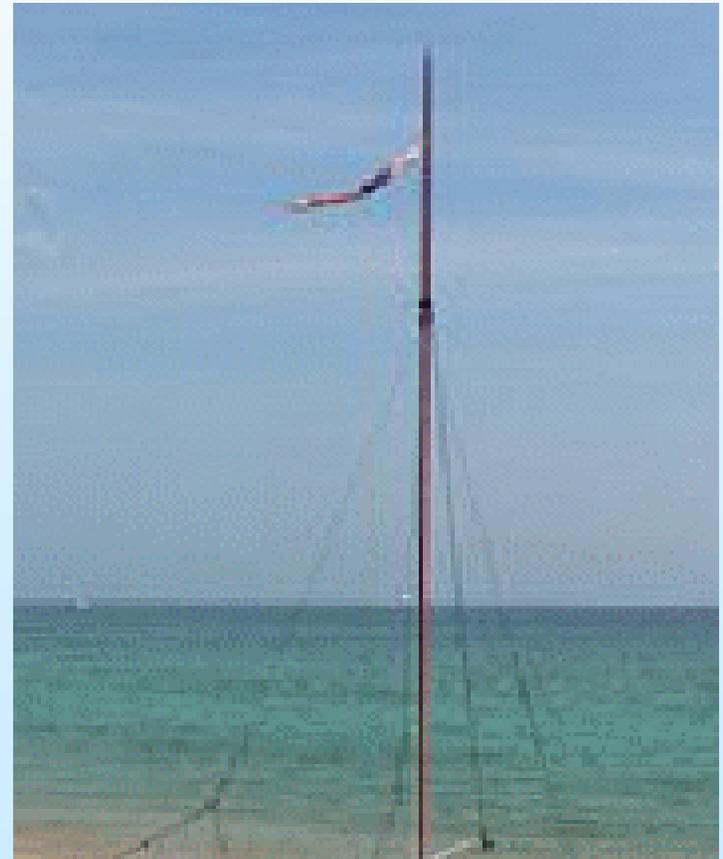


Las Algas Marinas y la Conversión de su Biomasa Cruda a Combustibles:

El Centro de Energía Renovable UPR/UGA:

Gary W. Gervais
Edgardo Martínez-Morales
Michael Marty-Rivera

5 agosto 2011



Situación energética actual de Puerto Rico

Combustible Fósil	Unidades	Importación Diaria	Importación Anual	Valor Energético (kJ)	Energía total de combustibles fósiles (%)
(Gasolina)	Barril/día	6.09×10^4	2.22×10^7	1.06×10^{14}	23.5
Importación neta de productos de petróleo	Barril/día	1.53×10^5	5.60×10^7	3.72×10^{14}	82.8
Gas Natural	m ³ /día	2.02×10^6	7.37×10^8	2.74×10^{13}	6.1
Carbón	mTons	4.53×10^3	1.65×10^6	<u>4.98×10^{13}</u>	11.1
Combustible Fósil Total				4.49×10^{14}	
(Data de 2006/2007)					

Source: Energy Information Agency, DOE

¿Porque Biocombustibles para Puerto Rico ?

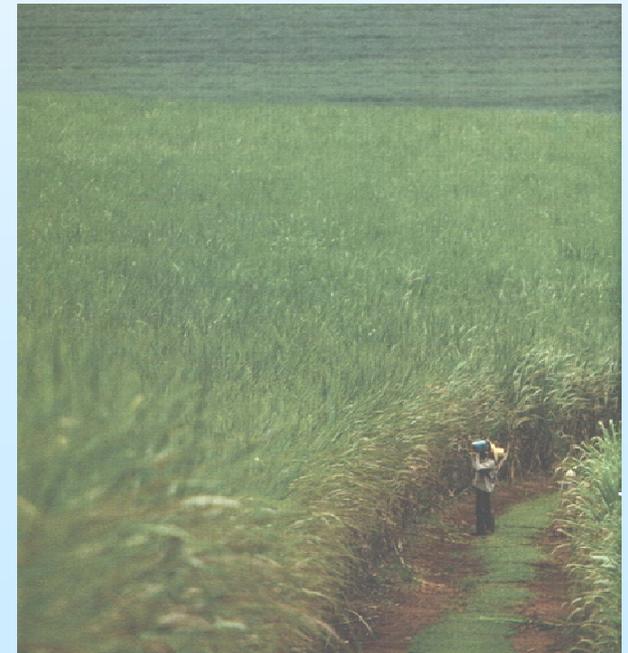


La industria de biocombustibles necesita:

- Cantidades masivas de carbono orgánico.
- Tecnología para transformarlo en combustible útil, ya sea termoquímico o microbiano

Ejemplos

- ✓ Líquido: etanol, biodiesel
- ✓ Solido: bagazo, leña
- ✓ Gas: biogás, syngas



Transformación de biomasa en biocombustible

• Microbiana

- Alcohol etílico, producto de fermentación
- Fermentación bacteriana de otros alcoholes
- Producción de lípidos por microalgas
- Producción de biogás por procesos microbiano en condiciones anaerobias

● Química

- Producción de syngas por síntesis de Fischer Tropsch
- Producción de syngas en reactor de plasma
- Conversión directa de materia orgánica a biopetroleo (Changing World Technologies, Inc.)
- Aceite vegetal a biodiesel por transesterificación
- Producción de syngas y carbón por pirólisis de desperdicios sólidos

Puerto Rico tiene espacios limitados

Cultivo	Rendimiento anual L/año	Valor energético Eqv. en barriles de petróleo	Fracción de combustible fósil
Aceite de ricino	7.1×10^7	2.8×10^5	0.4%
Aceite de girasol	4.8×10^7	1.9×10^5	0.3%
Aceite de coco	13.4×10^7	5.3×10^5	0.8%
Aceite de microalgas	7.5×10^8	3.0×10^6	4.4%

Área cultivada 50,000 ha

¿Por que algas marinas?

- El cultivo de macroalgas es una industria ya establecida
- Estudios en la Florida demuestran la viabilidad técnica
- Gran interés de invertir y comercializar el cultivo de macroalgas para la producción de energía a gran escala



Ulva lactuca

¿Porque algas marinas?

- El rendimiento es mayor que la cosecha de biomasa terrestre
- No compite con el uso de terreno para la agricultura
- El único espacio disponible para la expansión de cultivos de biomasa son los mares
- Puerto Rico es una isla con una ZEE de 18.8M hectáreas



Northern Kelp Forest

Centros para producción de energía a partir de algas marinas

- La producción de biocombustibles utilizando biomasa de algas es una alternativa real, y esta siendo implementada en las zonas marítimas de varios países (Lista parcial).
 - Proyecto de Corea del Sur. Invertirá en la creación de 34,800 ha para el cultivo de algas en sus costas para el 2020
 - Proyecto de Escocia. El proyecto de BioMara invertirá \$8 millones en un centro de investigación para la probar la viabilidad de conversión de algas a biocombustibles en el Reino Unido
 - CORFO Chile. Invertirá en un proyecto de bio-etanol a base de algas
 - Proyecto de Italia en Venecia. Anuncio un proyecto para capturar las algas marinas *Sargassum muticum* y *Undaria pinnatifida* y generar 40MW de energía a partir de biocombustible de algas
 - Proyecto de Japón. En el 2007 se propuso un proyecto donde se querían dedicar 10,000km² de suelo marino para el cultivo de algas marinas, con fin de convertirlas en materia prima de biocombustibles (Mitsubishi)
 - Proyecto de Argentina. Oil Fox Argentina y Biocombustibles de Chubut anunciaron en 2008 que están persiguiendo la producción de biodiesel a partir de algas marinas

Zona Económica Exclusiva



Requisitos para el éxito

- Puerto Rico pueda aprovechar la ZEE
- Tecnología de cultivo sumergido y resistente a huracanes
- Puerto Rico esta dispuesto a considerar soluciones alternas e innovadoras de energía



QUEMA DE BIOMASA			
	Pesimista	Optimista	Unidades
Área cultivada	100,000	100,000	hectáreas
Rendimiento (sólidos secos/ha/año)	20	50	toneladas métricas/ha
Valor energético (quema a granel - solido seco)	2.5×10^{13}	5×10^{13}	kJ/año
Contenido de humedad	89	70	% de humedad a ser removido
Fracción de energía para secar algas	> 100 %	68	% de energía consumido al secar algas
Est consumo de energía interno	25	25	% de energía consumido en la cosecha y otros procesos
Rendimiento neto de energía	<0	18	Equiv. de barril de petroleo/ha
Rendimiento neto de energía	< 0	1.80×10^6	Equiv. de barril de petroleo/año
% de necesidad energética de PR	< 0	2.64%	(basado en el consumo de 2006/07)
Tamaño de plantaciones para suplir 50% del consumo	n/a	1.89×10^6	Hectáreas cultivadas necesarias

CONVERSION EN BIOGAS			
	Pesimista	Optimista	Unidades
Área cultivada	100,000	100,000	Hectáreas
Rendimiento (sólidos secos/ha/año)	20	50	toneladas métricas/ha
Estimado de consumo interno de energía	2/3	2/3	por ciento de energía consumida en el cultivo y otros procesos
Calidad de biogás	65.00%	70%	Contenido de metano
Estimado de calor de biogás	20,500	22,100	Valor térmico (KJ/M ³)
Rendimiento neto de energía	5.3	14.3	Equiv .de barril de petroleo/ha
Rendimiento neto de energía	5.30×10^5	1.43×10^6	Equiv. de barril de petroleo /año
% de necesidad energética de PR	0.78%	2.10%	(basado en el consumo de 2006/07)
Tamaño de plantaciones para suplir 50% del consumo	6.43×10^6	2.38×10^6	Hectáreas cultivadas necesarias

Componentes Necesarios

- **Reciclaje cerrado de nutrientes**
- **Selección de la especie con mayor rendimiento energético**
- **Desarrollo de métodos, equipo y tecnologías para la crianza, cosecha y transporte de macroalgas a gran escala.**
- **Optimización en la conversión de macroalgas a combustible**
- **Inversión de capital**
- **Ámbito regulatorio**
- **Producción por temporadas (Octubre - Julio)**
- **Compromiso de las agencias gubernamentales**
- **Estudios de viabilidad económica**
- **Plan de manejo para el tratamiento de aguas usadas de la planta**

Conclusiones

- La biomasa terrestre no puede aportar significativamente a la reducción del consumo de combustibles fósiles importados a Puerto Rico.
- Teóricamente la biomasa marina podría remplazar 100% de los combustibles fósiles importados a Puerto Rico
- Falta mucha investigación y desarrollo



Agradecimientos

- Esta investigación esta financiada por el US DOD grant # W911NF-11-0218, con el apoyo del decanato de Ciencias Naturales y el departamento de Ciencias Ambientales de la UPR-Río Piedras, UPR-Mayagüez, Biolípidos de Puerto Rico y la Universidad de Georgia en Athens.

GRACIAS

