proyectada, para dar después cuenta de ella a la Academia Real...”

participando además en la mitad de los gastos de la expedición. También ordenó que

“eligiesen dos personas en quienes concurrieran no sólo las condiciones de buena educación, indispensables para conservar amistosa y recíproca correspondencia con los académicos franceses, sino la instrucción necesaria para poder ejecutar todas las observaciones y experiencias conducentes al objeto, de modo que el resultado fuese fruto de sus propios trabajos, con entera independencia de lo que hicieran los extranjeros”.

Sorprendentemente se eligió, no a dos oficiales, sino a dos jóvenes guardias marinas, al alicantino Jorge Juan y Santacilia y al sevillano Antonio de Ulloa y de la Torre-Guiral (1716 – 1795). Ambos habían finalizado sus estudios brillantemente, tenían veintiuno y diecinueve años y carecían de graduación militar. Se les ascendió directamente a tenientes de navío, y desde el primer momento surgió una amistad y comprensión que se prolongó toda la vida. Se repartieron el trabajo según las instrucciones recibidas: Jorge Juan sería el matemático y Antonio de Ulloa el naturalista.

“Se les encomendó llevar el diario completo del viaje y de todas las medidas físicas y astronómicas que se realizasen, determinar longitudes y latitudes de los diversos sitios por los que pasasen, trazar caminos y mejorar los existentes, levantar planos y cartas. Describir puertos, fortificaciones y costumbres, anotar observaciones etnográficas, realizar estudios de botánica y mineralogía de las zonas visitadas, y elaborar un informe secreto sobre la situación política y social de los virreinos. Además debían realizar un control policíaco sobre los académicos franceses, dado que en su paso por las colonias podrían obtener datos que caerían en manos de los ministros de Luis XV.”

Con todas estas instrucciones partieron de Cádiz el 26 de mayo de 1735 en compañía del Marqués de Villagarcía, que acababa de ser nombrado virrey del Perú.

Jorge Juan viajó en el navío *El Conquistador* y Antonio de Ulloa en la fragata *Incendio*. Llegaron el 7 de julio a Cartagena de Indias, pero hasta el 15 de noviembre no lo hicieron los académicos franceses. Juntos emprendieron la ruta por Guayaquil para llegar a Quito.

La medición del grado de meridiano en Quito se prolongó desde 1736 a 1744 debido a que tuvieron que superar grandes dificultades. Los dos jóvenes guardiamarinas cumplieron sobradamente las múltiples tareas que se les habían encomendado. Allí se les conocía como *los caballeros del punto fijo*, pues utilizaban triangulaciones que exigían poner señales en puntos o bases elegidas, tanto en llano como en cumbres de 5000 metros de altura. Las ciudades de Quito y Cuenca, situada tres grados al sur de Quito, limitaron los extremos de la medición; entre ambas, una doble cadena de montañas paralelas facilitaba la elección de vértices a una y otra parte del gran valle que las une.

Decidieron separarse en dos grupos. Un grupo lo dirigieron Godín y Jorge Juan; el otro La Condamine, Bouguer y Ulloa. Ambos grupos efectuaron las medidas por separado y en sentido contrario, con el fin de comprobar su exactitud. La unidad de medida empleada era la *toesa* equivalente a 1,98 metros. Después de varias comprobaciones, hubo que complementar las mediciones geométricas con las astronómicas. Tuvieron la dificultad adicional de que el instrumental adolecía de graves defectos, por lo que hubo que repetir numerosas veces tanto mediciones como cálculos. Godín, Jorge Juan y el relojero Hugot tuvieron que construir un instrumento de 20 pies de largo para facilitar las mediciones.

Más tarde, en 1748, Ulloa describió en su "*Relación Histórica del Viaje a la América meridional...*" muchas de las dificultades y sufrimientos que tuvieron que soportar:

"Nuestra común residencia era dentro de la choza, así porque el exceso del frío y la violencia de los vientos, no permitían otra cosa, cuando porque de continuo estábamos envueltos en una nube tan espesa que no dejaba libertad a la vista....cuando se elevaban las nubes, todo era respirar su mayor densidad, experimentar una continua lluvia de gruesos copos de nieve o granizo, sufrir la violencia de los vientos y con ésta, vivir en continuo sobresalto, o de que arrancaran nuestra habitación y dieran con ella y con nosotros en el tan inmediato precipicio, o de que la carga de hielo y nieve, que se amontonaba en corto rato sobre ella, la venciese y nos dejase sepultados...y se aterrorizaba el ánimo con el estrépito causado por los peñascos, que se desquiciaban, y hacían con su precipitación, y caída no sólo estremecer todo aquél picacho, sino también llevar consigo a cuantos tocaba en el discurso de la carrera...".

Además de trabajar con los franceses en las mediciones, Jorge Juan y Ulloa tuvieron que interrumpir tres veces su tarea y recorrer el largo camino desde Quito a Guayaquil por orden del Virrey de Lima, para solucionar cuestiones relacionadas con la defensa marítima del Virreinato en sus costas y plazas, fortificándolas contra los ataques del almirante inglés Anson, y participar en la construcción de las fragatas *Belén* y *Rosa del Comercio*.

Su larga estancia estuvo también alterada con incidentes con el Presidente Araujo y Río por el retraso en sus pagas y en la entrega de los instrumentos, que desencadenó una larga polémica que procuró suavizar el Virrey Villagarcía. Pero la empresa mereció tales sacrificios. A partir de entonces, el conocimiento exacto de la forma de la Tierra permitió cartografiar con exactitud, situando correctamente longitudes y latitudes. Jorge Juan y Antonio de Ulloa fueron autores de cuarenta de las cien cartas modernas del mundo. Fue Jorge Juan quien obtuvo con mayor exactitud que la longitud de un grado de meridiano contiguo al Ecuador es 56767,788 toesas, lo que permitió adoptar el metro como unidad de medida, adoptar universalmente el sistema métrico decimal y concluir que la Tierra estaba achatada por los polos, al resultar mayor la longitud de un grado de meridiano en el Ecuador que en Laponia, lo que fue expresado por Jorge Juan así:

“Los grados de meridiano terrestre no siendo iguales, la Tierra no puede ser perfectamente esférica, y hallándose menores al paso que están más próximos al Polo, ha de ser perfectamente lata, esto es, el diámetro del Ecuador mayor que su eje”.

Finalmente, después de nueve durísimos años, decidieron regresar en navíos distintos, para tratar de asegurar que al menos uno de los duplicados de las notas y cálculos llegara a su destino. Embarcaron en el puerto de El Callao sobre las fragatas francesas *Liz* y *Deliberance*, el 22 de octubre de 1744. Jorge Juan llegó a Brest con la *Liz* el 31 de octubre de 1745. Desde allí se dirigió a París para cambiar impresiones sobre su obra y contrastar algunas particularidades que Godín y él mismo habían notado en sus observaciones astronómicas. En París conoció a los célebres astrónomos y matemáticos Marianne, Clairaut y La Caille, autores de las fórmulas que tantas veces habían empleado, a Reaumur, inventor del termómetro, y a otros célebres académicos que, en compañía de La Condamine y Bourguer, reintegrados a sus actividades, le votaron como miembro correspondiente de la *Royal Academie des Sciences de Paris*.

Antonio de Ulloa tuvo más dificultades en su regreso, pues su fragata fue apresada por los ingleses que habían declarado la guerra a Francia durante la travesía. Ulloa tuvo que arrojar al agua la documentación comprometida y entregó a sus capturados la documentación referente a la medida del grado, a observaciones físicas y astronómicas y a noticias históricas, advirtiéndoles del interés de todas las naciones de Europa en esta empresa. Le llevaron preso cerca de Portsmouth, donde los comisarios se interesaron por sus papeles y los entregaron al Almirantazgo inglés. Allí el Duque de Bedford le concedió la libertad pronunciando la célebre frase de que *la guerra no debía ofender a las ciencias ni a las artes ni a sus profesores*.

Pasó a Londres, donde el Ministro de Estado, Conde de Harrington, que había sido embajador en España, le presentó a Martin Folkes, presidente de la Royal Society, quien había recibido desde el Almirantazgo la documentación capturada y ya había comprobado su valor científico. Folkes devolvió la documentación a Ulloa y, junto con el Conde de Stanhop, propuso a Antonio de Ulloa ser miembro de la *Royal Society*, por su participación en la medición de un grado de meridiano y por haber sido el primero en averiguar que la *platina* o platino¹⁵ es un mineral diferente de la plata y el oro.

¹⁵ Ulloa descubrió el platino al observar un residuo que no fundía cuando los indígenas obtenían plata. Los indígenas despreciaban ese mineral no fundido y le llamaban platina o plata sin valor. Otros dos minerales fueron descubiertos por españoles, el tungsteno, llamado también vanadio y el wolframio. El

El recibimiento en Madrid fue completamente diferente del de las capitales francesa y británica. Felipe V había muerto y Jorge Juan y Antonio de Ulloa fueron recibidos con absoluta indiferencia en el despacho del Ministerio de Marina y en la Secretaría de Estado. Jorge Juan estuvo tentado de pedir destino en su Orden de Malta, pero Pizarro, general de la Armada, les presentó al Marqués de la Ensenada, quien apreció su valía y vio en ellos a las personas ideales para desarrollar su política naval y de armamento. A partir de entonces se inicia una etapa de trabajo fecunda y una relación de amistad con el Marqués que duraría toda la vida, permaneciendo inalterable después de la caída del Marqués.

Fernando VI aceptó de buen grado la elección del Marqués de la Ensenada y nombró a Jorge Juan y a Ulloa capitanes de fragata, interesándose por el informe *Memorias secretas*, donde se describe el estado político del Virreinato del Perú. Por otra parte el Marqués de la Ensenada decidió publicar las *Observaciones Astronómicas y Físicas* y los cuatro volúmenes de la *Relación Histórica* (la primera edición de 1748 fue de 900 ejemplares). Este libro salió tres años antes que la publicación francesa de La Condamine, que apareció en 1751).

Las *Observaciones Astronómicas y Físicas* de Jorge Juan suscitaban ciertos reparos, al aceptar como evidente el sistema de Copérnico, que aún suscitaba rechazos. Jorge Juan encontró el apoyo del sacerdote jesuita Burriel, quien para evitar la censura sugirió que en la segunda edición (1773) figurase un preámbulo de Jorge Juan titulado *Estado de la Astronomía en Europa*.

En marzo de 1749, el Marqués de la Ensenada envió a Jorge Juan a Londres con varias misiones secretas y con el nombre de Mr. Josues. El Marqués de la Ensenada necesitaba información sobre la construcción naval inglesa y traer a España expertos constructores de barcos, velas y cordajes para sus planes de reforma de la Armada.

Jorge Juan cumplió con creces todo lo encomendado, pues, además de llevarse a España 50 técnicos navales, recogió información acerca de la fabricación de los finos paños ingleses, del lacre, de matrices de imprenta, de máquinas para limpiar puertos, de armamentos, de blanqueo de la cera, de la bomba de vapor para sacar agua, y de todo lo que en los planes de Ensenada suponía reorganizar la economía y poner a España al nivel de los mejores países de Europa. También se interesó por la compra de instrumentos de cirugía para la Academia de Guardia Marinas de Cádiz.

Este espionaje industrial no impidió que Jorge Juan fuese nombrado el 6 de abril de 1749 miembro de la *Royal Society* de Londres¹⁶, al igual que antes había sido nombrado Ulloa. Pero dieciocho meses después tuvo que escapar a la costa francesa disfrazado de marinero. Esta actividad de Jorge Juan, tan alejada de su personalidad de sabio erudito, nos prueba su increíble capacidad de adaptación al trabajo y su interés de ser útil a los intereses de España, como han reconocido sus biógrafos al señalar que

tungsteno lo descubrieron en España en 1783 los hermanos Juan José y Fausto Elhúyar y Zubice. El vanadio fue descubierto por el mineralogista mejicano Andrés Manuel del Río, en Zimapán en 1801, en un mineral de plomo.

¹⁶ Ya se comentó que Alejandro Ulloa también fue nombrado miembro de la *Royal Society*, poco después de su captura por los británicos en el viaje de regreso de Ecuador.

Jorge Juan nunca buscó su gloria personal y que siempre ofreció sus conocimientos para trabajar en proyectos de interés común.

También 1749 es la fecha en la que se publicó la *Disertación Histórica y Geográfica sobre el Meridiano de Demarcación entre los dominios de España y Portugal*, de Antonio de Ulloa y Jorge Juan, donde, como consecuencia de los conocimientos adquiridos en su viaje a América, se resolvió científicamente la determinación del meridiano que pasase a 370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde, que era la frontera que había fijado el Papa Alejandro VI como línea de separación entre los descubrimientos de España y Portugal¹⁷.

El Rey ascendió a capitán de navío a Jorge Juan y a partir de 1750 su carrera fue en continuo ascenso, pues el Marqués de la Ensenada pensaba que la fuerza de una nación dependía de tener buenos navíos y de dominar el transporte marítimo y la defensa naval. Muchos recursos de España se centraron en la modernización del sector naval, según un nuevo plan ideado por Jorge Juan que mejoraba el sistema de construcción naval inglés, fue aprobado por el Rey en 1752 y se implantó de modo general. En los astilleros de Cartagena, Ferrol, Cádiz y La Habana se organizaron arsenales, construyendo diques en los dos primeros. Se contrataron a los constructores Bryant y Tournel y se trabajó con un moderno criterio industrial de división del trabajo. Miles de obreros se repartieron en los diques, astilleros, hornos, fábricas de jarcia y de lonas y así se construyeron navíos como el *Aquilón* y el *Oriente*.

En 1752 el Rey nombró a Jorge Juan director de la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, cargo de mucha responsabilidad, donde Jorge Juan implantó las enseñanzas más avanzadas de la época, contratando a profesores competentes y relegando a quienes no consideraba capacitados. Jorge Juan pensó que los cadetes debían tener una sólida formación que les capacitase para dirigir un barco, lo que exigía una excelente preparación matemática. Fundó el Observatorio Astronómico de Cádiz, dotándolo con los mejores aparatos de la época y manteniendo correspondencia de sus observaciones con las Academias de París, Berlín y Londres.

En Cádiz tuvo ocasión y tiempo para hacer nuevos estudios y utilizar modelos matemáticos para construir navíos ligeros y veloces, sin menoscabo de su seguridad y resistencia. Su idea central sobre la construcción naval la expresó escribiendo que "*el navío se ha de construir con la menor cantidad de madera y herraje posible, pero ha de tener toda la madera y herrajes necesarios para mantenerse firme.*" Así mismo estudió la fuerza del mar y del viento en diferentes modelos de naves, utilizando cometas para valorar la acción del viento sobre las velas. Sus estudios y fama trascendieron nuestras fronteras¹⁸. El Conde de Stanhop le llamó *el Sabio Español* en la dedicatoria de su edición de los *Elementos de Euclides*.

La actividad de Jorge Juan en este período fue continua. Además de supervisar la construcción de los diques y organizar los arsenales, hizo más de treinta viajes por la geografía española resolviendo problemas muy diversos, como ocuparse de la tala de

¹⁷ Jorge Juan y Ulloa calcularon que esa línea es el meridiano situado a 46° 37' longitud oeste. Desde el Tratado de Tordesillas (7 de junio de 1494) hasta esta publicación de Ulloa y Jorge Juan, España y Portugal habían estado negociando la situación exacta de dicho meridiano

¹⁸ En 1753, Jorge Juan fue visitado por el almirante Howe, quien quedó sorprendido de la velocidad, maniobrabilidad y buen gobierno de sus nuevos navíos.

árboles para la construcción de las naves, resolver problemas en las minas de Almadén y Linares, en los canales de riego de Murcia y Aragón, en la fábrica de cañones de Santander. Es casi inexplicable que aún sacase tiempo para sentar las bases de una cartografía moderna.

En junio de 1754 el Rey le nombró Ministro de la Junta General de Comercio y Moneda, con el encargo de resolver diversos problemas en la fabricación de monedas. Entonces desde Alicante se le pidió a Jorge Juan su intercesión para crear una cátedra de Matemáticas, pero no pudo ayudar a sus paisanos, pues ese mismo verano, derrotado por la intriga, cayó el Marqués de La Ensenada que había sido el protector de Jorge Juan. El Marqués fue desterrado a Granada, se le quitaron todos sus cargos y se le mantuvo vigilado y con prohibición de recibir visitas. Una vez más Jorge Juan demostró su gran hombría de bien y viajó desde Cartagena a Granada para ofrecer al Marqués su corta hacienda. Idéntico ofrecimiento le hizo Antonio de Ulloa, sin que hubiese mediado ningún acuerdo entre ellos.

En 1755, Jorge Juan fundó en Cádiz la *Asamblea Amistosa Literaria*, que reunía los jueves en su casa a los eruditos Luis Godín, José Aranda, Gerardo Henay, Diego Porcel, José Infante, Francisco Canibell, José Nájera, Francisco Iglesias, Pedro Virgili, y José Carbonell, entre otros. Jorge Juan deseaba que la Asamblea fuese el embrión de una futura Academia de Ciencias. Las disertaciones sobre astronomía, artillería, navegación y construcción, le sugirieron a Jorge Juan la idea de escribir su gran obra *Examen Marítimo* en la que trabajó catorce años y se convirtió en piedra angular de la teoría de la construcción naval. Se publicó en Madrid en 1771 en dos volúmenes. El primero sobre mecánica naval es muy matemático y el segundo sobre construcción naval y maniobras navales. Jorge Juan analizó la dinámica del buque, su estabilidad en relación con el empuje de las olas y los esfuerzos a que está sometida la arboladura.

Con gran rapidez se hicieron diversas traducciones del *Examen Marítimo* y se difundió a toda Europa. El Instituto de España lo reeditó en 1968 con prólogo del prestigioso almirante Don Juan García-Frías García¹⁹ que contiene importantes observaciones sobre la obra de Jorge Juan. El almirante García-Frías destacó que la fórmula de la resistencia del agua al avance de un buque dada por Newton, Mariotte y Bouguer fue mejorada por Jorge Juan, siendo bien conocido que determinar la fuerza que produce un fluido sobre un obstáculo que se mueve en él ha sido uno de los problemas básicos de la mecánica de fluidos.

Pero, desgraciadamente, después de la caída de Ensenada se sustituyó en España el modelo de construcción propuesto por Jorge Juan por el modelo francés, con el natural regocijo de los ingleses que vieron con tranquilidad como los planes de recuperación naval de España quedaban estancados. La decisión se tomó por cuestiones políticas y el encargado de desplazar los planes de Jorge Juan fue Julián de Arriaga, también miembro de la Orden de Malta que ocupó la Secretaría de Marina durante veinte años. Jorge Juan poco antes de morir, con la autoridad e independencia de criterio que le caracterizaban, escribió una dura carta al rey Carlos III por su subordinación ciega al modelo francés y vaticinó grandes derrotas. En efecto, treinta y dos años

¹⁹ García-Frías fue académico numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid desde 1967 hasta su fallecimiento en 1996, ocupando la medalla número 24 correspondiente a Ciencias Exactas. Tuve el honor de sustituirle en 1998.

después los ligeros navíos ingleses, en línea con los estudios de Jorge Juan, dieron al traste con la pesada y vetusta flota hispano francesa en Trafalgar.

Jorge Juan publicó en 1757 su *Compendio de Navegación para el uso de los Caballeros Guardia Marinas*, un elegante ejemplar que imprimió en la misma prensa de la Academia. Los conocimientos de Jorge Juan sobre tipografía, tintas y papeles le permitieron obtener bellas y excelentes obras de texto. En 1760, después de ser nombrado Jefe de Escuadra, tuvo unos fuertes cólicos biliares que le obligaron a buscar tiempo para reponerse en el balneario de Busot, su Alicante natal.

En septiembre de 1766, Jorge Juan terminó su labor en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz y preparó su regreso a Madrid, pero entonces el rey Carlos III le nombró Embajador Extraordinario en la Corte de Marruecos para una difícil misión política. Una vez más se le señaló como la persona ideal en otra difícil misión por la confianza en nuestro sabio humanista, que durante tres reinados fue un servidor indispensable para España. Salió el 15 de febrero de 1767 en compañía de Sidi-Hamet-el-Garcel, embajador de Marruecos, con regalos para el soberano marroquí y con unas instrucciones concretas acerca de su misión. Tras más de seis meses de actividad diplomática regresó con un Tratado que aseguraba muchas de las aspiraciones españolas.

Aunque este período marroquí afectó a su salud, a su regreso a Madrid se dedicó al estudio de asuntos solicitados por las Secretarías de Estado y del Consejo de Castilla, pues siempre se requería su opinión en el estudio y en la ejecución de las cuestiones más arduas por ser considerado infalible. En junio de 1768 tuvo que buscar otra vez alivio para los cólicos biliares, ahora en las aguas y baños de Trillo.

De esta etapa es también la brillante iniciativa de Jorge Juan, llena de visión de futuro, de establecer un observatorio astronómico en Madrid. Expuso a Carlos III un proyecto para establecer un centro dedicado al estudio de la geografía astronómica. Para tal efecto, el monarca encargó a Juan de Villanueva la construcción de un edificio sobre el llamado cerro de San Blas, en la parte baja del Retiro²⁰.

²⁰ El edificio principal comenzó a construirse en 1790 y se encargó al astrónomo W. Herschel la construcción de un telescopio reflector de 60 cm de diámetro. Dada la carencia de una tradición astronómica en el país, los primeros astrónomos del Observatorio iniciaron su aprendizaje en diversos países europeos. En sus comienzos, las actividades desarrolladas en el Observatorio cubrían todos los campos de la Astronomía y ciencias afines: desde la física solar y estelar a la mecánica celeste, el desarrollo de instrumentación, conservación oficial de la Hora y las aplicaciones en Geodesia. El Observatorio fue incluso encargado de realizar trabajos de Meteorología (considerados entonces como un complemento de los estudios astronómicos). Sin embargo, este empuje inicial termina con la guerra contra Francia, que supone la dispersión del personal y la destrucción de equipos, biblioteca y edificaciones provisionales.

Las actividades en el Observatorio se reanudaron en 1845, y el edificio se completó al año siguiente. En 1854 se instaló el círculo meridiano de Repsold y en 1858 el antejo ecuatorial Mertz, iniciándose una etapa de trabajos astronómicos, geodésicos y meteorológicos. Primero el Observatorio dependió directamente del rey a través de un comisario regio y, posteriormente, del rector de la Universidad Complutense. En marzo de 1904 el Observatorio fue agregado al ahora llamado Instituto Geográfico Nacional. A partir de ese momento, el Observatorio concentró sus esfuerzos en la investigación astronómica y en el desarrollo de instrumentación asociada.

Tras la reducción de personal y medios por la guerra civil, el Observatorio conoció una nueva etapa de modernización y expansión en la década de 1970. Es entonces cuando se creó el Centro Astronómico de Yebes, en la provincia de Guadalajara, y la Estación de Observación de Calar Alto, en Almería, en la que se instaló un telescopio óptico de 1,52 m de apertura. Con ello se potenciaron las líneas más tradicionales

En 1770 ocupó su último puesto de servicio al ser nombrado Director del Real Seminario de Nobles, que estaba en franca decadencia con sólo trece alumnos. El que la salud ya le fallase seriamente no impidió cambiar los planes de estudios, completar las Ordenanzas, aumentar el número de profesores conforme a las necesidades y exigir a todos un mayor cumplimiento, con su siempre prudente y sabia dirección, apoyada en la autoridad moral que le acompañaba y en su capacidad de organización y trabajo. Murió el 21 de junio de 1773 y dejó el Real Seminario de Nobles con 82 alumnos. Seis años más tarde, Benito Bails, ilustre discípulo suyo, le describió así:

“Don Jorge Juan, era de estatura y corpulencia medianas, de semblante agradable y apacible, aseado sin afectación de su persona y casa, parco en el comer, y por decirlo en menos palabras, sus costumbres fueron las de un filósofo cristiano. Cuando se le hacía una pregunta facultativa, parecía en su ademán que él era quien buscaba la instrucción. Si se le pedía informe sobre algún asunto, primero se enteraba, después meditaba, y últimamente respondía. De la madurez con que daba su parecer, provenía su constancia en sostenerlo. No apreciaba a los hombres por la provincia de donde eran naturales; era el valedor, casi el agente, de todo hombre útil.”

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas dio el nombre de Jorge Juan su primer Instituto de Investigación Matemática.

4.- AGUSTÍN DE BETHENCOURT Y MOLINA.



Agustín de Bethencourt y Molina nació en Puerto de la Cruz (Tenerife) en 1758 y fue uno de los ingenieros más prestigiosos de Europa. Era hijo de Agustín de Bethencourt y Castro, asiduo participante en la Tertulia de Nava y miembro fundador de la Sociedad Económica de La Laguna.

En esa recién creada Sociedad presentó Agustín de Bethencourt en 1778 su primer diseño, consistente en una máquina epicilíndrica para entorchar seda, realizada en colaboración con sus hermanos José de Bethencourt y Castro y María de Bethencourt y Molina, de la que parece había surgido la idea de la máquina epicilíndrica. Poco después María de Bethencourt presentó en la Sociedad Económica de la Laguna una *Memoria de sobre la forma de obtener el color carmesí*, que es probablemente la primera memoria científica firmada por una mujer en Canarias.

de la astronomía óptica que venían llevándose a cabo en el Observatorio de Madrid (Astrometría, Heliofísica, Física estelar). También se inicia entonces una nueva línea de investigación y desarrollo instrumental, la Radioastronomía, que se ha reforzado en las últimas décadas con la participación del Observatorio en el Instituto hispano-franco-alemán de Radioastronomía Milimétrica (IRAM).

En ese mismo año 1778, Agustín de Bethencourt abandonó las islas y se fue a estudiar a los Reales Estudios de San Isidro en Madrid. Al igual que otros ilustres canarios, como Clavijo y Fajardo, ya no regresó a las islas.

Recién terminados sus estudios, Agustín de Bethencourt recibió en 1783 los primeros encargos de trabajos para la Corona. Fueron la inspección del Canal Imperial de Aragón y el estudio de las minas de Almadén, sobre cuyo estado redactó tres detalladas memorias.

También en 1783 elevó por primera vez en España un Globo Aerostático ante la Corte Real.

En 1784 viajó a París para completar estudios en la Escuela de Puentes y Caminos y a partir de 1785 llevó a cabo numerosas investigaciones técnicas, entre las que destaca la *Memoria sobre la purificación del carbón piedra* y diversos estudios sobre hidráulica y mecánica. También dedicó parte de su tiempo a diseñar y adquirir máquinas por encargo del Conde de Floridablanca, con vistas a la futura creación en Madrid de un Gabinete de Máquinas.

En el otoño de 1788 realizó su primer viaje a Inglaterra, donde permaneció dos meses observando máquinas. Compartió la investigación científica y el espionaje industrial. Entre otros lugares, visitó la empresa de Mathew Boulton y James Watt, quienes en 1782 habían patentado la máquina de doble efecto, pero no consiguió ver la nueva máquina perfeccionada en que estaban trabajando. Sin embargo, en Londres observó una máquina de doble efecto funcionando en una fábrica de harinas y un nuevo modelo de telar mecánico, diseñado por Edmund Cartwright.

Regresó a París en 1789, donde escribió para la Academia de Ciencias de París la Memoria titulada *Máquina de vapor de doble efecto* y, al mismo tiempo, diseñó una bomba que se instaló en la recién construida fábrica de harinas de los hermanos Perier.

Poco después, diseñó un modelo de telar mecánico y ese mismo año 1789 construyó una máquina eólica para desaguar terrenos pantanosos. Esta máquina y el telar los incorporó a la colección de máquinas encargada por Floridablanca con destino al futuro Gabinete de Máquinas de Madrid. También se encargó del diseño o la adquisición de los instrumentos para la expedición de Malaspina²¹.

²¹ El marino italiano Alejandro Malaspina fue un marino español de origen italiano, que nació en Mulazzo en 1754 y murió en Pontremoli en 1809. En 1773 ingresó en la Orden de Malta y en 1774 ingresó en la Marina Real española.

En septiembre de 1788, junto con su colega José de Bustamante y Guerra, propuso al gobierno español organizar una expedición político-científica con el fin de visitar casi todas las posesiones españolas en América y Asia con el propósito de aumentar el conocimiento de la flora, de la fauna y de los pueblos que habitan las colonias hispanas. Este viaje se conoce como expedición Malaspina. La expedición zarpó de Cádiz el 30 de julio de 1789 en dos naves, la *Descubierta* y la *Atrevida*, con más de 200 hombres embarcados. Junto a los marineros profesionales se embarcaron pintores y naturalistas. Durante el viaje recorrieron el Río de la Plata, las costas de Patagonia, las Islas Malvinas, la Isla de Guam, las Filipinas y la Polinesia. A su regreso, el 21 de septiembre de 1794, la expedición trajo la descripción de 14.000 especies botánicas nuevas, 900 ilustraciones y el estudio de 500 especies zoológicas de tres continentes. La exploración de Malaspina es perfectamente comparable a las exploraciones de James Cook o Bougainville; pero su éxito fue injustamente apagado por las intrigas de Manuel de Godoy, el hombre más influyente en la corte de Carlos IV, quien, celoso de que el prestigio de Malaspina pudiese amenazar su

En 1790 presentó a la Academia de Ciencias de París la *Memoria sobre la fuerza expansiva del vapor de agua*. De ese año es una carta de Watt a Boulton aconsejándole desconfiar de los visitantes extranjeros, manifestación de que Watt presentía el espionaje industrial a que estaba sometido.

El año siguiente, 1791, escribió su estudio sobre la manera de fundir y barrenar cañones de hierro, titulado *Descripción del Real establecimiento de Yndrid donde se funden y barrenan los cañones de hierro para la Marina Real Francesa*, en el que propone diversas mejoras a los métodos tradicionales empleados. También de ese año es su *Memoria sobre la draga mecánica*, cuya construcción intentó sin éxito llevar a cabo en España, y que construyó finalmente en Kronstadt trece años más tarde.

Por el cariz revolucionario que empezó a tomar la situación en Francia, decidió regresar a Madrid con la colección de máquinas y diseños para el Real Gabinete de Máquinas, que se inauguró en 1792 y fue nombrado su director. El primer Catálogo de modelos, planos y manuscritos del Gabinete de Máquinas incluía 270 máquinas, 358 planos y más de 100 memorias con 92 gráficos, todos los cuales los había recogido o diseñado durante su estancia en París, en colaboración con Juan López Peñalver²².

En 1793 viajó a Inglaterra donde permaneció tres años investigando sobre teorías de las máquinas y dónde presentó 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, volvió a París. Allí junto con Breguet, presentó al Directorio el prototipo y los planos de un telégrafo óptico en la memoria *Sobre un nuevo telégrafo y algunas ideas sobre la lengua telegráfica*, en el que venían trabajando desde 1787. Esta presentación desató una fuerte polémica sobre las ventajas e inconvenientes del telégrafo de Breguet y Bethencourt, que se resolvió con el definitivo informe favorable de la Academia de Ciencias en 1796.

En 1797 patentó junto con Perier una prensa hidráulica para uso industrial y la incorporó al Gabinete de Máquinas. Esta prensa es muy parecida a otra inventada por Bramah que Bethencourt había visto en Inglaterra. De nuevo se hacía patente la

propio poder político, utilizó el informe político confidencial de Malaspina acerca de las instituciones coloniales españolas para convencer al Rey que ordenase la destitución y prisión de Malaspina. Ese informe, además de críticas a la situación de las colonias, proponía la concesión de una amplia autonomía a las colonias españolas americanas y del Pacífico dentro de una confederación de estados relacionados mediante el comercio. No llegó a cumplir la totalidad de la condena, pues a finales de 1802 fue puesto en libertad y deportado a Italia, gracias a las presiones de Napoleón, a instancias de Francesco Melzi d'Eril. Godoy consiguió que la poderosa e ilustrada expedición dirigida por fuese olvidada durante casi un siglo. El tiempo ha hecho justicia a Malaspina y hoy existen más de 600 publicaciones relacionadas con los aportes científicos y artísticos de su expedición.

²² Juan López Peñalver o López de Peñalver, fue un ingeniero, científico y economista que nació en Málaga en 1763 y murió en Madrid en 1835 tras ocupar diversos cargos en instituciones culturales y administrativas.

Destacó por su insistencia en tratar con criterio matemático todos los temas de su interés, incluidos los económicos, lo que era inusual en su época. Fue traductor de Euler y Montesquieu y autor, entre otros libros, de los siguientes títulos: *Memoria sobre los medios de facilitar el Comercio Interior* (1791), *Descripción de las Máquinas del Real Gabinete* (1798) y *Reflexiones sobre la variación del precio del Trigo* (1812).

increíble capacidad de Bethencourt de reproducir y mejorar cualquier máquina que viese, como antes ya había sucedido con la máquina de doble efecto y con el telar mecánico.

Ese mismo año regresó a España, donde fue nombrado Inspector General de Puertos y Caminos.

En 1802 consiguió que se creara la Escuela Oficial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, de la que fue su primer director.

En 1803 empezó 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, Bethencourt fue nombrado académico correspondiente extranjero de la Academia de Ciencias de París en la misma sesión en que James Watt recibió el mismo honor.

Poco después abandonó definitivamente España, trasladándose a París donde presentó a la Academia de Ciencias su *Memoria sobre un nuevo sistema de navegación interior*, en la cual describió una esclusa de émbolo que había inventado en 1801, e inventó con Breguet el termómetro metálico.

A finales de 1807 viajó a San Petersburgo invitado por el zar Alejandro I y se instaló en Rusia hasta su muerte al servicio de Alejandro I. Sólo salió de Rusia seis meses después de su llegada, en que viajó a París para presentar con Lanz el *Ensayo sobre la composición de las máquinas*.

Nombrado mariscal del ejército ruso, quedó adscrito al Consejo Asesor del Departamento de Vías de Comunicación. Posteriormente fue nombrado Inspector del Instituto del Cuerpo de Ingenieros y, en 1819, Director del Departamento de Vías de Comunicación.

A lo largo de sus 16 años de su estancia en Rusia alternó 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, la fábrica de cañones de Kazan, la draga de Kronstadt, los andamiajes para la Catedral de San Isaac, la Columna de Alejandro I, el canal Bethencourt de San Petersburgo, la feria de Nizhni Nóvgorod, la fábrica de papel moneda, el picadero de Moscú, la navegación a vapor en el Volga, varios sistemas de abastecimiento de aguas, distintas líneas de ferrocarriles, etc.

A partir de 1822 comenzó a tener problemas con el Zar y fue sustituido en la dirección del Instituto, quedando relegado hasta su muerte en 1824.

Sus restos reposan en San Petersburgo junto a los restos de Euler. Dejó escrito que era San Petersburgo el lugar donde deseaba que reposasen definitivamente sus restos.

Hubiese sido muy bueno que la obra de Bethencourt se hubiese desarrollado mayoritariamente en España. Entonces también sus restos estarían en estas maravillosas Islas Canarias, tan bien denominadas como Islas Afortunadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Agustín de Bethencourt y Molina* (Varios autores) (2007), Real Academia de Ingeniería. Madrid.
2. Arnold, Vladimir I. and Vasilev, V.A. (1989), *Newton's "Principia" read 300 years later*, Notices Amer. Math. Soc. **36** (9), pp. 1148 – 1154.
3. Boyer, Carl B. (1986), *Historia de la Matemática*. Alianza Editorial S.A.
4. Bourbaki, Nicolas (1976), *Elementos de la Historia de las Matemáticas*. Alianza Universidad.
5. Dieudonné, Jean (1989). *En honor del espíritu humano. Las matemáticas hoy*. Alianza Editorial.
6. Dunham, William (2000), Euler el maestro de todos los matemáticos, nivela.
7. Faus Prieto, Alfredo (1990), *Teoría y práctica cartográfica en la Valencia preilustrada (1681 – 1744). Las obras de Vicente del Olmo y Antonio Bordázar de Artazo*. Cuaderno de Geografía **48**, pp. 183 – 202.
8. F. Le Lionnais, François (1962) *Las grandes corrientes del pensamiento matemático*, Eudeba.
9. León, Manuel de (1998), *Mirando hacia atrás*. Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española **1**, pp. 129 – 134.
10. López Pellicer, Manuel (2002), *La estructura racional del pensamiento matemático*, capítulo 2 del libro “2000 Año mundial de las Matemáticas”. Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Serie Horizontes Culturales. Las Fronteras de la Ciencia (ISBN 84-670-0137-2). Editorial Espasa Calpe, pp. 35 – 56.
11. López Pellicer, Manuel (2003), *Matemáticas y ordenadores en el conocimiento del mundo*. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., Esp. **97**(2), pp.397 – 424.
12. López Pellicer, Manuel (2003), *Vida de los Trece Libros de Euclides*. Sesión conmemorativa de la fundación del Instituto de España (10 de abril de 2003). Instituto de España (Madrid).
13. López Pellicer, Manuel, *La Ilustración en el pensamiento matemático*. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., Esp. **101**(1), (2007) 1 – 20.
14. Maravall, Darío (1961), *Filosofía de las matemáticas*. Dossat.
15. Marco Cuellar, Roberto (1965), *El “Compendio Matemático” del Padre Tosca y la introducción de la ciencia moderna en España*. II Congreso Español de Historia de la Medicina (Salamanca), **I**, pp. 325 – 358.
16. Peset Llorca, Vicente (1964), *La Universidad de Valencia y la renovación científica española (1687 – 1727)*. Asclepio **16**, pp. 214 – 231.
17. Russell, Bertrand and Whitehead, Alfred North (1925), *Principia Matemática*. Cambridge University Press.
18. Torroja, José María (1973), *La obra científica de Jorge Juan*. Revista Matemática Hispano-Americana, **volumen especial**, pp. 9 – 24.

MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL AÑO 2007

En el año que se comenta, las actividades realizadas comenzaron con la inauguración del curso académico, que tuvo lugar el día 8 de febrero de 2007 en el Salón de Actos del Instituto Universitario de Bio-Orgánica "Antonio González" de la Universidad de La Laguna.

Tras la lectura por el Ilmo. Sr. Secretario del resumen de lo acaecido durante el anterior año 2006 y, tras la presentación del conferenciante por el Académico de Número Ilmo. Sr. D. José Bretón Funes, pronunció la conferencia inaugural del curso el Excmo. Sr. D. José Elguero Bertolini, Profesor de Investigación, Expresidente del C.S.I.C. y miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, titulada "*Investigación. ciencia y el Barón de Grothus*", que fue seguida con gran atención por el numeroso público asistente. Presidió el acto el Presidente de la Academia, Excmo. Sr. D. Nácere Hayek Calil, acompañado de diversas autoridades académicas y representantes de otras instituciones.

Symposia y conferencias

La promoción del conocimiento científico es una de las prioridades de la Academia. Por ello se celebraron una serie de actividades que, por orden cronológico, mencionaremos a continuación:

El jueves 26 de abril el Profesor D. Francisco González Posadas, Catedrático de la E.T.S. de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, en el Salón de Grados de la Facultad de Química de la Universidad de La Laguna, pronunció la conferencia titulada "*Las revoluciones científicas en el siglo XX*".

El día 12 de junio, en la llamada "Aula de Piedras" de la sede del Rectorado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, disertaron los Doctores D. Joaquín Hernández Brito —Vicerrector de Investigación de la citada Universidad— y D. Antonio Carrillo, Investigador "*Ramón y Cajal*" de la misma Universidad. El primero de ellos expuso el tema "*Contribución de la I+D+i al desarrollo sostenible de Canarias*"; el segundo habló sobre "*Mecanismos celulares y moleculares de la inflamación*".

El ciclo de conferencias que la Academia programó el pasado año 2006 sobre "*El cambio climático en Canarias*", tuvo su repetición en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria debido al interés que despertó su impartición en La Laguna. Su lugar de celebración fue el CAAM, Centro Atlántico de Arte Moderno, entre los días 11 y 14 de septiembre del año reseñado. El objetivo del curso fue proporcionar una visión actualizada del problema

global, dedicando una parte sustancial del tiempo a las consecuencias que dicho cambio climático tendrá sobre las Islas Canarias. La primera conferencia, titulada “¿Estamos cambiando el clima?”, corrió a cargo del Ilmo. Sr. Dr. D. Manuel Vázquez Abeledo, Académico Numerario de nuestra Institución y miembro del Instituto de Astrofísica de Canarias. Ello ocurrió el 11 del mencionado mes. Al día siguiente, D. Emilio Cuevas, del Observatorio Atmosférico de Izaña (Instituto Nacional de Meteorología), expuso el tema “Evidencias del cambio climático y proyecciones climáticas futuras en Canarias”; y, a continuación, el Prof. Dr. D. Raimundo Arvelo Álvarez, Catedrático del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de La Laguna, habló sobre “Emisión de gases de efecto invernadero y gestión de residuos”. El siguiente conferenciante, el día 13, fue el Prof. Dr. D. Marcelino del Arco Aguilar, Catedrático de Botánica del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de La Laguna, que versó sobre “Posibles respuestas de la flora y la vegetación canarias al cambio climático”. Se dio por finalizado el ciclo, el día 14 de septiembre, con la intervención del Prof. Dr. D. Roque Calero Pérez, Catedrático de la ETS de Ingeniería Industrial de la Universidad de Las Palmas de GC, quien desarrolló el tema “El futuro energético de Canarias y el cambio climático”.

En el último cuatrimestre del año, la Academia organizó una serie de conferencias bajo el título “Desarrollo sostenible en Canarias”. Nuestra Institución ha tratado de proporcionar una perspectiva actualizada del problema del que depende nuestro futuro, porque la limitación de espacio y de población hace necesario un desarrollo sostenible y una optimización de los recursos disponibles. Su lugar de celebración fue el *Museo de la Ciencia y el Cosmos*, sito en la ciudad de La Laguna. Las conferencias se dictaron en la primera quincena de noviembre, entre los días 6 y 16. La primera (día 6 de noviembre), con la que se inauguró el ciclo, fue dictada por el Prof. Dr. D. Carmelo León, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, quien disertó sobre el tema “Por un turismo sostenible para Canarias”. La siguiente, día 13 de noviembre, fue impartida por el Dr. Antonio Bello, miembro de C.S.I.C. de Madrid, que habló sobre “Una agricultura sostenible para Canarias”. El día 14 de noviembre, D. Manuel Cendagorta, miembro del Instituto Tecnológico de Energías Renovables (I.T.E.R.) de Canarias presentó el tema “La energía en Canarias”. El siguiente día, el Prof. Dr. D. Sebastián Delgado, Catedrático del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de La Laguna, trató el problema “Las aguas en Canarias”. Por último, el día 16 de noviembre, el Prof. Dr. D. José Ángel Rodríguez, Catedrático del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de La Laguna, clausuró el ciclo con la conferencia titulada “Desarrollo sostenible y crecimiento económico: aspectos estratégicos de la economía del siglo XXI”.

Las dos universidades canarias, de acuerdo con la normativa vigente para créditos de libre elección, convalidarán estos cursos a aquellos alumnos que obtengan el Certificado de Asistencia y Aptitud.

La Academia Canaria de Ciencias ha colaborado también en la organización del First International Workshop “Scheduling, Inventory and Optimization-SIO2007”, celebrado en La Laguna los días 14 y 15 de febrero de 2007 y organizado por el Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Computación.

Ediciones

Oportunamente salió de imprenta el volumen XVIII, correspondiente al año 2006, de la *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, constituido por dos fascículos. El primero de ellos, dedicado a las secciones de Matemáticas y Física, numerado 1 y 2, consta de 204 pági-

nas. Contiene 8 artículos de investigación, uno sobre Historia y Filosofía de la Ciencia, otro de Divulgación científica y la Memoria de las actividades realizadas durante el año arriba mencionado. El segundo fascículo, de 202 páginas, numerado 3 y 4, corresponde a la secciones de Biología y Química y contiene, por parte de Biología, 13 artículos de investigación y una nota al editor, y 2 de Química, así como la lección inaugural del curso a cargo del Dr. D. José Elguero Bertolini. La vida académica durante este periodo se reseña al final del fascículo.

Como de costumbre, la *Revista* ha sido ampliamente distribuida a diversos Centros Universitarios, Entidades Científicas y Academias Nacionales y Extranjeras, bien directamente o por vía de intercambio.

Otras noticias

Se ha firmado un Convenio de Colaboración entre el Excmo. Cabildo Insular de la Isla de La Palma y nuestra Academia, al objeto de regular las actuaciones de nuestra Institución en la mencionada Isla.

La Real Academia de Ingeniería invitó a nuestro Presidente, o persona delegada, a formar parte del Comité Organizador del ciclo "*Homenaje a D. Agustín de Bethencourt y Molina*", que se celebró durante los días 23 y 24 de abril de 2007, y a participar, como moderador, en una mesa redonda sobre "*Instalaciones industriales y educación superior*". El Dr. N. Hayek fue representado por el Ilmo. Sr. Vicepresidente de la Academia, D. José M. Méndez Pérez.

Durante el año 2007 la Junta de Gobierno y de la Junta General se reunieron el mes de noviembre. Aparte de los asuntos de trámite, sobresalen la firma del Convenio de Colaboración con el Excmo. Cabildo Insular de La Palma, anteriormente citado, y la programación de actividades para el año 2008.

Cuestiones relacionadas con la sede de la Academia

Los órganos de gobierno de la Academia llevan 20 años haciendo gestiones para conseguir un local adecuado para desarrollar nuestras actividades. Hasta la fecha no hemos tenido éxito.

Santa Cruz de Tenerife, 14 de enero de 2008

El Secretario



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

1. La Revista de la Academia Canaria de Ciencias publica **artículos de investigación** de Biología, Física, Matemáticas o Química. También publica trabajos sobre **Historia y Filosofía de la Ciencia** y de **Divulgación Científica** referidos a las áreas anteriormente mencionadas.

2. Los autores enviarán tres copias de los originales al director de la revista:

Prof. N. Hayek
Revista de la Academia Canaria de Ciencias
Fac. de Matemáticas
Universidad de La Laguna
38271 - La Laguna, Tenerife (España)

Los trabajos serán revisados por especialistas designados por el Comité Editorial. En caso de aceptación para su publicación en la Revista, los autores enviarán un disquete o un CD con los ficheros correspondientes, **sin numerar las páginas**, en **formato PDF**.

3. Los originales de los trabajos se deben confeccionar en papel tamaño DIN A 4 de acuerdo con las presentes instrucciones. Se aconseja emplear un procesador de texto, preferentemente WORD o LATEX, con letra de tamaño 12 y con espaciado sencillo entre líneas, dejando márgenes laterales, superior e inferior de 3 centímetros. Se seguirá el esquema siguiente:

- a) TÍTULO DEL TRABAJO, **en negrita**, centrado y en mayúsculas.
- b) Apellidos y nombres de los autores, centrado y en minúsculas.
- c) Institución donde se ha realizado el trabajo, dirección postal y dirección electrónica (centrado y en minúsculas).
- d) Resumen del trabajo con una extensión máxima de 200 palabras.
- e) Palabras clave (entre tres y cinco).
- f) Abstract en inglés y keywords (las correspondientes traducciones de los apartados d y e anteriores).
- g) El texto del trabajo será dividido en secciones. Los encabezamientos de cada sección, numerados correlativamente, se escribirán en letras minúsculas **en negrita**. Si hubiera subsecciones, se enumerarán en la forma 1.1, 1.2, ..., 2.1, 2.2, ..., escribiéndose los encabezamientos en cursiva.
- h) Las fotos y láminas en color se presentarán digitalizadas en formato de alta resolución.
- i) La bibliografía se presentará ordenada numéricamente o por orden alfabético del primer autor. Si se trata de un artículo, deberá aparecer el autor o autores, el año de publicación, el título entrecomillado, la revista, el número y las páginas. Si se trata de un libro, debe incluirse el autor o autores, el año, el título en cursiva y la editorial.

4. La extensión de los trabajos será, como máximo, de 16 páginas, en el caso de artículos de investigación, y de 25 páginas en el caso de trabajos de divulgación y de Historia y Filosofía de la Ciencia.

5. En caso de ser publicado, los autores recibirán 20 separatas del trabajo.

6. Para adquirir la Revista (fascículo de Biología) dirigirse a:

Juan José Bacallado Aránega (Comité Editorial)
C/. General Antequera, 2-3º
38004 - Santa Cruz de Tenerife
Islas Canarias - España

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

1. The Journal of the Academia Canaria de Ciencias will publish research papers on Biology, Physics, Chemistry or Mathematics. Manuscripts on History and Philosophy of Sciences and Scientific Divulcation referred to the above fields are also welcome.
2. Authors should submit three hard copies to the Editor-in-Chief of the Journal,
Prof. N. Hayek.
Revista de la Academia Canaria de Ciencias.
Facultad de Matemáticas. Universidad de La Laguna
38271 - La Laguna, Tenerife. ESPAÑA

The manuscripts will be refereed by specialists appointed by the Editorial Board of the Journal. After the acceptance for publications, authors should send a diskette or CD with the PDF corresponding source-files. Pages must not be numbered.

3. Authors are kindly requested to type the original works according to the present instructions. For it, manuscripts should be preferently typed using LATEX or WORD, with Roman 12 pt siezq, one and half spaced making use of A4-format white paper and leaving margins of 3 cm, as follows,
 - a) TITLE OF THE WORK should be typed centered and in bold face.
 - b) Name of the authors centered and in small letters.
 - c) Affiliation including mail address and electronic mail.
 - d) Abstract: the abstract must not exceed 200 words.
 - e) Key-words (from three to five).
 - f) If the paper is written in English, conditions in items d) and e) should be translated into Spanish.
 - g) The text of the paper should be divided into Sections. The headings of each Section, accordligny numbered, will be written in bold face small letters. In case of subsections, these will numbered like, 1.1, 1.2,... 2.1, 2.2.... Headings of subsections should be now written in italics.
 - h) Colour illustrations and pictures should be presented in high resolution digital format.
 - i) References should be listed at the end of the article in correct numerical sequence or alphabetically ordered by the first author. In case of an article, reference should include, author or authors, issue year, quoted title, name of the journal and number of pages. When a book, it should contain author or authors, issue year, title in italics and editorial.
4. The maximum length of a manuscript will be 16 pages for research papers and 25 when concerning works on Scientific Divulcation or History and Philosophy of Sciences.
5. In case of publication of a manuscript, authors will receive 20 free reprints.

REVISTA DE LA ACADEMIA CANARIA DE CIENCIAS

Folia Canariensis Academiae Scientiarum

Volumen XIX – Núms. 3/4 (2007)

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
PRESENTACIÓN	5
<i>SECCIÓN BIOLOGÍA</i>	
M. C. GONZÁLEZ MONTELONGO, C. M. RAMÍREZ, J. MARRERO-ALONSO, R. MARÍN, N. FABELO, V. MARTÍN, T. GÓMEZ & M. DÍAZ Regulación aguda de la musculatura lisa intestinal de ileón y colon de ratón por poliamidas	9
A. MOREIRA-REYES & M. ^a C. GIL-RODRÍGUEZ Variaciones espaciales y temporales de <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>Cylindracea</i> (Sonder) Verlaque, Huisman et Boudouresque en Los Cristianos, LIC “Franja marina Tenó-Rasca (ES 7020017), Tenerife, Canarias	29
E. CARQUÉ ÁLAMO, Á. BAÑARES BAUDET & M. V. MARRERO-GÓMEZ Estudio morfológico de frutos, semillas y plántulas de especies amenazadas de las islas Canarias	35
J. ESPINOSA, J. ORTEA & L. MORO Dos nuevas especies de moluscos neogastropodos (Mollusca: gastropoda) de la Reserva de la Biosfera “Península de Guanahacabibes”, Cuba	43
J. ORTEA, J. ESPINOSA & R. FERNÁNDEZ-GARCÉS Dos nuevos prosobranquios (Mollusca: gastropoda) marinos de la Reserva de la Biosfera “Península de Guanahacabibes”, Cuba	49
J. ESPINOSA, J. ORTEA & R. FERNÁNDEZ-GARCÉS Dos nuevas especies de la familia Pickworthiidae (Mollusca: caenogastropoda) de cuevas y solapas submarinas de Cuba	57
J. ESPINOSA, J. ORTEA & L. MORO Una nueva especie del género <i>Cubalaskeya</i> (Mollusca: caenogastropoda: cerithiopsidae) de la Reserva de la Biosfera “Península de Guanahacabibes”, Cuba	63
J. AFONSO-CARRILLO, C. SANGIL & M. SANSÓN Notas corológicas sobre algas rojas gelatinosas efímeras de los fondos de las islas Canarias	67
J. GARCÍA CASANOVA, W. WILDPRET DE LA TORRE & O. RODRÍGUEZ DELGADO Contribución al estudio geobotánico de los espacios naturales protegidos del antiguo menceyato de Abona. Proyecto de investigación para la conservación de la biodiversidad del sur de Tenerife (Canarias)	75
Notas	
E. ROLÁN & J. M. HERNÁNDEZ <i>Olivella oteroi</i> Bermejo, 1979 en Canarias	89

VIDA ACADÉMICA

“Tres insignes ilustrados: Bethencourt, Euler y Jorge Juan”, conferencia de apertura del Curso 2007-2008 de la Academia Canaria de Ciencias, a cargo de D. Manuel López Pellicer	97
Memoria de las actividades realizadas durante el año 2007	123
INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES	127
INSTRUCTIONS TO AUTHORS	129

Esta publicación de la Academia Canaria de Ciencias
se terminó de imprimir en el mes de septiembre de 2008
en los talleres de Nueva Gráfica, S.A.L.,
La Laguna, Tenerife









ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
PRESENTACIÓN	5
 <i>SECCIÓN BIOLÓGICA</i>	
M. C. GONZÁLEZ MONTELONGO, C. M. RAMÍREZ, J. MARRERO-ALONSO, R. MARÍN, N. FABELO, V. MARTÍN, T. GÓMEZ & M. DÍAZ Regulación aguda de la musculatura lisa intestinal de ileón y colon de ratón por poliamidas	9
A. MOREIRA-REYES & M. ^a C. GIL-RODRÍGUEZ Variaciones espaciales y temporales de <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>Cylindracea</i> (Sonder) Verlaque, Huisman et Boudouresque en Los Cristianos, LIC "Franja marina Teno-Rasca (ES 7020017), Tenerife, Canarias	29
E. CARQUÉ ÁLAMO, Á. BAÑARES BAUDET & M. V. MARRERO-GÓMEZ Estudio morfológico de frutos, semillas y plántulas de especies amenazadas de las islas Canarias	35
J. ESPINOSA, J. ORTEA & L. MORO Dos nuevas especies de moluscos neogastropodos (Mollusca: gastropoda) de la Reserva de la Biosfera "Península de Guanahacabibes", Cuba	43
J. ORTEA, J. ESPINOSA & R. FERNÁNDEZ-GARCÉS Dos nuevos prosobranquios (Mollusca: gastropoda) marinos de la Reserva de la Biosfera "Península de Guanahacabibes", Cuba	49
J. ESPINOSA, J. ORTEA & R. FERNÁNDEZ-GARCÉS Dos nuevas especies de la familia Pickworthiidae (Mollusca: caenogastropoda) de cuevas y solapas submarinas de Cuba	57
J. ESPINOSA, J. ORTEA & L. MORO Una nueva especie del género <i>Cubalaskya</i> (Mollusca: caenogastropoda: cerithiopsidae) de la Reserva de la Biosfera "Península de Guanahacabibes", Cuba	63
J. AFONSO-CARRILLO, C. SANGIL & M. SANSÓN Notas corológicas sobre algas rojas gelatinosas efímeras de los fondos de las islas Canarias	67
J. GARCÍA CASANOVA, W. WILDPRET DE LA TORRE & O. RODRÍGUEZ DELGADO Contribución al estudio geobotánico de los espacios naturales protegidos del antiguo menceyato de Abona. Proyecto de investigación para la conservación de la biodiversidad del sur de Tenerife (Canarias)	75
 Notas	
E. ROLÁN & J. M. HERNÁNDEZ <i>Olivella oteroi</i> Bermejo, 1979 en Canarias	89
 <i>VIDA ACADÉMICA</i>	
"Tres insignes ilustrados: Bethencourt, Euler y Jorge Juan", conferencia de apertura del Curso 2007-2008 de la Academia Canaria de Ciencias, a cargo de D. Manuel López Pellicer	97
Memoria de las actividades realizadas durante el año 2007	123
INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES	127
INSTRUCTIONS TO AUTHORS	129