

CEEA-X-108

DESARROLLO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA  
Y SUS IMPLICACIONES EN LA EDUCACION

Por

Dr. Juan A. Bonnet, Jr., Director  
Centro para Estudios Energéticos y Ambientales  
de la Universidad de Puerto Rico

Presentado en el Foro-panel  
EL PROBLEMA ENERGETICO Y SUS CONSECUENCIAS  
EN LA EDUCACION

ante la

Asamblea Anual de la Asociación para las  
Comunicaciones y Tecnología Educativa

17 de septiembre de 1981



CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH  
UNIVERSITY OF PUERTO RICO — U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

CEEA-X-108

DESARROLLO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA  
Y SUS IMPLICACIONES EN LA EDUCACION

Por

Dr. Juan A. Bonnet, Jr., Director  
Centro para Estudios Energéticos y Ambientales  
de la Universidad de Puerto Rico

Presentado en el Foro-panel  
EL PROBLEMA ENERGETICO Y SUS CONSECUENCIAS  
EN LA EDUCACION

ante la

Asamblea Anual de la Asociación para las  
Comunicaciones y Tecnología Educativa

17 de septiembre de 1981

DESARROLLO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA  
Y SUS IMPLICACIONES EN LA EDUCACION

DESARROLLO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA  
Y SUS IMPLICACIONES EN LA EDUCACION

Introducción

La crisis energética provocada por la escasez de las fuentes convencionales de energía, petróleo y gas natural y el consiguiente aumento en el precio de estos combustibles ha ocasionado en escala mundial problemas sociales y económicos de difícil solución. En Puerto Rico cuyo sostén energético proviene casi exclusivamente del petróleo importado, las dificultades socioeconómicas se amplifican y requieren atención inmediata. Es importante continuar programas de conservación de energía vigorosos y desarrollar fuentes renovables de energía. Para poder llevar ésto a cabo es necesario implantar programas educativos relacionados. Es el propósito de esta presentación describir brevemente el estado actual de los programas de investigación del CEEA de la Universidad de Puerto Rico y las implicaciones de las nuevas fuentes renovables de energía en la pedagogía del Puerto Rico de hoy y del próximo futuro.

El esfuerzo principal del CEEA va encaminado a hallar y analizar los datos necesarios, científicos y socioeconómicos para la utilización práctica y el avalúo del impacto ambiental de las fuentes renovables de energía disponibles en Puerto Rico. En algunos casos ya se ha alcanzado la etapa para las aplicaciones en escala semi-comercial, en otros todavía se necesita más estudio en escala de laboratorio o de demostración. Las áreas

principales de estudio, los logros principales obtenidos en ésta y las proyecciones futuras son brevemente discutidas a continuación:

### Fuentes Renovables de Energía

Biomasa - El cultivo de fincas energéticas dentro de las condiciones óptimas de producción es uno de los objetivos principales de la división de biomasa del CEEA. Los estudios de biomasa se han enfocado principalmente en la producción de variedades de cañas y yerbas tropicales para optimar la producción de fibras como un sustituto del combustible para carderas. En el caso de la caña se ha tratado de obtener un máximo de fibra, pero también suficiente sacarosa para producir miel enriquecida una materia prima en la industria de la fermentación que ha escaseado últimamente en Puerto Rico.

El uso de la caña de azúcar para producir biomasa es un resultado natural de las dificultades económicas por las que atraviesa esa industria en Puerto Rico. Los estudios indican que por cada 4,000 metros de cultivo de caña hay que invertir alrededor de \$1,200, sin embargo, el rendimiento de ese previo no pasa de \$700, para mantener la industria viva, el gobierno de Puerto Rico ha pagado la diferencia. La pérdida para el gobierno por cultivo de caña de azúcar es entre 30 y 40 millones de dólares anuales. Por otro lado la miel producida por la Industria Azucarera es de sólo 4.7 millones de galones, frente a una demanda de la industria del ron de 39.4 millones de galones, la diferen-

cia a un costo de más de 17 millones de dólares hay que suplirla con mieles foráneas.

Los estudios del CEEA demuestran que este cuadro de pérdida puede nivelarse si se sembrara caña para producir energía en vez de azúcar. Según los experimentos realizados cada tonelada de fibra seca obtenida de un cañaveral manejado para energía en vez de azúcar costaría aproximadamente \$20 producirla. La energía en esta tonelada es equivalente a la contenida en 2 1/2 barriles de petróleo.

En término de los costos de petróleo y las mieles para el 1979 cada cuerda de caña energética podría producir más de \$1,000 en energía y una cantidad aproximadamente igual en mieles ricas. Los últimos estudios indican una productividad aún mayor a medida que se mejoran las variedades de caña y yerbas y los métodos de operación, manejo secado y embalado de la biomasa.

En estos momentos se persigue la aprobación de un proyecto de demostración para producir grandes cantidades de fibras energéticas y mieles enriquecidas.

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos en un estudio que completó durante el 1980 indica que la caña energética es la fuente renovable de energía que más rápidamente puede beneficiar a la Isla. Este estudio endosa los trabajos del Centro en el campo de la biomasa y recomienda la implementación de estas técnicas lo antes posible.

Bioconversión - El CEEA ha impulsado y dado asesoría pericial para la implementación de la bioconversión

que consiste en la conversión biológica de la biomasa y desperdicios en gases combustibles tales como el metano.

Como primer paso el CEEA diseñó sistemas simples y de bajo costo para bioconvertir biomasa y desperdicios de distintas procedencias. Se construyeron modelos para probar su eficiencia, durabilidad y adaptabilidad para bioconvertir biomasa de los jacintos acuáticos, mostos de ron y desperdicios sólidos de una cafetería.

Otros proyectos en que ha intervenido el CEEA mediante asesoría técnica y preparación de propuestas se relacionan a granjas de animales donde los desperdicios de éstos reciclan para generar metano y abono para las siembras de alimentos, de esta manera también se resuelven los problemas de la contaminación ambiental. Dos de estos proyectos están en distintas fases de implementación, una porquerisa en Ponce ya está en operación y una granja de gallinas ponedoras en Río Grande está en diseño. Del éxito de estas demostraciones depende su adopción por otras granjas por el consiguiente ahorro de energía y quizás abaratamiento del producto.

Energía Oceanotérmica (OTEC) - Esta tecnología aún en desarrollo utiliza la diferencia en temperatura entre la superficie del océano y el fondo creada por el calentamiento solar de la superficie. Mientras mayor sea esta diferencia mayor será la eficiencia de la máquina OTEC. La diferencia máxima depende de la situación geográfica. Cerca de la costa de Punta Tuna en Puerto Rico, existe un sitio donde se desarrolla la diferencia en temperatura más alta que en todos los otros sitios considerados por el Departamento de Energía para las instalaciones de plantas OTEC.

Según se desprende de diversos estudios económicos, algunos hechos por el CEEA, de lograr resolverse los problemas aún pendientes, la tecnología OTEC ofrecería uno de los mejores medios para utilizar la energía solar.

Todas estas circunstancias condujeron a los estudios del CEEA en este campo, cuyos resultados han sido incorporados en las propuestas hechas por la Autoridad de Energía Eléctrica como partes de los argumentos para lograr el establecimiento de una planta OTEC en la Isla en competencias con otros sitios de los Estados Unidos y Hawaii. A continuación resumimos los estudios y logros más significativos en este campo.

- Entre los problemas más importantes que requieren solución está la corrosión química y biomarina de la tubería del sistema que hay que instalar bajo la superficie del mar. El CEEA estudia intensamente este problema. Para ello ha adquirido una antigua barcaza de desembarco, que ha convertido en un laboratorio flotante y ha amarrado en el sitio donde quedará instalada la planta OTEC. Bombas instaladas en la barcaza traen agua del mar y la pasan por tubos de prueba hechos de distintos metales. En esta forma se determina el efecto de la corrosión química y biomarina en las propiedades térmicas de estos materiales.

- Se realizan estudios oceanográficos conducentes a asegurar una planta OTEC consistente con el agua que la rodea. Por ejemplo, se estudian las corrientes de agua prevalecientes y su variación con las estaciones y los medios para evitar los efectos contraproducentes de descargar en las cercanías el agua ya térmicamente degradada.



Todos estos estudios, algunos de ellos los más importantes llevados a cabo en este campo a nivel mundial, facilitarán la aprobación por las agencias federales de una planta OTEC en Puerto Rico. Gracias al uso del laboratorio flotante, somos aquí en Puerto Rico los únicos que hacen estudios y desarrollos de la tecnología OTEC justamente en el sitio donde se establecería una de estas plantas.

Energía Solar - Uno de los principales objetivos del CEEA es llevar a cabo proyectos de investigación y desarrollos cabales en el campo de la energía solar tomando en cuenta la abundancia de luz solar directa en el Caribe. La Isla goza de condiciones ideales para la investigación y el desarrollo solar y para la comercialización de tecnologías solares. En un área de sólo 8,800 kilómetros cuadrados hay gran variedad de zonas climáticas desde lo árido hasta la humedad del bosque de lluvia pero todas con un alto grado de insolación. Las medidas muestran que las zonas costeras de norte y sur reciben un promedio de 2,000 kilóvatios hora por metro cuadrado de insolación, lo que es similar a muchas otras áreas del Caribe. Constantemente, se están recogiendo datos solares a través de una serie de estaciones repartidas por toda la Isla. En estas estaciones se captan los datos sobre radiación directa y difusa solar. Estos datos son analizados e integrados estadísticamente para obtener un perfil de radiación solar que corta a través de las distintas regiones climáticas de Puerto Rico.

Equipo para evaluar el funcionamiento de colectores solares ha sido diseñado y construido en las facilidades

del CEEA en Mayaguez. En la actualidad se da servicio al sector privado e industrial para medir la eficiencia instantánea y otros parametros de los colectores solares. Las medidas entran a un computador lo que sirve para el mejoramiento continuo de los diseños y del régimen de operación de los colectores.

La división de la Energía Solar del CEEA ha diseñado, construido y evaluado un concentrador de energía solar para la producción de vapor industrial en el medio ambiente tropical. Estos concentradores parabólicos tropicalizados están siendo probados al presente. El sistema está en la fase de optimización de los concentradores.

Al presente también se trabaja en los diseños para la sustitución de las máquinas de aire acondicionado en los laboratorios del CEEA en Mayaguez por un equipo solar de absorción que utilizaría la piscina de 110,000 galones que usaba anteriormente el reactor nuclear experimental hoy decomizado. Los trabajos incluyen la construcción total del sistema de aire acondicionado solar en los talleres del CEEA en Mayaguez. Este proyecto se completará a principios de 1982.

Con motivo de los éxitos que se vislumbran en la disminución en el costo de las celulas solares o celulas fotovoltaicas el CEEA se está adelantando para cuando este equipo sea de importancia en Puerto Rico para la utilización de la energía solar. Con estas celulas es posible convertir la energía solar directamente a energía eléctrica. Con tal propósito se estudia el efecto del ambiente humedo, el salitre y la contaminación

urbana en la eficiencia de las células solares. En adición se realizaron, en cooperación con la facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Puerto Rico, estudios comparativos del efecto de las condiciones anteriores sobre la integridad de distintas superficies ópticas.

Programas de Educación del CEEA - Como resultado de los trabajos de investigación y desarrollo de fuentes renovables de energía podemos citar algunos resultados relacionados al adiestramiento de personal. Como ejemplo; la formación de un personal técnico especializado en técnicas de energía solar. Este personal está ahora en la facultad del CEEA, en la UPR, en la Industria, en la Oficina de Energía y en otras dependencias del gobierno. Ha sido también posible aumentar la capacidad del CEEA para ofrecer asesoría técnica y administrativa en el uso de la energía solar por las industrias y el gobierno de Puerto Rico. Estos programas también han dado base para el establecimiento de programas de estudio a nivel graduado y subgraduado en la UPR. Estos programas de investigación dan ímpetu y excelencia a los estudios, desarrollos y prácticas en este campo y generan el personal adiestrado antes mencionado.

En adición a estos aspectos generales, el CEEA ha estado envuelto en algunos proyectos específicos de educación. Como ejemplo tenemos el Programa Científico de Verano para Estudiantes de Escuela Superior. Ha sido este programa exitoso ya ofrecido por tres años consecutivos a estudiantes inteligentes de bajo nivel económico. El programa se llevó a cabo en el área de Mayaguez

y en el área de San Juan, y recibió una clasificación de excelencia por parte de los Departamentos de Energía y del Trabajo de los Estados Unidos, quienes lo auspician. También ha servido de modelo para programas similares en el continente.

También un Programa de Verano de Investigación Científica para Estudiantes de escuela Superior se ha estado llevando a cabo con el apoyo del Departamento de Instrucción de Puerto Rico donde 12 estudiantes colaboraron con los científicos del CEEA en ciertas fases del trabajo de investigación. A juicio de los participantes y los organizadores del programa tuvo un gran éxito. Tenemos programas también con la Asociación de Universidades de Oak Ridge y CETA. Los estudiantes, al regresar a la escuela, han servido de estímulo al resto del grupo.

Al presente el CEEA da asesoramiento a la República de Panamá en el desarrollo de un plan integral de energía. Conjuntamente con la Universidad de Delaware, el CEEA ofrece asesoramiento técnico a Panamá en estudios de la demanda energética, avalúo de los recursos renovables disponibles, desarrollo de estrategias de política energética y la preparación de un plan integral para el desarrollo y utilización de fuentes renovables de energía. Estamos trabajando con el Banco de Desarrollo del Caribe.

El CEEA también provee asesoramiento técnico a la Comunidad de Culebra en el proyecto "Participación Ciudadana en el Desarrollo de Autosuficiencia Energética para la Isla de Culebra". El proyecto opera con fondos

del programa Ciencia para los Ciudadanos de la Fundación Nacional de Ciencias. Este proyecto incluye cinco talleres en Culebra para la consideración de alternativas energéticas y para la elaboración de un plan energético para la isla-municipio.

El CEEA también ayudó para la confección y preparación de un programa técnico que se está llevando a cabo en el Colegio Universitario Tecnológico de Bayamón. Este programa que ofrece un Grado Asociado en Tecnología de Conservación de Energía, ha sido auspiciado con fondos de la Oficina de Energía. En adición a esto el CEEA ha participado en la confección de cursos sobre energía, ambiente y conservación. A tales efectos, se preparó un desarrollo de currículo que incluyó casos de estudios en forma modular, materiales audiovisuales y selección de la biografía. Este curso se está llevando a cabo en la Facultad de Ciencias Naturales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico.

#### Implicaciones sobre la Pedagogía para el Puerto Rico de hoy y del futuro

Es interesante reconocer que en un período donde se señala que la educación está llevando a los Estados Unidos y Puerto Rico hacia una ignorancia científica y tecnológica, haya un Centro para el Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía en nuestro país.

Países en desarrollo como el nuestro padecemos frecuentemente del escape de las mentes (Brain Drain). Esto se debe en muchos casos a la falta de salarios adecuados y oportunidades de desarrollo intelectual del

personal requerido para estos fines. Este escape de mentes no sólo es de un país a otro sino ocurre en muchos casos de las universidades a las industrias, debido a mayores salarios o a la falta de equipo adecuado y en muchas veces equipos obsoletas de investigación en los centros universitarios.

El Centro (CEEA) que en el 1982 cumplirá 25 años desde su fundación, ha podido ahora romper esas barreras y mantener un grupo de científicos de un alto nivel de dedicación, aplicado a estas investigaciones. Al presente contamos a tiempo completo con aproximadamente 24 científicos a nivel de Ph.D. Sin embargo nos encontramos ante la disyuntiva de una falta en la continuidad de fondos federales que pueda asegurar la estabilidad de estos estudios. La estabilidad es importante e indispensable para fomentar la investigación científica.

Es uno de los propósitos del CEEA el desarrollar fuentes renovables de energía que no vengán después a sernos impuestas y sus facilidades construidas fuera de nuestra Isla. Queremos desarrollar aquí el personal, la tecnología y las nuevas industrias que pueden construir y producir energía autóctona. Como ejemplo, uno de los proyectos más avanzados, el de la caña energética, de implantarse a escala comercial, podría asegurar un virage histórico en la historia de la industria azucarera de nuestro país. Podría representar la salvación de esta industria y a la vez de producir la energía necesaria, salvar también de la fuga hacia otros países las destilerías de ron que están dependiendo al presente de un 85% de miel foránea para la producción de ron en Puerto

Rico y a la vez aumentar la producción de azúcar. En el caso de OTEC queremos desarrollar la tecnología, los conocimientos y el personal necesario para que al establecerse estas plantas se construyan la mayor parte de ellas en nuestra Isla y hacer posible hasta la formación de astilleros como industrias base. Similarmente queremos que los calentadores solares, los colectores de vapor solar, aires acondicionadores solares y celdas fotovoltaicas se puedan producir y fabricar, instalar y conservar en nuestra Isla. De esta manera estaríamos aumentando la productividad y la utilización de nuestro personal. Esto hace necesario que entendamos los pormenores de estas tecnologías para ver cómo podemos educar y preparar mejor nuestro personal.

Para entender esto, tenemos que recordar que no sólo hace falta personal técnico, sino que el desarrollo de las fuentes renovables de energía necesitan de un personal con amplios conocimientos en los aspectos económicos, ambientales y sociales de estas tecnologías. No podemos dejar que cada una de las tecnologías trabaje por sí solas. La comunicación efectiva es indispensable. Es necesario que mantengamos unidos nuestros pensamientos como se mantienen unidos los dos hemisféricos cerebrales por el corpus callosum. Recuerden que el hemisferio izquierdo conectado al lado derecho del cuerpo está relacionado con el lógico analítico y con las funciones verbales y matemáticas, su modo de operación es lineal y su manifestación obedece a una secuencia temporal. El hemisferio derecho, conectado al lado izquierdo del cuerpo, está especializado en actividades mentales holísticas o intuitivas. Este hemisferio es responsable de nuestra orientación en el espacio, de nuestra imagen

corporal y de todo empeño creativo. Procesa la información más difusamente que el hemisferio izquierdo, pero demanda una pronta integración de muchos factores al mismo tiempo. Este hemisferio es relacional, simultáneo y espacial en su modo de operación. Pero no podemos operar con un hemisferio separado del otro, por lo tanto, ambos hemisferios cerebrales se comunican por un haz de fibras conocidas como el corpus callosum. Esta breve explicación, nos explica y pone dramáticamente en relieve los dos medios de conocimientos que normalmente coexisten en el hombre y como se comunican. El reconocimiento de que poseemos dos hemisferios cerebrales destinados a operar en forma diferente nos ayuda a entender la dualidad fundamental de nuestro conocimiento y señala la necesidad de su integración en la constitución de una ciencia más completa. Es importante mantener la integración de nuestro conocimiento y también mantener la integración de todos los aspectos envueltos en el desarrollo de las nuevas tecnologías. Esto es uno de los desafíos más importantes que tenemos los educadores.