

## DE LOS ARCHIVOS HISTÓRICOS DE LA ENERGÍA SOLAR (V)

### *Pioneros españoles de las energías renovables*

Eduardo Lorenzo  
Instituto de Energía Solar  
Universidad Politécnica de Madrid

Este artículo pretende recuperar la memoria histórica de algunos científicos e ingenieros españoles que, a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX y primera del XX, empeñaron su esfuerzo en la propuesta y desarrollo de ideas tendentes a la explotación de lo que hoy llamamos energías renovables. El artículo describe con cierta atención los casos particulares de M. Rico y Sinobas, quien hizo las primeras medidas de radiación solar; de J. Barrufet y Veciana, quien intentó obtener energía eléctrica a partir de las olas del mar; y de I. Cabanyes, quien propuso la construcción de chimeneas solares. Finalmente, el artículo presenta una propuesta para recopilar y archivar sistemáticamente cuanta información sobre los orígenes de la energía solar en España pueda estar disponible.

Una versión resumida de este artículo se ha presentado al XII Congreso Ibérico y VII Iberoamericano de Energía Solar, celebrado en Vigo entre los días 14 y 18 de septiembre de 2004.

### **Introducción**

En 1859 la Academia de Ciencias publicó una memoria titulada “Primera serie de observaciones actinométricas verificadas en Madrid desde el solsticio de invierno de 1854 hasta el verano de 1855”. Su autor era Manuel Rico y Sinobas (1821-1898), que inauguraba así las medidas sistemáticas sobre radiación solar en España<sup>1</sup>.

En 1885 D. José Barrufet y Veciana patentó un ingenio, denominado “*Marmotor*”,<sup>2</sup> para obtener energía eléctrica de las olas del mar, e intentó la construcción de un prototipo funcional en Barcelona sobre la playa llamada de la Mar Vieja.

En 1903 el coronel de artillería Isidoro Cabanyes publicaba en una revista su “*Proyecto de motor solar*”,<sup>3</sup> consistente en una chimenea en cuyo hogar se disponía un calentador de aire por energía solar y en cuyo tiro se situaba una máquina eólica para generar electricidad. Muchos años después, en 1981, el Ministerio Alemán de Investigación y Tecnología (BMTF), con la colaboración de la eléctrica española Unión Fenosa, construía una máquina basada en ese principio en la localidad manchega de Manzanares, con una potencia de 25 kW. Hoy, los herederos de la experiencia de Manzanares construyen en un desierto de Australia una máquina similar, pero con una potencia de 300 MW. Ni antes en Manzanares ni ahora en Australia, los autores de estas experiencias han citado nunca a Isidoro Cabanyes como adelantado precursor de la idea.

Tu sorpresa, estimado lector, al leer estas noticias del pasado que probablemente desconocías, es la precisa medida del extrañamiento al que están relegados algunos que, como tú y como yo pero mucho antes que nosotros, creyeron que las energías renovables podían contribuir al progreso de la humanidad y se esforzaron con sus limitados medios en lograrlo.

No fue hasta la 2ª Guerra Mundial que el petróleo se convirtió en el principal recurso energético de la Humanidad. Justo antes, y desde comienzos del XIX, lo había sido el carbón, sobre el que Inglaterra, primero, y Alemania y Francia, después, habían construido auténticos imperios industriales, cuyas diferencias de intereses estuvieron en la raíz de varias guerras, entre ellas la 1ª Guerra Mundial. El carbón es más incómodo de manejar que el petróleo porque es sólido (un sólido se trasiega con mayor dificultad que un líquido) y porque su contenido energético por unidad de masa es un 30 % menor (lo que obliga a transportar más peso para la misma cantidad de energía). Esto, unido a la relativamente baja eficiencia de las máquinas características de la llamada Revolución Industrial (la eficiencia de las justamente famosas máquinas de Watt era inferior al 5 %), suponía enormes dificultades al suministro energético de los lugares alejados de las minas, como era el caso de la cuenca mediterránea, mayoritariamente desprovista de carbón. El mayor consumo en España correspondía a la industria asentada en Cataluña, que se surtía principalmente de hulla procedente de New Castle (Inglaterra)<sup>4</sup>. El transporte hasta puerto de los carbones asturianos era tan difícil (Jovellanos había propuesto una carretera carbonera, pero que no llegó a realizarse) que su precio en los puertos del Mediterráneo era superior al del carbón inglés. Imagine el lector el esfuerzo que representaba extraer carbón en Inglaterra y transportarlo por barco hasta Barcelona, en un tiempo en el que tanto el laboreo de las minas como la estiba y descarga de los barcos se hacía de forma completamente manual.

Para paliar estas dificultades propias del suministro de carbón, algunos pensaron en desarrollar alternativas basadas en otros recursos energéticos, como el Sol o las olas del mar, más abundantes en el Mediterráneo. Son bien conocidos los trabajos de Mouchot<sup>5</sup>, estimulados por las necesidades energéticas que planteaba la colonización de Argelia (invadida por Francia en el año 1830), y que llegó incluso a proponer la utilización de hidrógeno como vector de almacenamiento de energía solar. En efecto, en 1879 dedicó su atención al problema de “¿cómo almacenar el calor del Sol?”. Propuso generar corriente eléctrica mediante “un instrumento ya en excelente condición... el dispositivo termoeléctrico”, y con ella descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno para obtener “una reserva de combustible tan preciosa como abundante”. Y realizó algunos experimentos prometedores para este procedimiento (“...varios dispositivos muy rudimentarios me habían dado cantidades interesantes de electricidad...”). Nunca he visto referenciado este antecedente en los escritos de los actuales paladines del hidrógeno como vector de transporte energético. A mi entender, esto es un claro síntoma de la desmemoria histórica que campea en el mundillo tecnológico actual.

Más tarde, un ingeniero americano pero de origen alemán, Schuman, construyó la famosa bomba solar del Maadí (Egipto, 1912), y propuso al gobierno alemán la construcción de 52 600 km<sup>2</sup> de colectores solares en el Sáhara, para dar al mundo “a perpetuidad los 270 millones de C.V. necesarios para igualar todo el combustible extraído en 1909”<sup>6</sup>. Alemania había ocupado la actual Namibia, entonces llamada África Sudoccidental Alemana, y estaba interesada en extender la ocupación al resto de África. Las veleidades colonialistas españolas, a pesar de los territorios ocupados en Marruecos, eran de

menos entidad, y ello explica el menor auge que tuvieron aquí los intentos de desarrollar estas otras alternativas energéticas. No obstante, también hubo en España quien pensó seriamente en ello. Y si sus intentos no llegaron tan lejos como los de franceses y alemanes se debió principalmente a la diferente circunstancia de sus respectivos países, no a la diferente calidad de los hombres, que es, pese a quien pese, igual por todos lados.

Hay, al menos, dos razones para recuperar la memoria de estos precursores. La primera, porque es sencillamente gesto de bien nacidos el recordar con respeto a sus mayores. La segunda, porque reconocer que lo que creemos “nuestras” ideas se les ha podido ocurrir a otros antes que a nosotros es antídoto contra lo que Einstein llamaba la “presuntuosidad modernista”,<sup>7</sup> que es una definición, precisa como todas las suyas, de la soberbia, de la cual nada bueno, ni en lo personal ni en lo profesional, cabe esperar. Einstein recomendaba la literatura clásica, como medio de atajar la amenaza de la soberbia. Abundando en ello, en una entrevista que le hicieron en 1950, a la pregunta de “¿Qué opina usted acerca de los profundos cambios en nuestra vida, que predicen algunos científicos?”, respondió: “Los seres humanos somos siempre los mismos. No hay verdaderos cambios profundos”.<sup>8</sup> Son razones que he tenido el buen tino de apoyar en otros más sabios que yo, siguiendo un consejo del Arcipreste de Hita:

*«Como dize Aristóteles, cosa es verdadera,  
El mundo por dos cosas trabaja: la primera,  
Por aver mantenecia; la otra cosa era  
.....  
Si lo dexiés de mio, sería de culpar;  
Dizelo grand filósofo, non só yo de rebtar:  
De lo que dize el sabio non devemos dubdar,  
Ca por obra se prueba el sabio e su hablar<sup>9</sup>.»*

Cabe añadir, además, la de que rebuscar en la historia es entretenido e instructivo. Y ya que salió a colación el Arcipreste, no está de más recordar que también él prevenía contra lo fácil que es caer en la soberbia:

*«Quantos por la sobervia fueron e son dañados  
Non se podrian escrevir en mill pliegos contados»<sup>10</sup>*

Con este abuso del Arcipreste no he pretendido más que seguir la recomendación de Einstein de dedicar mucha atención a los clásicos, no sin antes reconocer que muchos pueden pensar que todo esto es ajeno al desarrollo científico e industrial, que se supone debe ser el último objeto de los afanes de quienes nos dedicamos profesionalmente a las energías renovables. Nada mejor para ello que citar a otro clásico:

*–Más has dicho, Sancho, de lo que sabes -dijo don Quijote-; que hay algunos que se cansan en saber y averiguar cosas que, después de sabidas y averiguadas, no importan un ardite al entendimiento ni a la memoria.<sup>11</sup>*

Si así es como piensas, amigo lector, te diré sin ambages que lo que sigue no es para ti, y veré con agrado el que pongas ahora fin a esta lectura y... *«no más, sino que Dios te guarde y a mí me dé paciencia para llevar bien el mal que han de decir de mí más de cuatro sutiles y almidonados»<sup>12</sup>.*

## ***Pioneros***

No puede este artículo intentar el compendio de los hechos de los precursores de las energías renovables en España. Lo limitan mis alcances a presentar tan sólo algunos casos de los que he llegado a saber.

M. Rico y Sinobas (1819-1898) fue un médico y físico castellano al que cabe el honor de haber sido el primer científico español que planteó la necesidad y posibilidad de generar un fichero centralizado donde recoger todas las informaciones climáticas y meteorológicas que se pudieran obtener en registros documentales antiguos.<sup>13</sup> Más interesado en las observaciones meteorológicas que en las aplicaciones prácticas de la energía solar, realizó la “*Primera serie de observaciones actinométricas verificadas en Madrid desde el solsticio de invierno de 1854 hasta el verano de 1855*”, título de la Memoria presentada en la Real Academia de Ciencias de Madrid (*Tomo III, Segunda Serie, Ciencias Físicas, págs. 187-289*). El documento está precedido de una breve introducción, de poco más de una página, en la que se limita a describir las condiciones climatológicas durante el período de medidas y el instrumento que utilizó:

*«Afortunadamente el mes de diciembre transcurrió despejado y sereno en todo el mediodía de Europa, y aprovechando esta oportunidad, las observaciones de aquella época pueden considerarse como muy aproximadas á la exactitud de que es capaz el actinómetro de Herschel, de que nos hemos servido para hacer estas observaciones. Escaso por el contrario fue el número de observaciones correspondientes a todo el mes de febrero y marzo; pero en cambio abril, mayo y junio transcurrieron más serenos, y con especialidad en el último mes el día 21 y los siguientes, que podían considerarse como críticos para esta clase de trabajos»*

Siguen 100 páginas con todas las medidas (aproximadamente, 20 por página) que realizó con el actinómetro de Herschel, instrumento basado en medir la elevación de temperatura experimentada por un cierto volumen de agua expuesto al sol durante un tiempo (del orden de un minuto) en el que las condiciones de medida se mantenían estables. Fue el primero de una serie de equipos, basados en este principio, que lograron medidas de irradiancia de precisión notable. Por ejemplo, la de la Constante Solar en 1875, con un error inferior al 3%. Curiosamente, Herschel fue también un famoso constructor de grandes telescopios astronómicos (con uno de ellos descubrió Urano, lo que le supuso el inmediato reconocimiento de la comunidad científica). Uno de los mayores telescopios, de 6 m de longitud (por entonces el segundo mayor del mundo) fue instalado, a finales del XVIII, en el Observatorio de Madrid (el que está en el Retiro). Cuando la invasión de los ejércitos franceses, este telescopio fue quemado por las tropas invasoras y el edificio convertido en polvorín.<sup>14</sup> Hoy el Observatorio se ha convertido en museo, y está muy avanzado un proyecto para construir una réplica de aquel telescopio. ¡Destruir primero para añorar después!, tal parece ser una de las pautas del comportamiento humano.

La figura 1 presenta la primera página de la Memoria de Rico y Sinobas, así como la hoja en la que figuran las medidas del 31 de diciembre de 1854 y del 1 de enero de 1855. La primera de este día fue tomada a las 8,30 de la mañana. ¡Don Manuel madrugaba hasta el día de Año Nuevo!

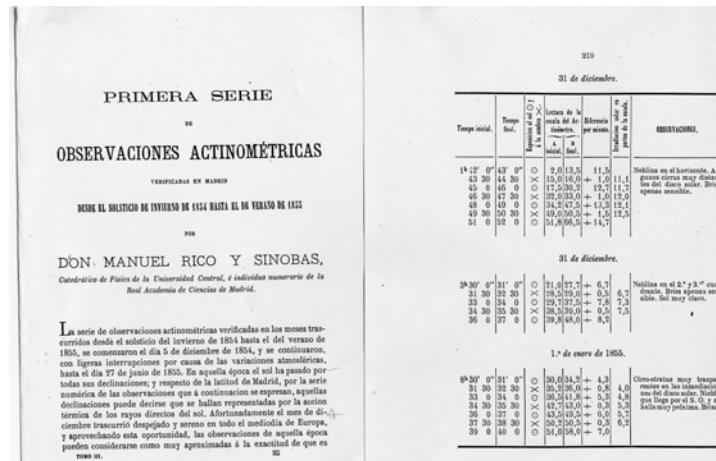


Figura 1. Páginas de la Memoria de d. Manuel Rico y Sinobas.

D. José Barrufet y Veciana presentó su “ingenio para aprovechar las olas” en un opúsculo de 32 páginas, publicado en 1885, cuya lectura es auténticamente deliciosa, desde la dedicatoria (“*DEDICO la poca ó mucha importancia que pueda llegar a tener en el mundo mecánico la realidad e mi invento, á la NACIÓN ESPAÑOLA, mi patria nativa; a la INDUSTRIA Y AGRICULTURA CATALANAS, porque Cataluña es el país en que vi la luz primera... á D.... y D..., mis particulares socios y amigos, porque han sabido reanimar mi espíritu y ayudarme en la penosa lucha que vengo sosteniendo por espacio de algún tiempo para llevar a efecto mis planes, y á D.... y D.... y D..., porque a su sola iniciativa se debe el primer MARMOTOR que está construyéndose en Barcelona sobre la playa de la titulada MAR VIEJA,.... que me han librado de tener que ir a buscar en lejanas tierras la protección que necesitaba para exhibir la demostración de mis combinaciones mecánicas...*”). En la introducción “AL LECTOR” hace un auténtico canto poético al oleaje (“*...ese continuo y variado movimiento que absorbe y embelesa nuestra fantasía... las tranquilas ondas que en días de apacible calma bañan con suavísimo arrullo las dormidas arenas de nuestras playas*”), previene contra el futuro agotamiento de los combustibles fósiles (“*El vapor no puede prescindir del carbón mineral, que tiene un límite fatal pronosticado por notables y sabios estadistas, cuyo concienzudo cálculo ha fijado la duración de tan indispensable combustible sobre nuestro planeta en menos de tres siglos...*”) y propone buscar remedio en la Naturaleza (“*Una salvación, sin embargo, nos queda; la de hallar otra fuerza que sustituya al vapor, buscándola en cualquier otro elemento de los que nos suministra la pródiga Naturaleza y cuya duración sea tan larga como la duración de los siglos...*”). Después hace una pormenorizada descripción de las características de los diferentes tipos de olas, concluyendo que en el peor de los casos (calma completa) “*suben de 0,3 a 0,6 m y bajan a una velocidad de 0,13 m.s-1*”. En estas condiciones, un flotador que desplazase 300 litros de agua daría por resultado una potencia que llamaremos caballo “marmométrico”, equivalente a medio caballo de vapor”. A continuación describe su aparato, el Marmotor, que acompaña del plano representado en la figura 2.

## MARMOTOR BARRUFET

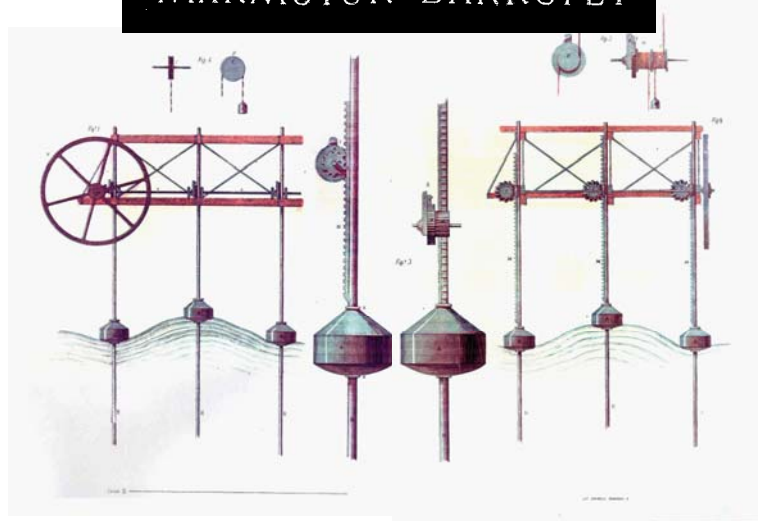


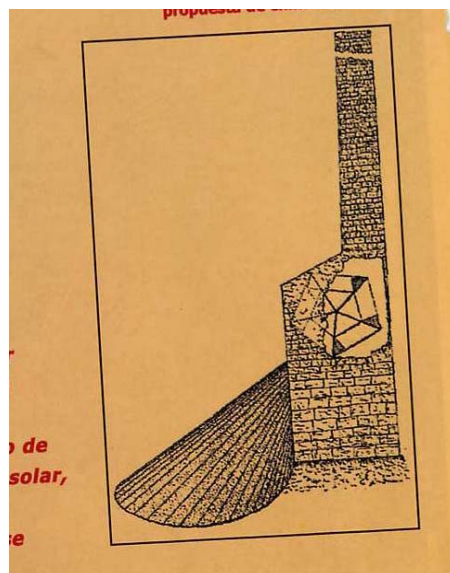
Figura 2. Plano original del Marmotor de Barrufet (1885). Se pueden observar los flotadores que suben libremente a impulso de las olas. Al bajar, y a través de un mecanismo de trinquete, transmiten su energía al eje horizontal situado entre las vigas de madera y que está asociado al volante de inercia representado a la izquierda del plano.

“Si algún mérito se concede al aparato que vamos a describir, lo hallaremos seguramente en la sencillez de su mecanismo. Consta de dos partes esenciales, denominadas impulsor [flotador, trinquete y barra guía] y receptor [engranajes, eje transversal y volante de inercia]”. Sigue un capítulo titulado “VEAMOS CÓMO FUNCIONA” (“Supongamos que el impulsor fue elevado por una ola y toma la posición de...al verificarse desde esta altura el descenso del agua, el impulsor marcha arrastrado por la gravedad á buscar el equilibrio en su centro de reposo, y entonces la cremallera obliga á la rueda ch á girar en sentido inverso al ascenso. Como este giro tiene por precisión que efectuarse en oposición al cric [trinquete], al retroceder este, imprime su marcha á la pieza fija y con ella al eje y por lo mismo á la rueda que pone en rotación al volante”). En el capítulo siguiente, insiste en las ventajas económicas que acarrearía su invento, comparando el coste de la energía<sup>15</sup> que esperaba producir con él con el coste de la energía producida mediante combustibles fósiles: “...sólo nos resta añadir que el aparato de nuestra invención ofrece, sin duda alguna, resultados verdaderamente satisfactorios y positivos. Vamos a demostrarlo...” (Aquí viene un escenario económico en el que compara los costes asociados a una máquina de 500 HP, con su equivalente en vapor, distinguiendo entre los costes de inversión y los costes de operación). “...El vapor, por lo tanto, en 24 horas de trabajo, ó sea durante un día y una noche, habrá consumido el valor de 1,8 pesetas y el gasto, en cambio, de la fuerza utilizada del mar durante las mismas horas, será cero... De manera que aún suponiendo gratis (en cursiva en el original) la adquisición e instalación de los motores de vapor y que los de mar costaran 500 pesetas por cada caballo de fuerza, estos últimos serían en más de un ciento por ciento ventajosos sobre los primeros...” El opúsculo termina con una especie de autoarenga verdaderamente inflamada: “Que tendremos detractores, lo presumimos; pero estamos dispuestos á luchar para desvirtuar los efectos de mezquinas pasiones... Estamos persuadidos de que una gran parte del público barcelonés ha oído hablar de nuestro invento con la irónica admiración que proporciona la duda... pero a esta duda contestará por nosotros con su elocuente palabra el movimiento y rugido de las olas, que

*al hablar con los flotantes y receptores nos dirán que en el maridaje de estos con ellas está basada la esencia de nuestro problema para hacer brotar sobre la tierra esa fuerza nutritiva que alimentará en breve las necesidades de la industria con una abundancia y economía desconocidas y fructificará los campos llevándoles el alimento del riego, que para ellos es la vida.”*

Algunos intentos para averiguar que ocurrió con la prueba del Marmotor en la playa de la Mar Vella no han tenido, de momento, resultado.

Isidoro Cabanyes fue un militar empeñado en la modernización de España, lo que puso de manifiesto con actividades tan diversas como un intento de fabricar submarinos, la participación en la primera gran empresa eléctrica española que fue la “Sociedad Española de Electricidad” y la propuesta de su “motor solar”, constituido por una chimenea en cuyo hogar situaba un calentador de aire mediante energía solar y en cuyo tiro disponía una máquina eólica para producir electricidad. Esta idea la propuso en un artículo publicado en 1903 en la revista quincenal “La Energía Eléctrica”. La figura 3 reproduce una de sus ilustraciones.



*Figura 3. Dibujo original del motor solar de Cabanyes (1903). Se puede observar el “hogar” compuesto por un enrejado de hierro pintado de negro y de forma cónica. Este dispositivo está lleno de agujeros por los que penetra el aire desde el exterior para calentarse dentro del mismo. El aire caldeado sube por la chimenea y hace girar a la máquina eólica que se observa en su interior.*

Cabanyes creía que todas las máquinas solares propuestas con anterioridad a la suya adolecían de falta de utilidad. Y que la suya representaba un importante salto de escala en el estado del arte. De las anteriores decía: “*Concibamos una gran caja de cristal herméticamente cerrada; bajo la caja transparente otra de hierro pintada de negro... agréguese à tal mecanismo pantallas o reflectores, que recojan el sol oblicuo y lo dirijan á la caja de cristal y tendrase idea de lo que son «todas» las máquinas solares inventadas hasta el día, sin que ninguna haya podido alcanzar la menor importancia industrial, ni más potencia que la de algunos kilográmetros...*” Y de la suya “*...la acción*

*combinada del sol y del viento permite suponer que el aparato funcionará unas ocho horas diarias por término medio todo el año, desarrollando un trabajo casi siempre adecuado para la carga de acumuladores eléctricos... el aparato no necesita, en consecuencia, personal alguno a su servicio, ni los vientos huracanados lo molestan, pues además de hallarse la rueda en clausura, el conjunto por su propia construcción, modera y regulariza la acción violenta de aquel...el entretenimiento de estos motores se reduce á un poco de aceite para los cojinetes, sin que el coste de adquisición se halle desproporcionado...”*

El lector curioso no tendrá dificultad en encontrar paralelismos entre los textos de estos precursores y el contenido de muchas de las ponencias que se presentarán en el Congreso de Vigo. Con poco esfuerzo verá que tanto el método, como el resultado, como el optimismo de los autores, no han cambiado mucho en el más de un siglo transcurrido desde que Barrufet y Cabanyes escribieran sus opúsculos.

## Recopilación y archivo

Afortunadamente, existen otras personas empeñadas en recuperar la memoria de la energía solar en España. ERA SOLAR<sup>16</sup> publicó un trabajo de G. Lorente Páramo sobre la primera patente española de colectores solares, solicitada en 1921 por el ingeniero agrónomo D. Félix Sancho Peñasco, que llegaría a fabricar e instalar varios equipos hacia el año 1930, y que reanudó tal actividad en los años posteriores a la Guerra Civil<sup>17</sup>. La historia menuda del IES, afortunadamente bien documentada por una amplia colección de informes internos archivados ordenadamente, también proporciona algunos casos interesantes, que habrá que recuperar: la primera célula solar española de silicio, fabricada en 1974; el primer módulo fotovoltaico, ensamblado en 1983, etc. Además, la extensión del radio de acción, por ejemplo, al resto de los países integrados en las secciones ibérica e iberoamericana del ISES también debe resultar muy fructífera. Como botón de muestra, la figura 4 reproduce un anuncio publicado en la prensa cubana, a finales de los años treinta<sup>18</sup>.



Figura 4. Anuncio aparecido en la prensa cubana sobre los años treinta.



Algún día, esperemos que no muy lejano, alguien bien capacitado abordará un estudio sistemático sobre la historia de las energías renovables en España o, mejor aún, en los países ibéricos e iberoamericanos, e intentará un compendio de los hechos de sus precursores. A buen seguro, serán muchos los que tengan material que pueda resultar de utilidad a esa tarea: noticias curiosas del pasado, capítulos del propio anecdotario, etc. Mientras no llega ese día, asumo gustosamente el papel de archivero de cuanta información me sea facilitada, en el entendimiento de que el correspondiente archivo se mantendrá de libre acceso para cualquier interesado.

Algunos casos, de los que ya me ha llegado información, han inspirado la redacción de ejercicios didácticos que he utilizado para impartir clases de energía solar. La experiencia siempre ha resultado satisfactoria para los alumnos y para mí, ya que la sorpresa que produce en ellos el toparse con capítulos cercanos a su historia cotidiana, pero que desconocen totalmente, es beneficioso en términos de motivación. El esquema general de tales ejercicios consiste, primero, en describir el caso en su contexto histórico, después, en elaborar un modelo muy sencillo de la idea de que se trate (ingenio, procedimiento de medida...), basado en los conocimientos que el alumno ya posee y, por último, en realizar algunos cálculos concretos que pongan de manifiesto las ventajas e inconvenientes de la idea. ERA SOLAR, siempre acogedora, ha tenido a bien publicar algunos de estos ejercicios<sup>19</sup>, cuya lectura permitirá al lector apreciar lo que pueda haber de útil en mi contribución a esto de la historia.

Termino reiterando la oferta de archivar y cuidar de cuanta información tengan a bien proporcionarme los lectores, con el ánimo de ir acumulando un acervo documental patrimonio de todos. Y lo haré citando a Salvador de Cárdenas, otro “inventor” poco conocido, que a mediados del siglo XVIII propuso un arado que, según él, permitía aumentar mucho la superficie labrada con una yunta de bueyes:

*«Como solicito unicamente el bien público, no me gloriaré en el acierto, ni me herirá la censura, antes bien agradeceré cualquiera corrección de los inteligentes, y estaré siempre tan pronto á satisfacer á los reparos que se me propongan, como á enmendar los defectos que se me adbiertan»<sup>20</sup>*

---

<sup>1</sup> J. M. Sánchez Ron, *Cinzel, martillo y piedra. Historia de la ciencia en España (siglos XIX y XX)*. Ed. Taurus (1999), pág. 105.

<sup>2</sup> José Barrufet y Veciana, *Las olas del mar. Apuntes que se relacionan con el movimiento de las mismas y su aprovechamiento como fuerza motriz*. Edición original: Imprenta de Redondo y Xumetra, Barcelona (1885). Edición facsimil: Librerías Paris-Valencia (1996).

<sup>3</sup> Isidoro Cabanyes, *Proyecto de motor solar*. La energía eléctrica: Revista general de electricidad y sus aplicaciones, año V, tomo 8, nº 4, págs. 61-65 (25 de agosto de 1903), y nº 5, págs. 81-84 (10 de septiembre de 1903).

<sup>4</sup> A. del Valle Menéndez, *La Minería del carbón*. Historia de la Tecnología en España, pág. 206. Ed. Valatenea, (2001).

<sup>5</sup> A. Mouchot, *La Chaleur solaire et ses aplicaciones industrielles*. Ed. G. Villars, París (1869).

<sup>6</sup> K. Butti y J. Perlin, *Un hilo dorado*, pág. 111. Ed. Blume (1980).

<sup>7</sup> A. Einstein, *Mis ideas y opiniones*, pág. 57. Bon Ton, Barcelona (2000).

<sup>8</sup> *Ibid.*..., pág. 142-143.

<sup>9</sup> Juan Ruiz, Arcipreste de Hita, *Libro de buen amor*. Cuadernas 71 y 72.

<sup>10</sup> *Ibid.*... Cuaderna 234.

- 
- <sup>11</sup> Miguel de Cervantes, *Don Quijote de la Mancha*, II, cap. 22.
- <sup>12</sup> Miguel de Cervantes, *Novelas Ejemplares*, Prólogo al lector.
- <sup>13</sup> G. Garza Merodio y M. Barriendos Vallvé, *El clima en la Historia*. Ciencias 51, págs. 22-25 (1998).
- <sup>14</sup> M.A. Selles, *Astronomía y navegación en el siglo XVIII*. Historia de la Ciencia y de la Técnica, vol. 25, pág. 51. Ed. Akal (1992).
- <sup>15</sup> Barrufet no emplea en ningún momento el término “energía”. Este término fue acuñado por Thomas Young en 1807 y tardó mucho en generalizarse.
- <sup>16</sup> G. Lorente Páramo, *La Primera Patente Española de Colectores Solares*, 1.
- <sup>17</sup> G. Lorente Páramo, *Un precedente español en la utilización de energía solar*. Metalurgia y Electricidad, 544, págs. 19-22 (1983).
- <sup>18</sup> K. Tutti y J. Perlin, *ibid*, pág. 154.
- <sup>19</sup> ERA SOLAR: 99, págs. 19-22 (2000); 110, págs. 64-68 (2002); 111 (2003), págs. 18-24 (2003).
- <sup>20</sup> D. Salvador de Cárdenas, *Instrucción y método nuevo de labrar las tierras por medio de una máquina con quatro arados, y una yunta de bueyes*, pág. 20. Edición original: Casa de Joseph Doblado (Madrid, 1775). Edición facsimil: Librerías París (Valencia, 1993).