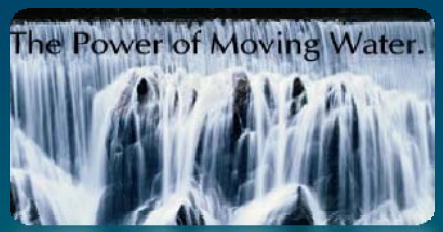
EL AGUA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE



Fernando Gilbes Santaella, Ph.D.

Departamento de Geologia

Centro CoHemis

Recinto Universitario de Mayagüez

fernando.gilbes@upr.edu

EL INSTITUTO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS DEL COLEGIO DE INGENIEROS Y AGRIMENSORES DE PUERTO RICO LES INVITAN A PARTICIPAR DEL

ELECTROVIERNES 2009

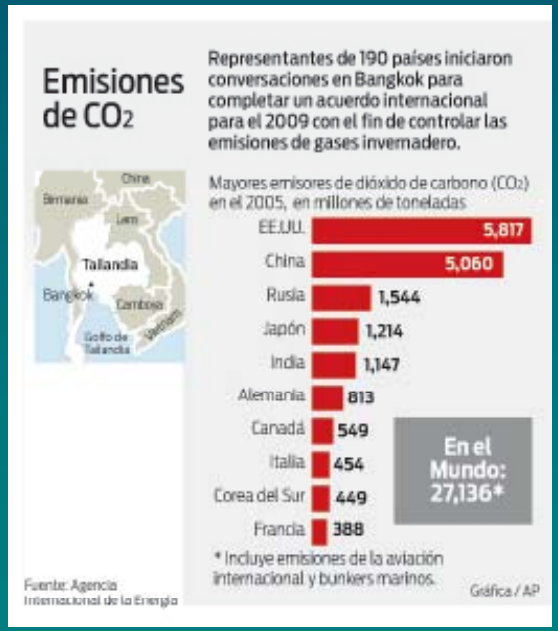
EN EL MEGA VIERNES COLEGIAL

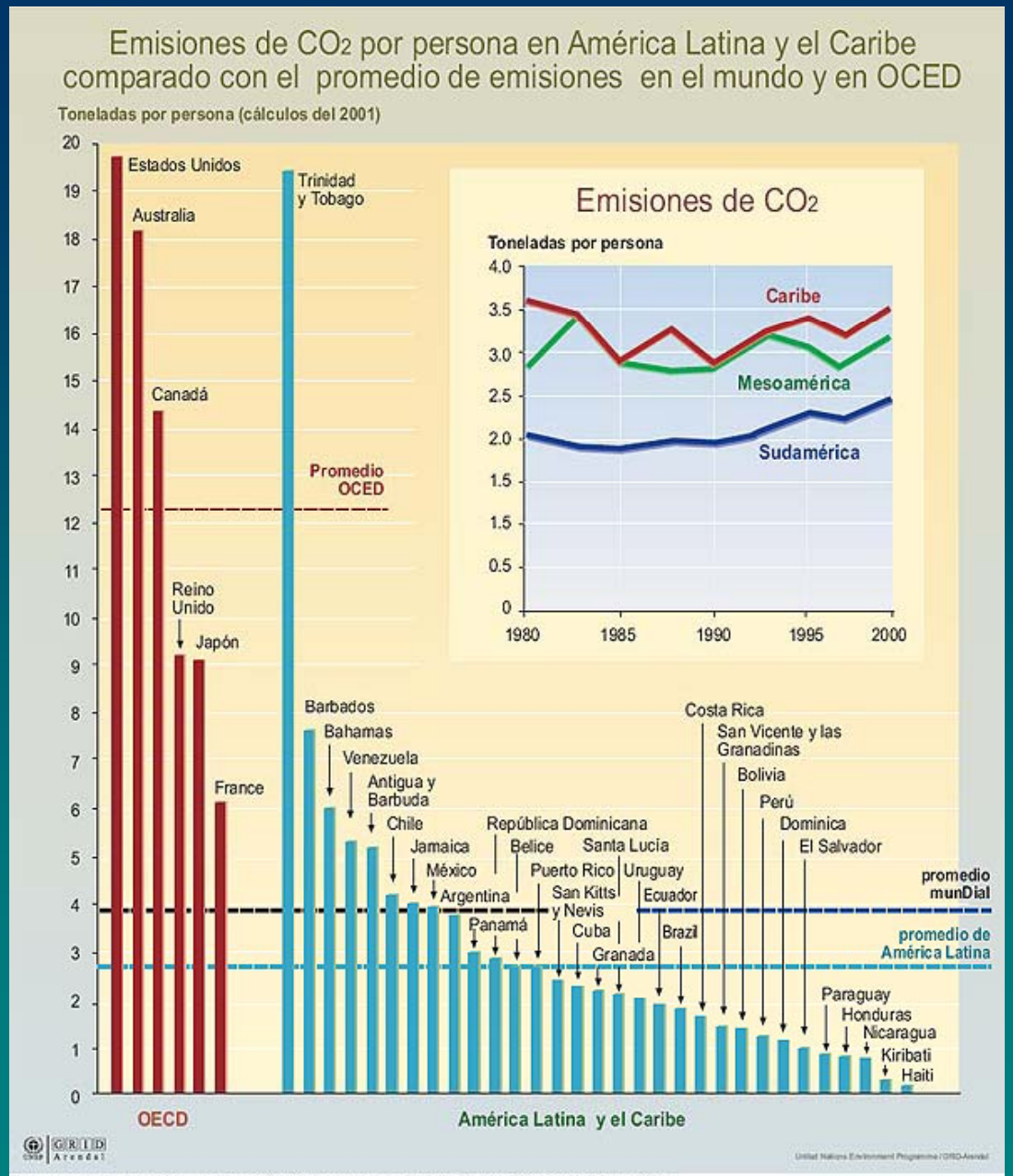
¿Por que necesitamos fuentes renovables de energía?

Calentamiento Global

Apoyado por el informe del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

CO2

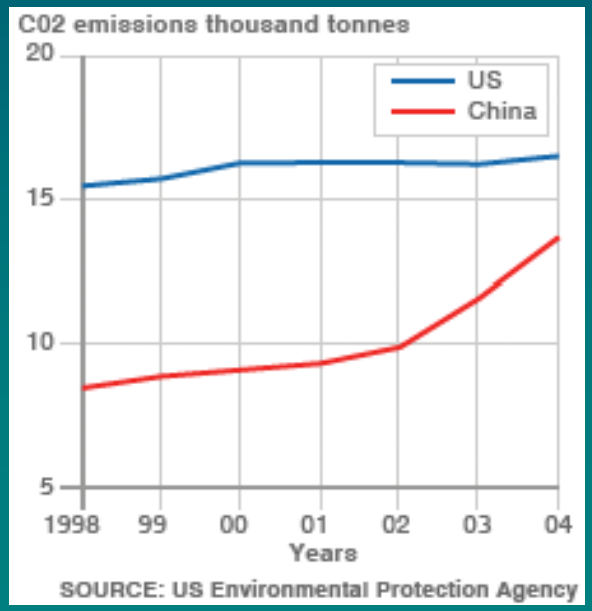

Emisiones de CO2
Representantes de 190 países iniciaron conversaciones en Bangkok para completar un acuerdo internacional para el 2009 con el fin de controlar las emisiones de gases invernadero.
Mayores emisores de dióxido de carbono (CO2) en el 2005, en millones de toneladas
EE.UU. 5,817
China 5,060
Rusia 1,544
Japón 1,214
India 1,147
Alemania 813
Canadá 549
Italia 454
Corea del Sur 449
Francia 388
En el Mundo: 27,136*
* Incluye emisiones de la aviación internacional y bunkers marinos.
Gráfica / AP
Fuente: Agencia Internacional de la Energía
China
Alemania
Laos
Tailandia
Bangkok
Camboya
Golfo de Tailandia
Vietnam


Emisiones de CO2 por persona en América Latina y el Caribe comparado con el promedio de emisiones en el mundo y en OCED
Toneladas por persona (cálculos del 2001)
Estados Unidos
Australia
Canadá
Reino Unido
Japón
France
Trinidad y Tobago
Promedio OCED
Barbados
Bahamas
Venezuela
Antigua y Barbuda
Chile
Jamaica
México
Argentina
Panamá
República Dominicana
Belice
Puerto Rico
San Kitts y Nevis
Cuba
Granada
Santa Lucía
Uruguay
Ecuador
Brazil
Costa Rica
San Vicente y las Granadinas
Bolivia
Perú
Dominica
El Salvador
Paraguay
Honduras
Nicaragua
Kiribati
Haiti
promedio munDial
promedio de América Latina
OECD
América Latina y el Caribe
Emisiones de CO2
Toneladas por persona
Caribe
Mesoamérica
Sudamérica
1980
1985
1990
1995
2000
GRID Arendal
Fuentes: Indicadores del Banco Mundial, 2004; Centro de Información de Análisis del Dióxido de Carbono, 2004
WRI, Earth Trends, Climate and atmosphere, Trinidad and Tobago: http://earthtrends.wri.org/pdf_library/country_profiles/Cli_cou_780.pdf

BBC NEWS Monday, 14 April 2008

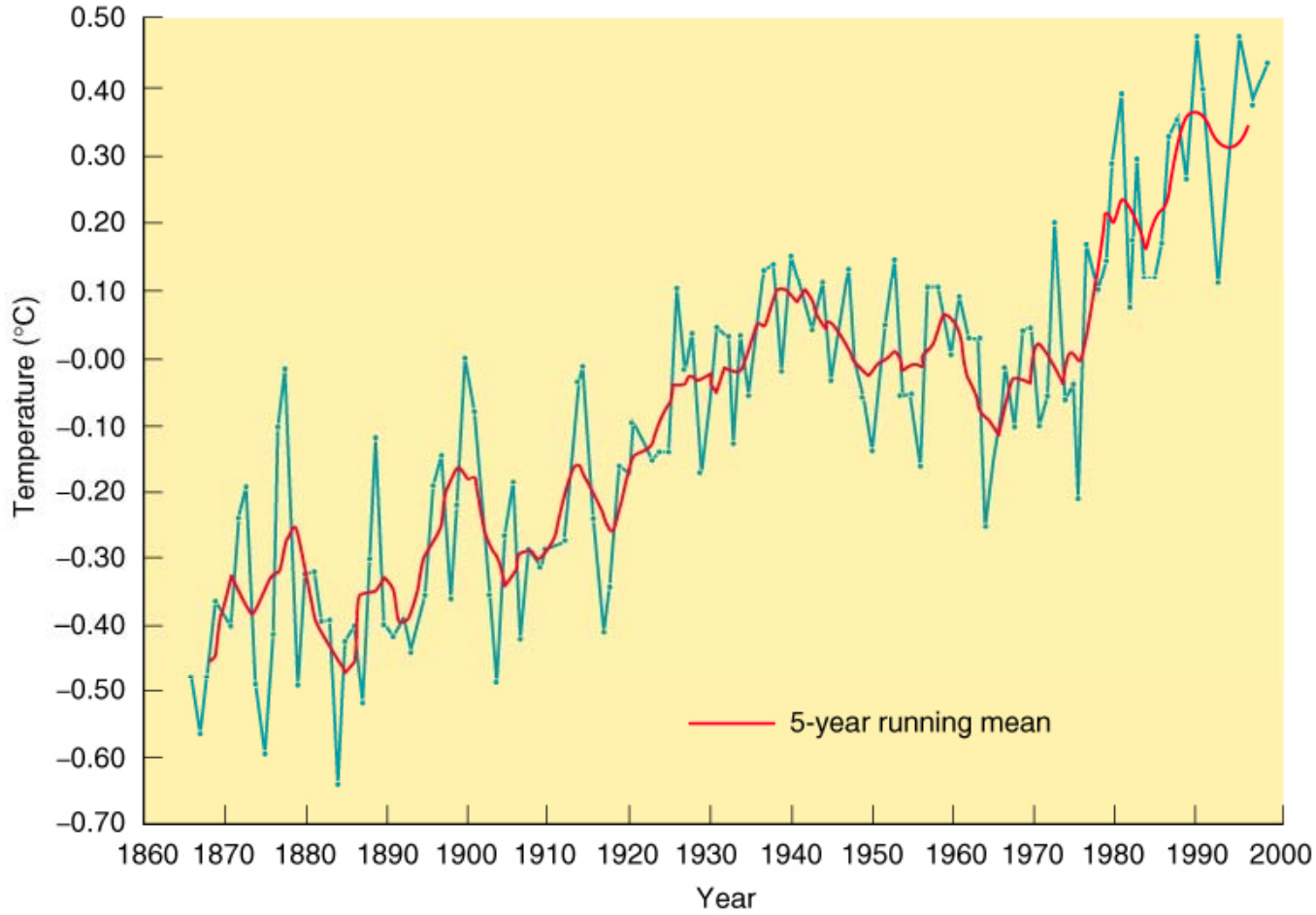
China 'now top carbon polluter'

China has already overtaken the US as the world's "biggest polluter", a report to be published next month says.



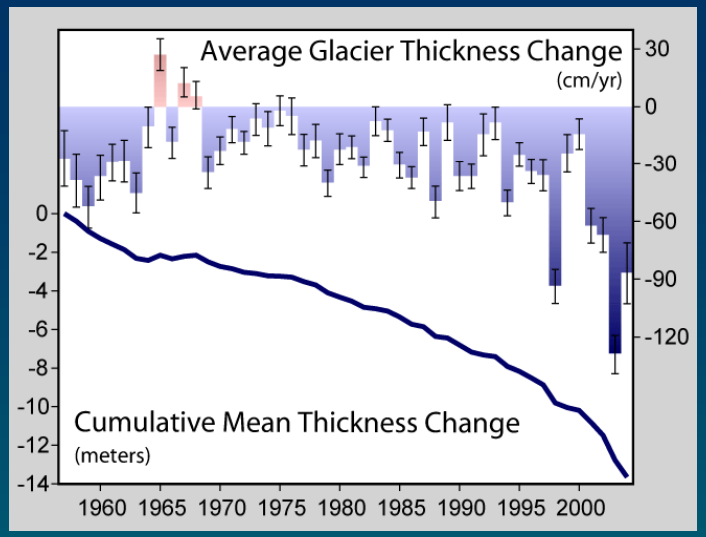
Global carbon emissions statistics were last published in 2004. They show Chinese emissions began rising rapidly in 2002. University of California research suggests China overtook the US as the worst producer of carbon emissions in 2006

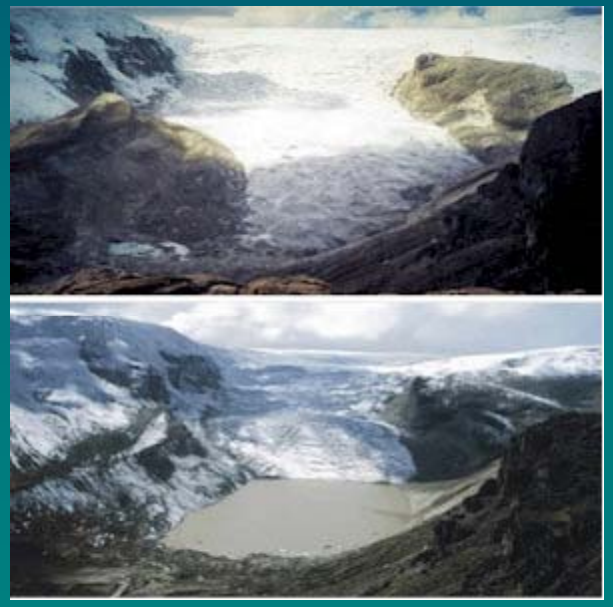
ANNUAL MEAN AIR TEMPERATURES FROM 1866 TO 1997 FOR THE WORLD'S LAND AREAS



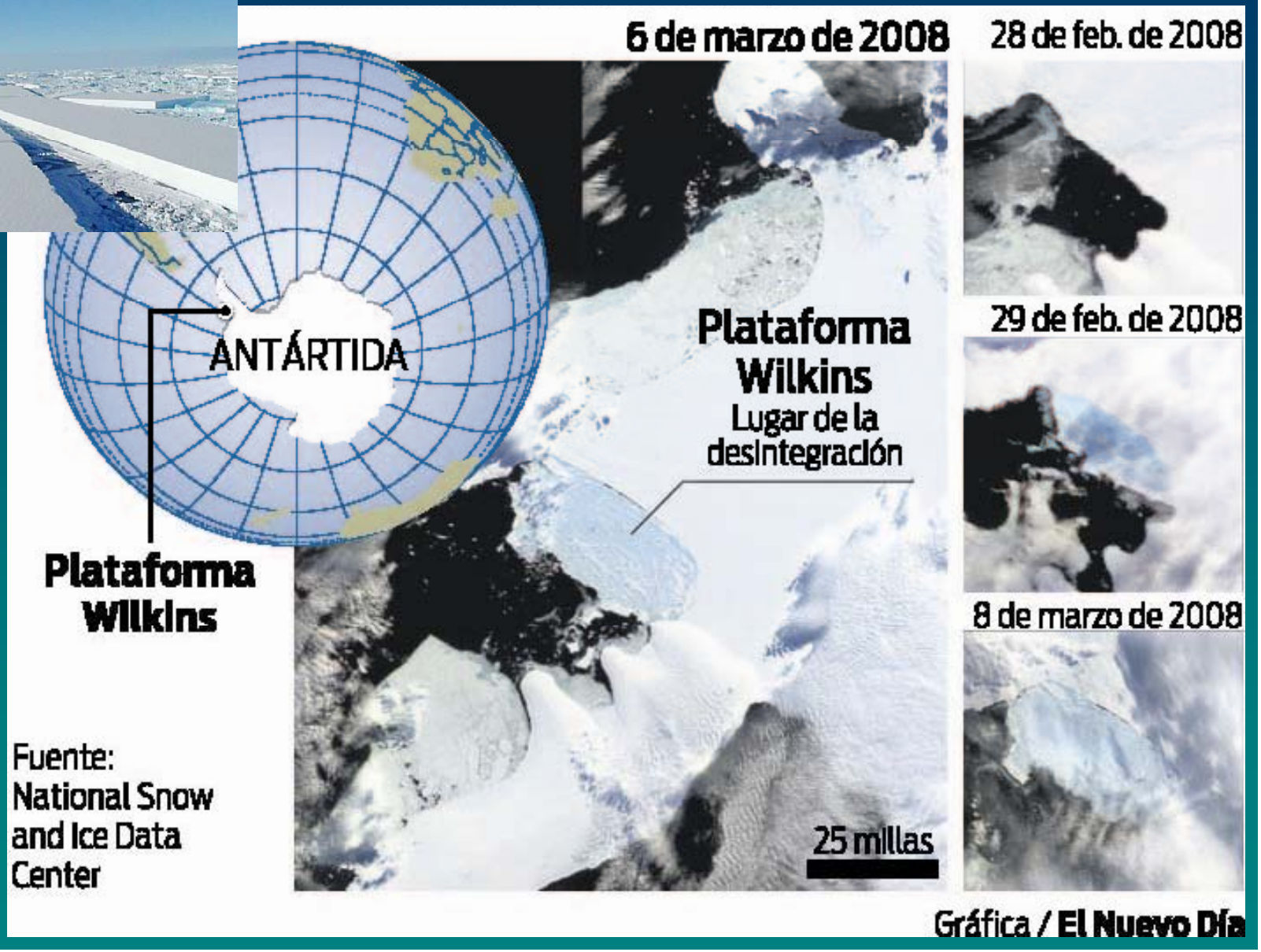
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

MELTING OF THE CRYOSPHERE DUE TO CLIMATE CHANGE

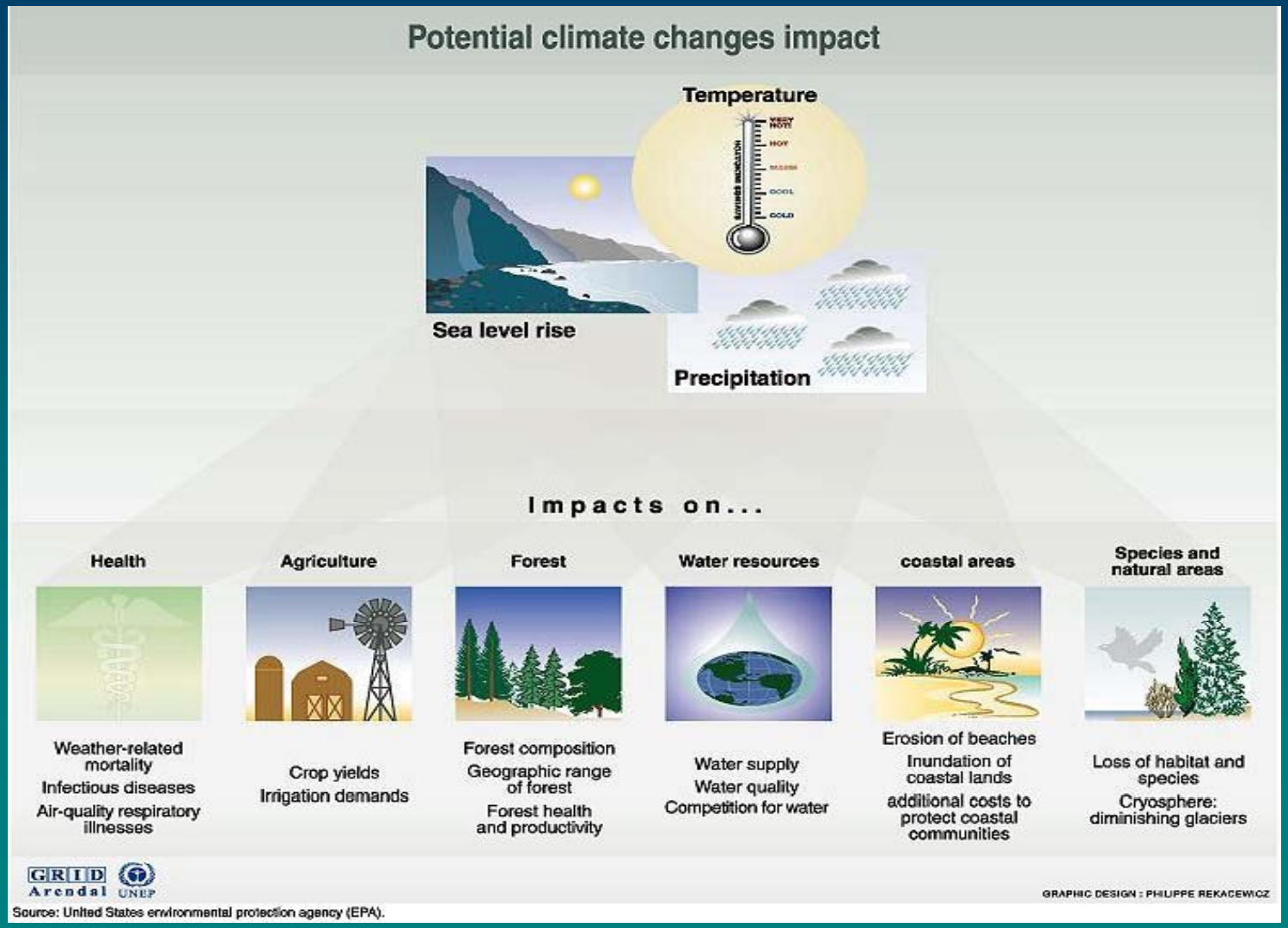




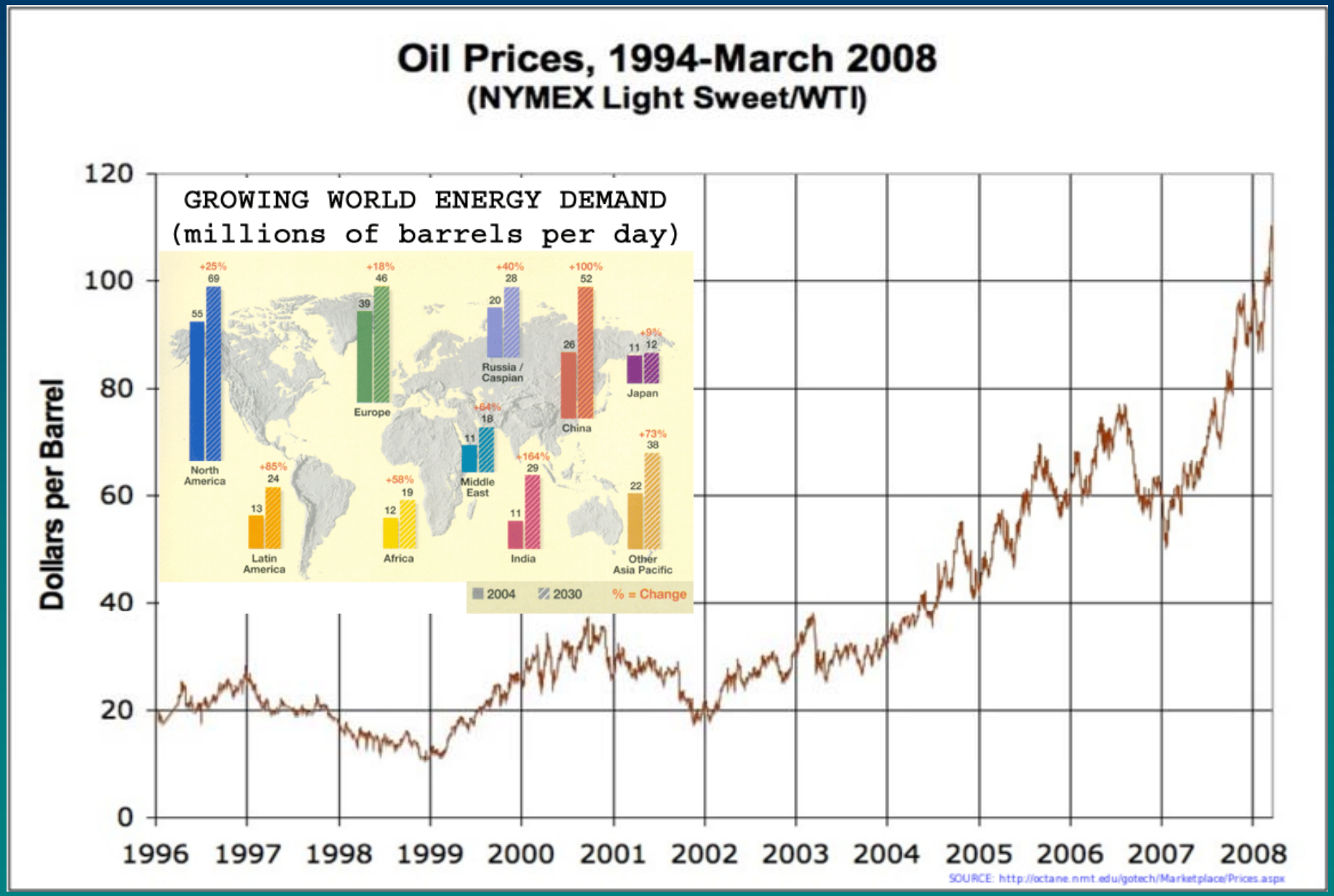
FRACTURA EN LA ANTARTIDA 2008



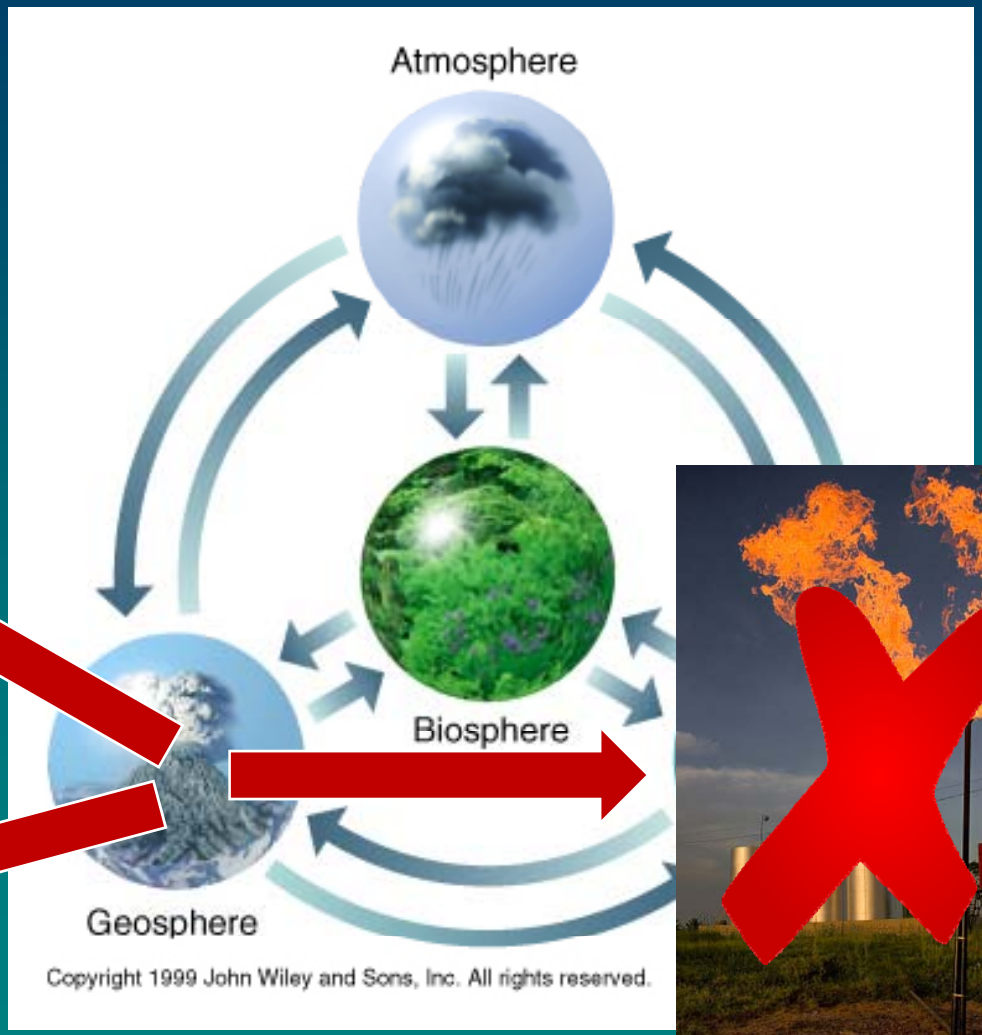
Cambio Climático



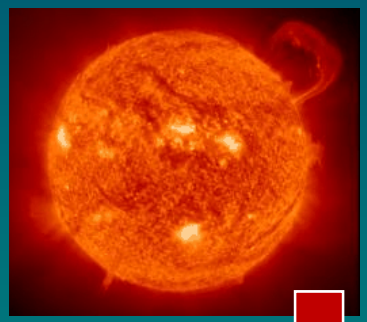
Situacion con el Petroleo



Energía de nuestro planeta…

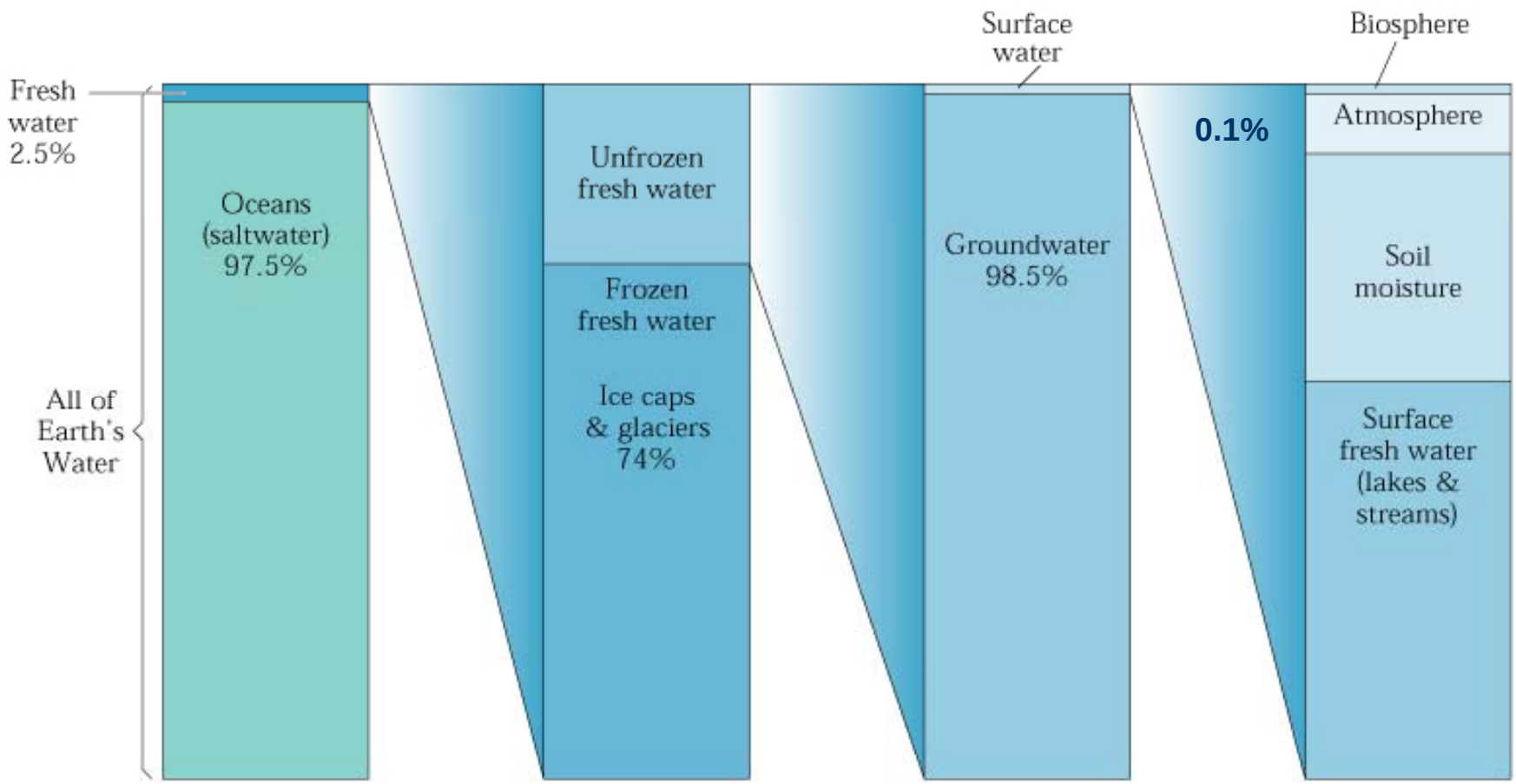


Energía Renovable



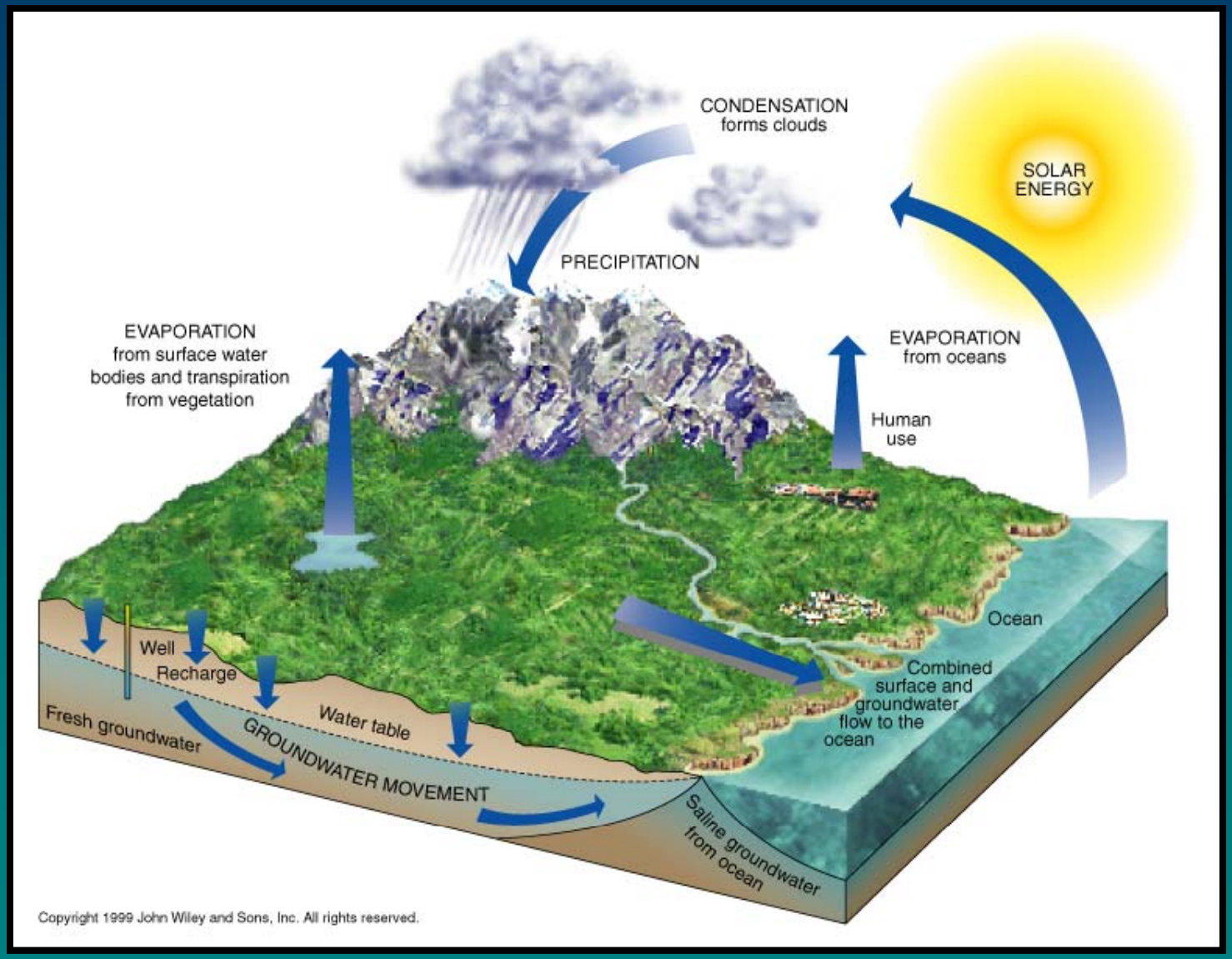
EL PLANETA AZUL

EL AGUA EN LA TIERRA

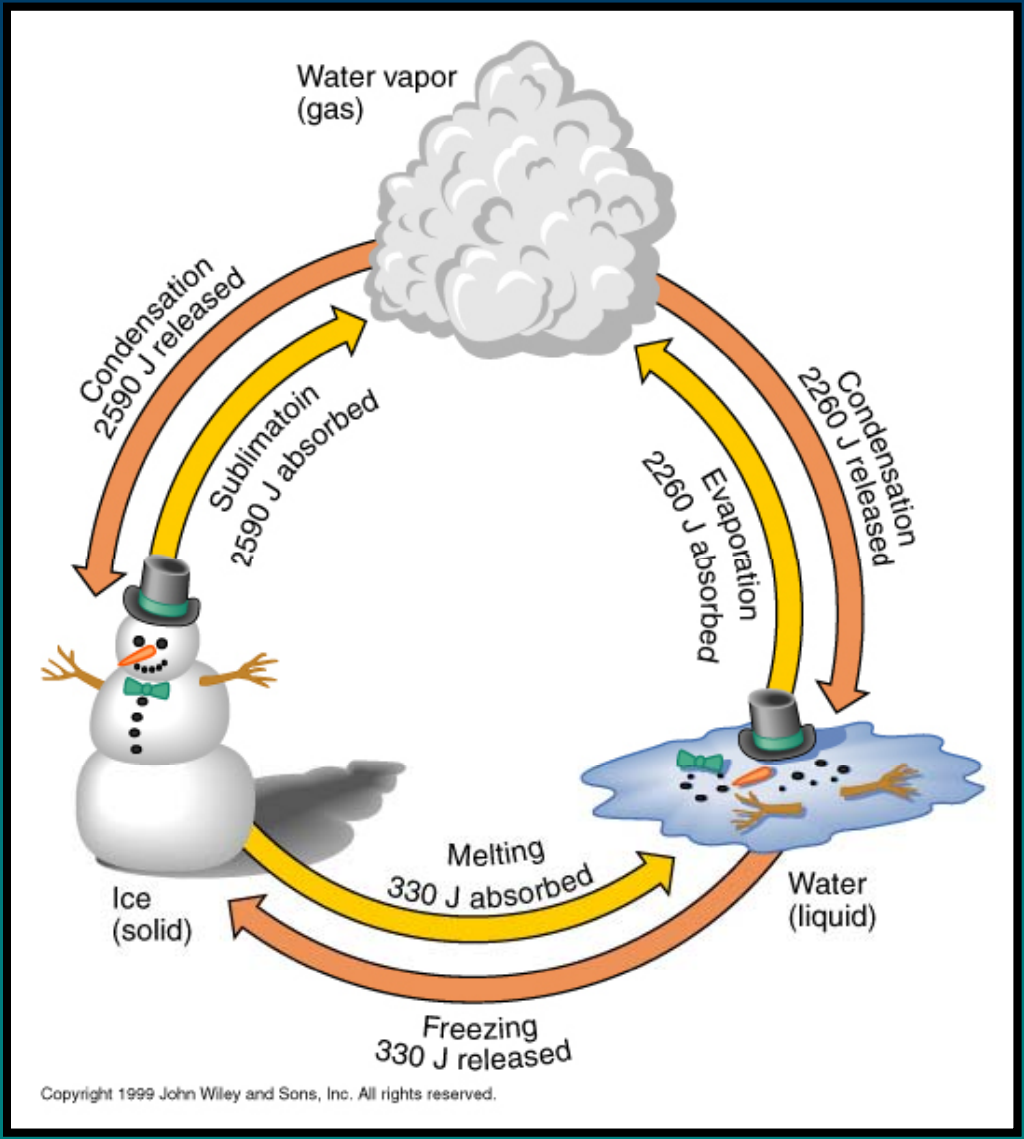


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Ciclo Hidrológico



Energia en el Ciclo Hidrológico



LATENT HEAT

Amount of heat absorbed or released from a gram of H_2O during a change of state.

HIDROELECTRICIDAD

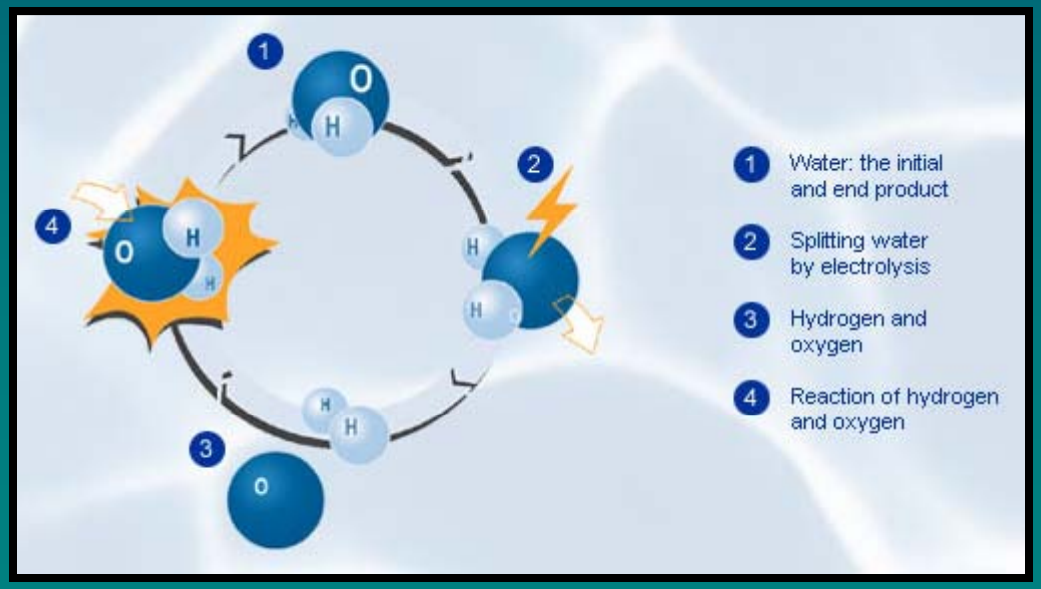
- Es una fuente de energia renovable con la cual se genera electricidad a traves de “hidropotencia” (hydropower), que es la fuerza producida por el movimiento del agua.
- No genera desperdicios y no produce dioxido de carbono (CO2) que altere los gases de invernadero.
- Produce cerca de 715,000 MWe o el 19% de la electricidad mundial, lo que representa sobre el 63% del total de electricidad de fuentes renovables (estimado del 2005).

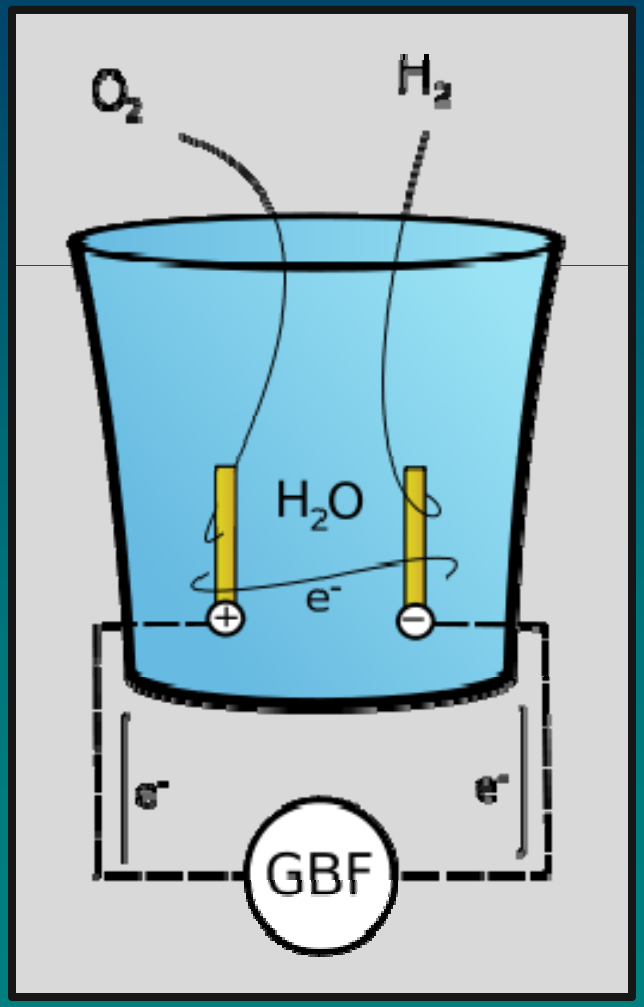
MODOS DE GENERAR ENERGIA CON AGUA

- RUEDAS DE AGUA-usadas por cientos (miles?) de años para generar potencia para diversos usos, como mover maquinaria.
- HIDROELECTRICAS-usualmente se refiere a plantas instaladas en embalses o rios.
- SIN REPRESAS-captura la energia cinetica (de movimiento) en rios y oceanos.
- DE MAREA-captura la energia de mareas en direccion horizontal o vertical.
- DE OLAS-usa la energia en las olas.
- OCEANOTERMAL-diferencias en temperatura del agua.

Electrolysis Energy

During electrolysis water is split into its components of hydrogen and oxygen. The hydrogen is stored and the oxygen is needed in the vehicle for the combustion of the hydrogen. The combustion process generates energy and water as a waste product, which returns to the natural water cycle. And so with the aid of regenerative energy suppliers, an emission-free fuel is obtained that ensures the pleasure of driving will be retained in the future.



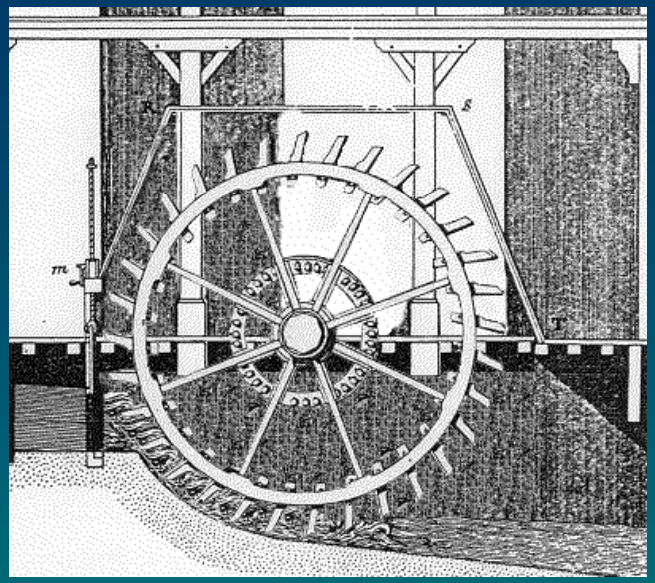


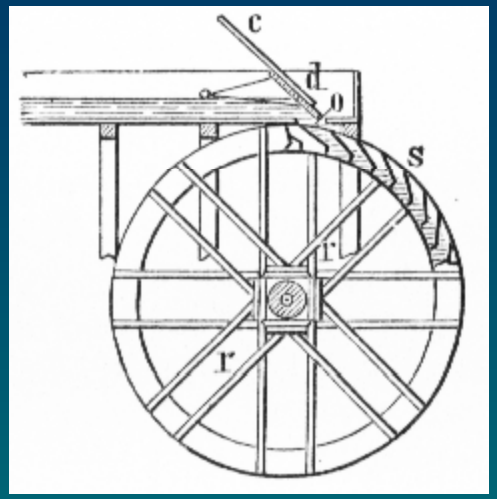
Water Wheel History

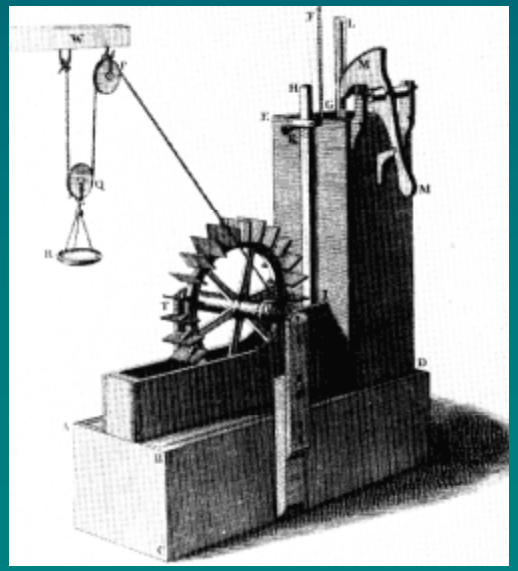
- Water wheels dates back to ~4000 B.C.
- Water wheels employed the first method of creating mechanical energy that replaced humans and animals.

Ancient Mesopotamia
Ancient India
Greco-Roman Mediterranean
Ancient China
Islamic Period
Medieval Europe and Modern

RUEDAS DE AGUA





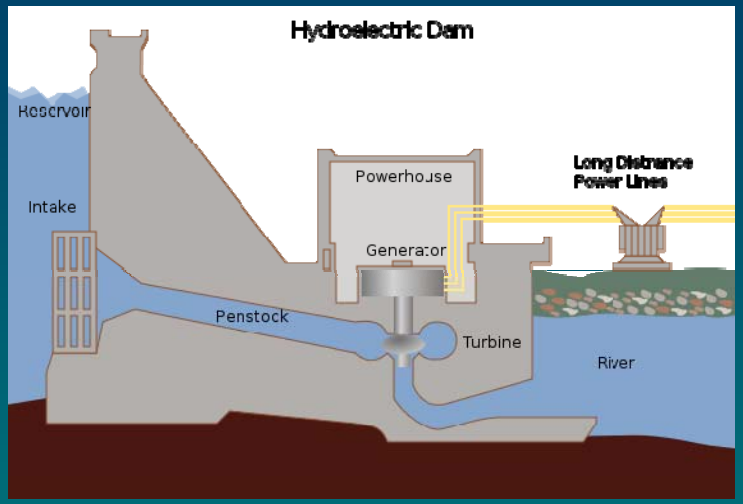


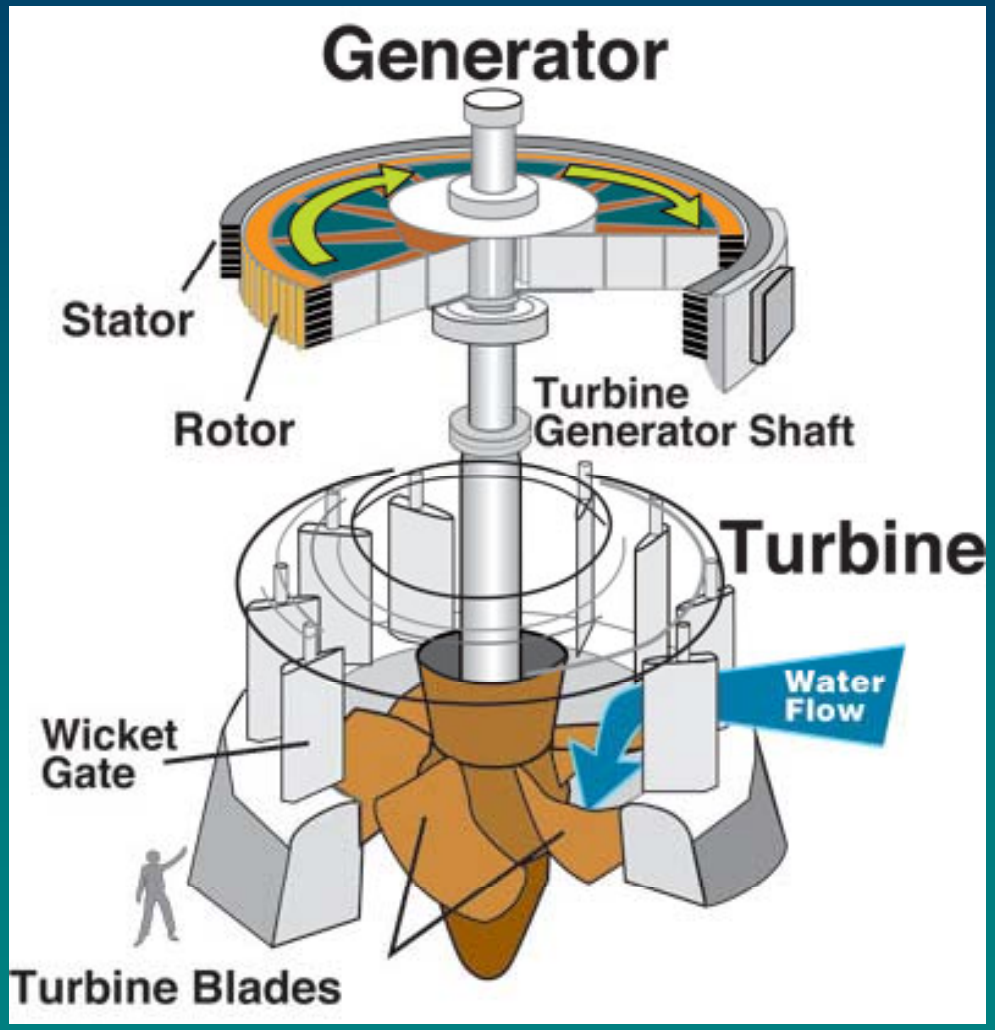
RUEDAS DE AGUA

RUEDAS DE AGUA

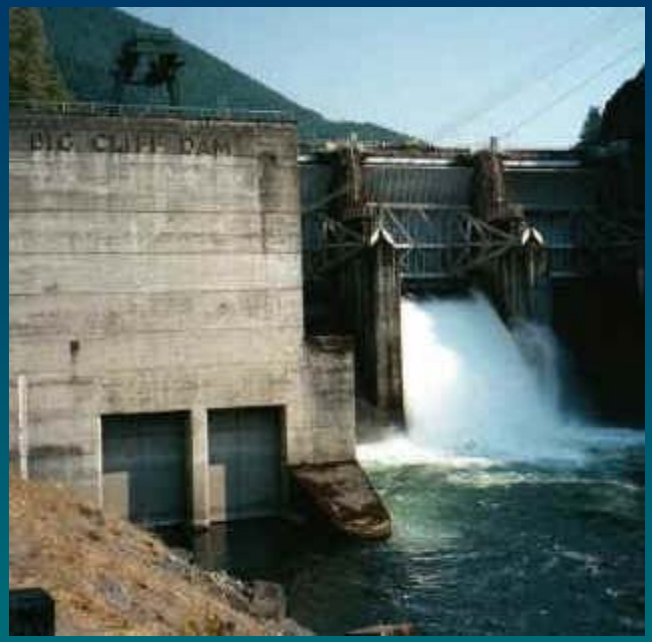
HIDROELECTRICAS

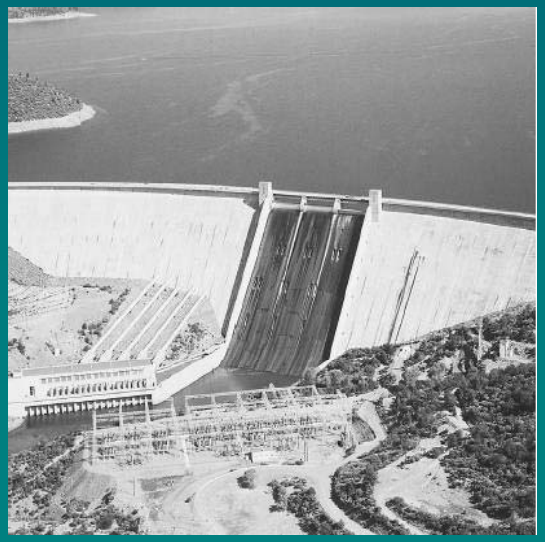
HIDROELECTRICAS



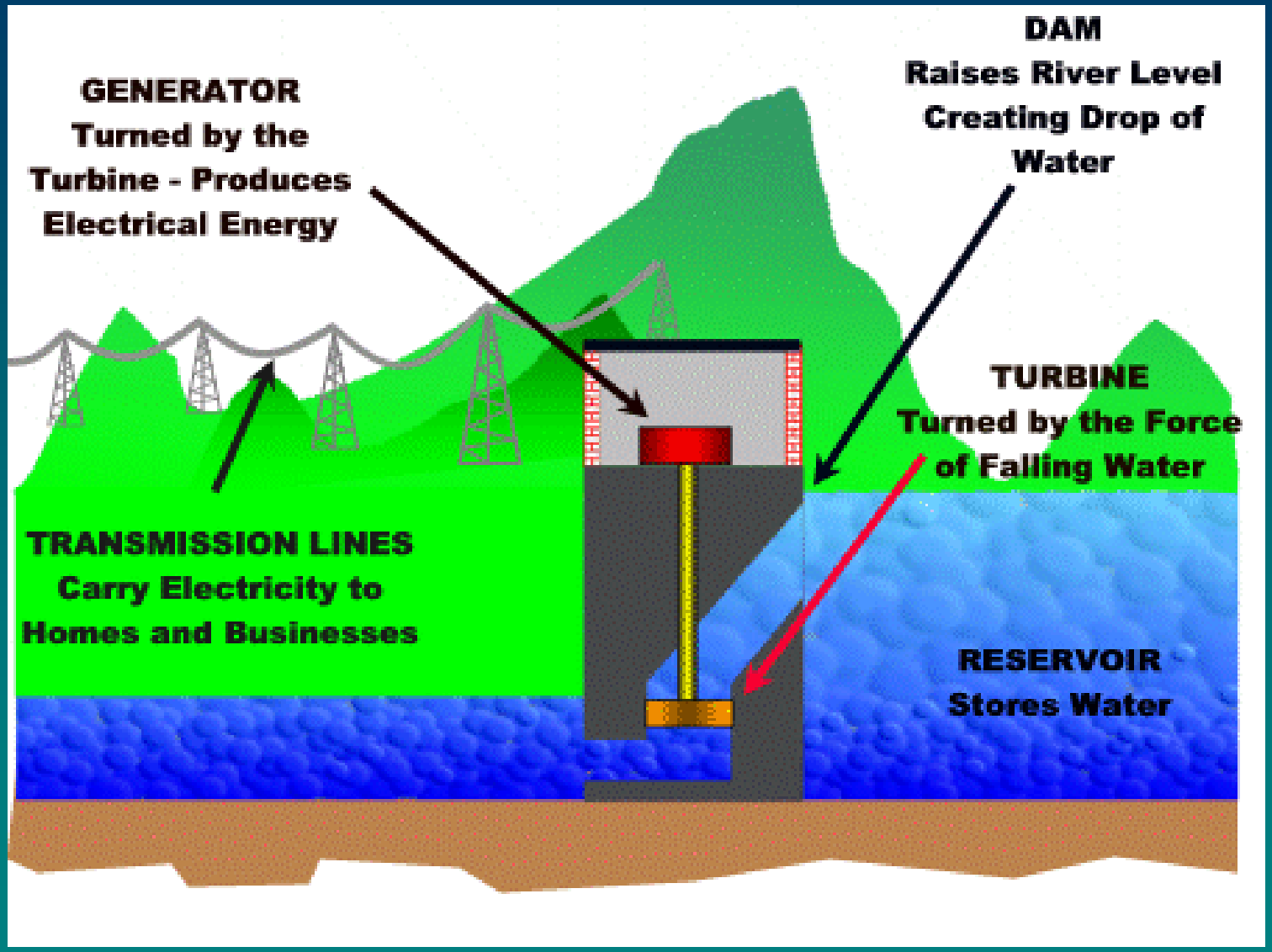


HIDROELECTRICAS





HIDROELECTRICAS



SIN REPRESAS

ALIANZA CIUDADANA PARA LA
EDUCACIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE

GENERACIÓN DE ENERGÍA CON AGUA EN EL PLANETA Y EN PUERTO RICO

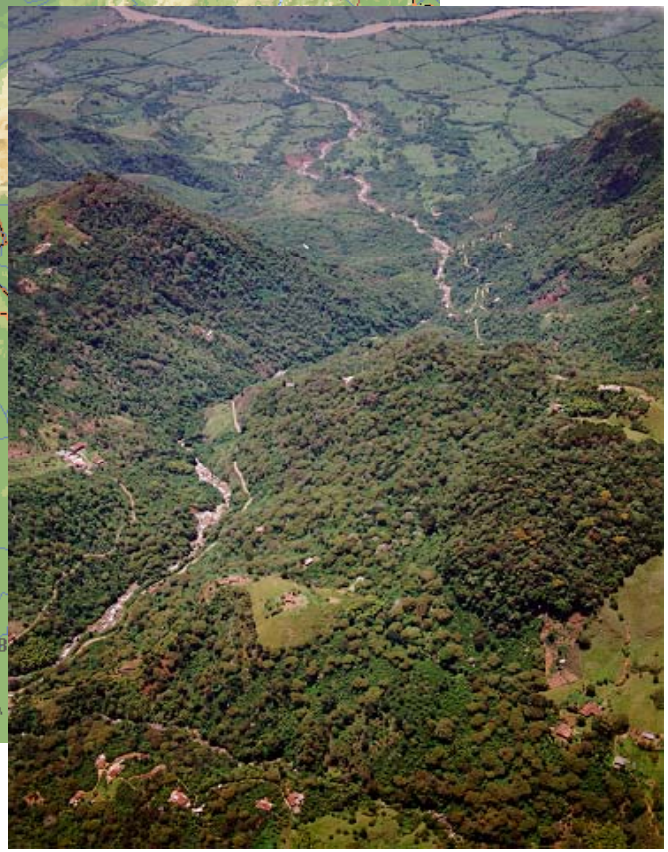
LA PEQUEÑA Y MEDIANA HIDROELECTRICIDAD EN MERCADOS COMPETITIVOS:

CASO RÍO PIEDRAS COLOMBIA

POR:
FEDERICO RESTREPO-POSADA
Medellín – Colombia

Mayagüez, Puerto Rico, Febrero 23 de 2008

3.1 Localización



POR:
FEDERICO RESTREPO-POSADA
Medellín – Colombia

3.2 Características Técnicas

- **Recurso Aprovechado: Río Piedras**
  - Cuenca tributaria: 85 Km2
  - Caudal Medio: 4,3 m3/s

- Período de Construcción: 25 meses

- Características Básicas:
  - Desarrollo del proyecto por la margen derecha del río, totalmente subterráneo.
  - Captación a filo de agua con dimensiones mínimas y túnel superior como pondaje de regulación diaria
  - No requirió nuevas carreteras.
  - Mínima necesidad de predios.
  - Utilización del salto del río entre las cotas 1600 y 900.
  - Utilización de técnicas constructivas sencillas y de equipo liviano sobre llantas neumáticas.

POR:
FEDERICO RESTREPO-POSADA
Medellín – Colombia

3.2 Características Técnicas (Cont.)

- **Captación y Conducciones**
  - Túnel # 1 de pondaje: L=800 m, D= 4.5 m
    Vol.=10.000 m3
  - Túneles a presión 2,3 y 4: L=1.110 m
    D= 2.5 m
  - Pozos 1,2,3 y 4: L=606 m
    D ext. / int.= 2.2 m / 1.1m
  - Tubería de Presión: L=1.715 m, D= 1.1 m
  - Ventanas de Construcción: L= 774 m, D= 4.5 m
  - Túnel de acceso a la central: L= 863 m, D= 5.5 m
  - Túnel de descarga: L= 1.068 m, D= 2.5 m

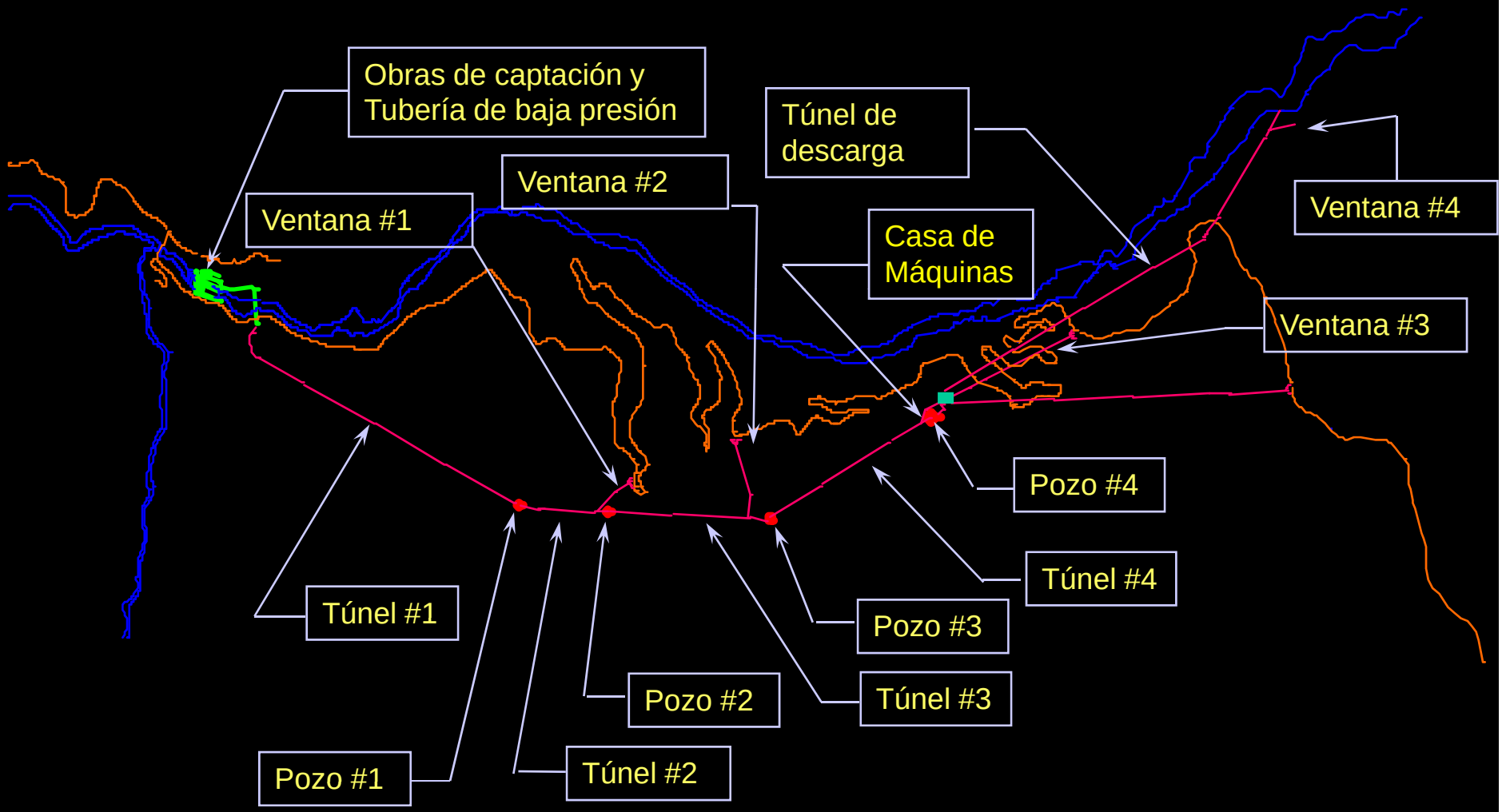
POR:
FEDERICO RESTREPO-POSADA
Medellín – Colombia

3.2 Características Técnicas (Cont.)

- **Central y Línea de Conexión**
  - **Turbinas:** 2 Pelton con sus generadores sincrónicos
  - **Capacidad Instalada total:** 22.4 MW
  - **Energía media anual:** 155 GWh
  - **Factor de Planta:** Promedio: 78%
    Firme: 49%
  - **Caudal de diseño:** 4.0 m3/s = Q promedio hidrológico
  - **Transformadores:** 3
  - **Sistemas de control:** Automatizados de última tecnología
  - **Instrumentación:** hidrológica y climatológica en la cuenca aprovechada para alimentar modelos de predicción de caudales
  - **Línea de transmisión:** 6 Km a la subestación Jericó

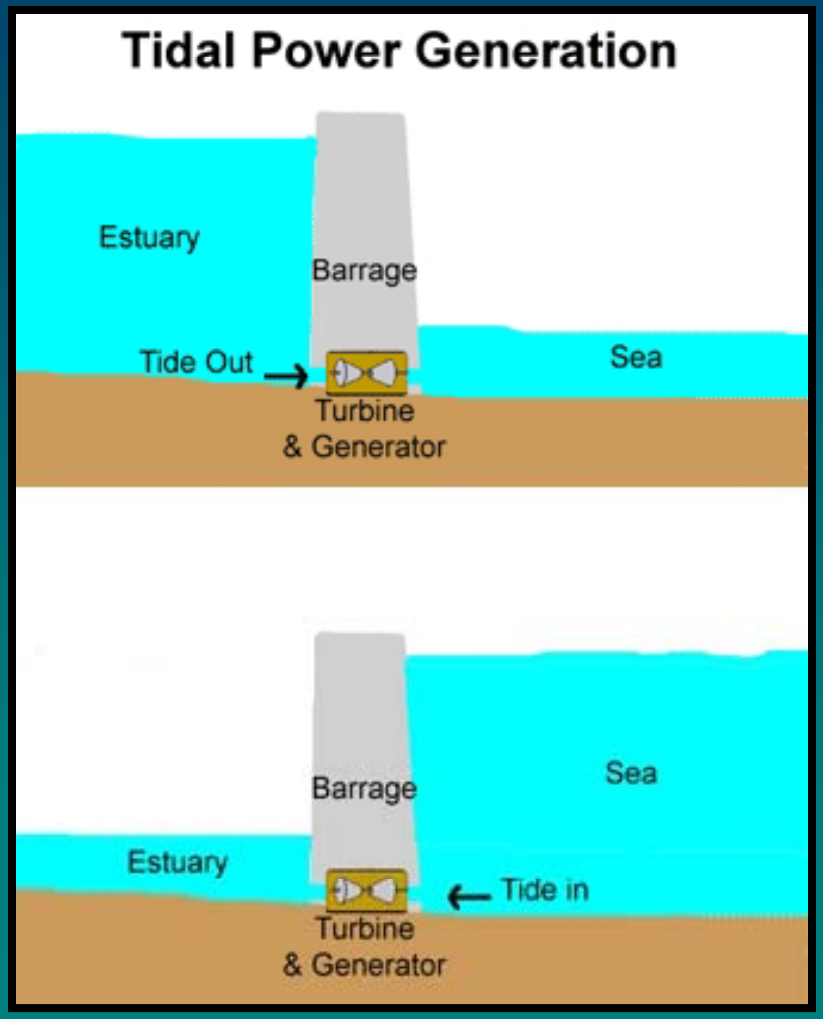
POR:
FEDERICO RESTREPO-POSADA
Medellín – Colombia

Planta General del Proyecto Río Piedras



POR:
FEDERICO RESTREPO-POSADA
Medellín – Colombia

ENERGIA DE MAREA



La marea es el flujo y reflujo (vertical y horizontal) de las aguas debido a la atracción gravitacional del sistema Sol-Tierra-Luna

Marine Current Turbines (MCT)

Marine Current Turbines™
Running with the tide of renewable energy

The Court, The Green, Stoke Gifford, Bristol BS34 8PD
United Kingdom
Tel: +44 (0) 117 979 1888 Fax: +44 (0) 117 906 6140
Email: info@marineturbines.com Website: www.marineturbines.com

For media enquiries, please contact Paul Taylor (Taylor Keogh Communications):
+44 (0)20 3170 8465 / (0)7966 782611

MARINE CURRENT TURBINES OUTLINES PLANS FOR SEAGEN'S INSTALLATION IN STRANGFORD LOUGH
Thursday, 7th February 2008

New plans to install the word's first commercial scale tidal energy system in Northern Ireland's Strangford Lough have today been published by tidal energy company, Marine Current Turbines Ltd.

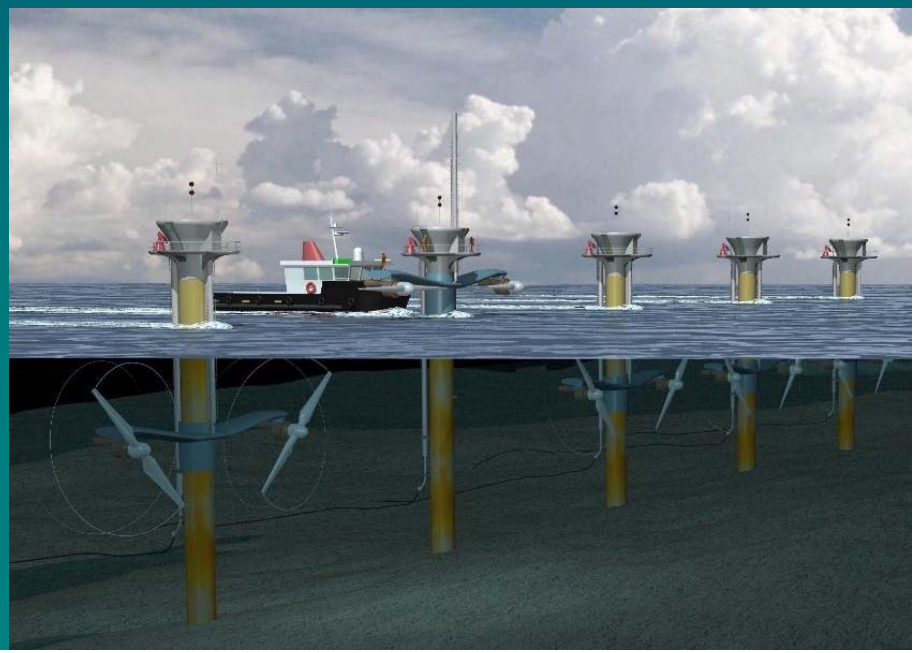
Marine Current Turbines Ltd (MCT) is targeting the installation of its 1.2MW SeaGen tidal system for the end of March, and when deployed in Strangford Lough and connected to the local grid it will generate clean electricity for 1000 homes.

The method of installing the 1.2MW SeaGen device in Strangford Lough has been adapted to enable it to be deployed by a crane barge rather than a larger jack-up vessel. SeaGen will be installed by the crane barge Rambiz, operated by the Belgium company Scaldis, and overseen by MCT's own in-house engineering team in partnership with SeaRoc Ltd, a leading firm of marine engineering consultants. The exercise, which will take up to 14 days, is scheduled to start on March 23rd when the Rambiz barge sails with SeaGen loaded on board from Belfast to Strangford Lough.

The additional fabrication engineering work on SeaGen has been carried out by Scottish firm Burntisland Fabrications Ltd and the final phase of the engineering assembly and mobilisation activity will be undertaken by Harland & Wolff in Belfast before being collected by the Rambiz barge. Once installed and during the 12 week commissioning phase, a team of environmental scientists from Royal Haskoning, Queen's University Belfast and St Andrew's Sea Mammal Research Unit will be in Strangford Lough to closely monitor SeaGen's operation and its interaction with marine life.

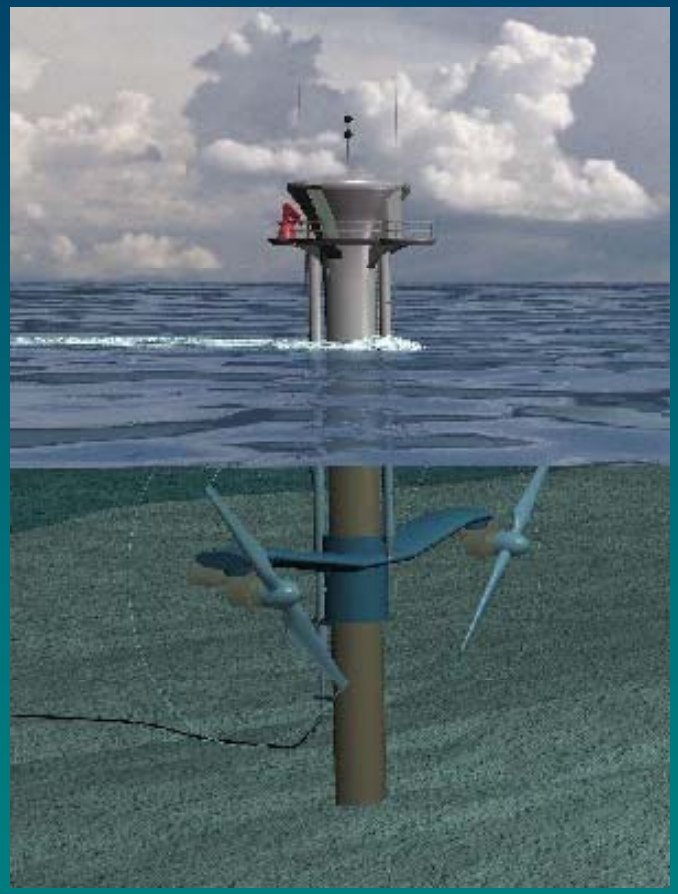
The UK Government's Department of Business, Enterprise & Regulatory Reform (BERR) has provided valuable support to the SeaGen project. Marine Current Turbines has received grant assistance from BERR for the main part of the project's development and has received a further £0.98million

Registered address: The Court, The Green, Stoke Gifford, Bristol, South Gloucestershire BS34 8PD
Company Registration No: 02395158 England



Provisto por Dr. Jorge Capella

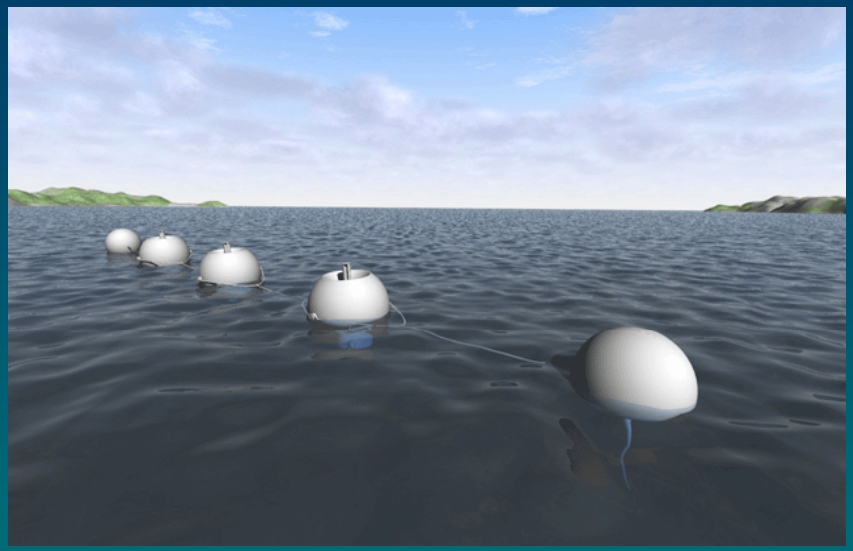
ENERGIA DE MAREA

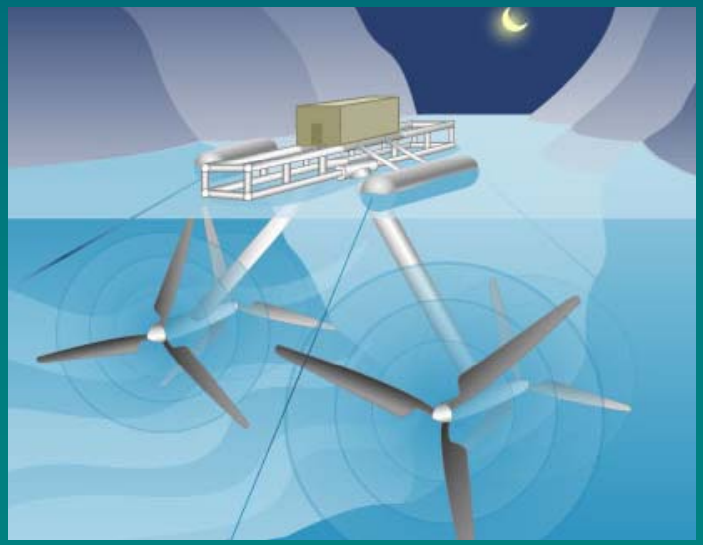


Los requisitos básicos para la generación costo-efectiva de energía eléctrica a partir de la energía cinética de las corrientes mareales, utilizando la tecnología de MCT, son una velocidad pico promedio que exceda los 2.25 a 2.5 m/s (4.5 a 5 nudos) y una profundidad de 20 – 30 m.

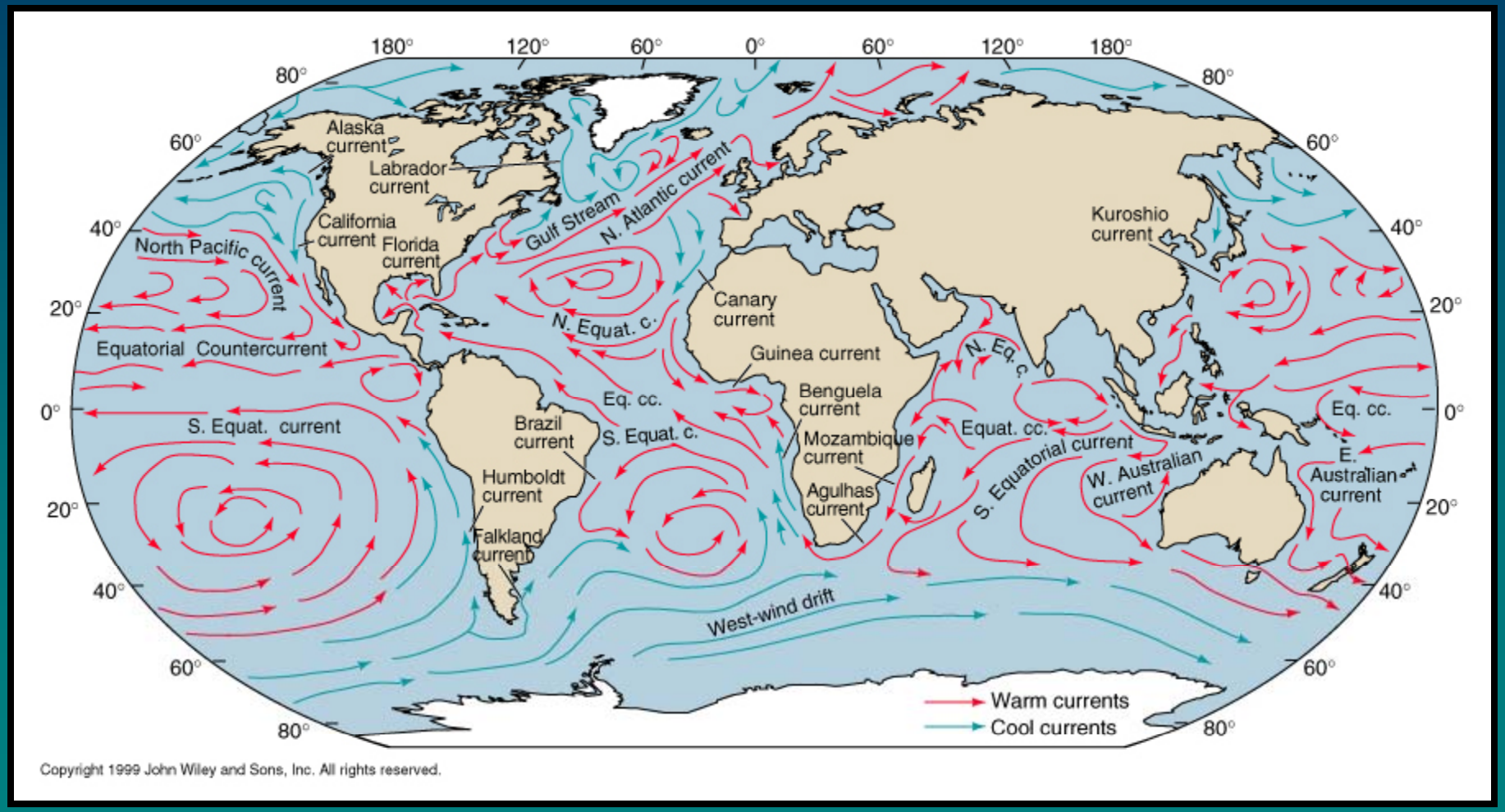
Provisto por Dr. Jorge Capella

ENERGIA DE MAREA





SURFACE OCEAN CURRENTS



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

ENERGIA DE CORRIENTES Y OLAS

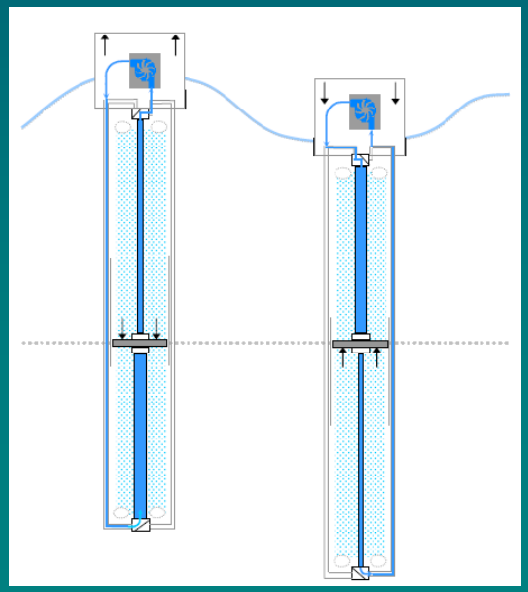
¿Porqué las olas?

- Olas almacenan la energía solar
  - Sol-Viento-Olas
- Cantidades de energía enormes
  - Aproximadamente 1000 veces mayor que el viento
  - Se estima en 2500GW a nivel global
  - 85GW podrían recuperarse con la tecnología actual
  - Recuperar 2% de esa energía es 13% de la demanda mundial actual
- Movimiento es perpetuo en el Globo
  - Factor de uso de olas es aproximadamente de 50% (12h/día)
- Infinita para efectos prácticos

Información de Dr. Lionel R. Orama-Exclusa

Tecnología Disponible

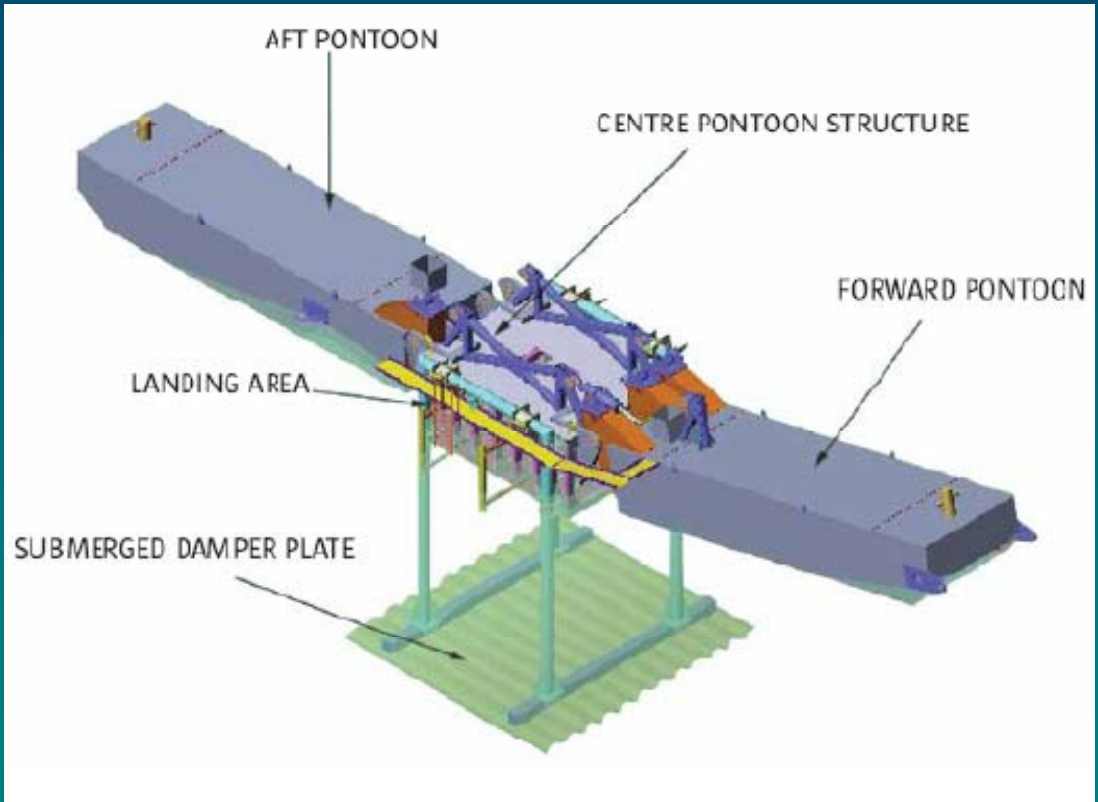
- AquaBuOY
  - 250 kW pico
  - 6 m diámetro
  - 30 m longitud



Información de Dr. Lionel R. Orama-Exclusa

Tecnología Disponible

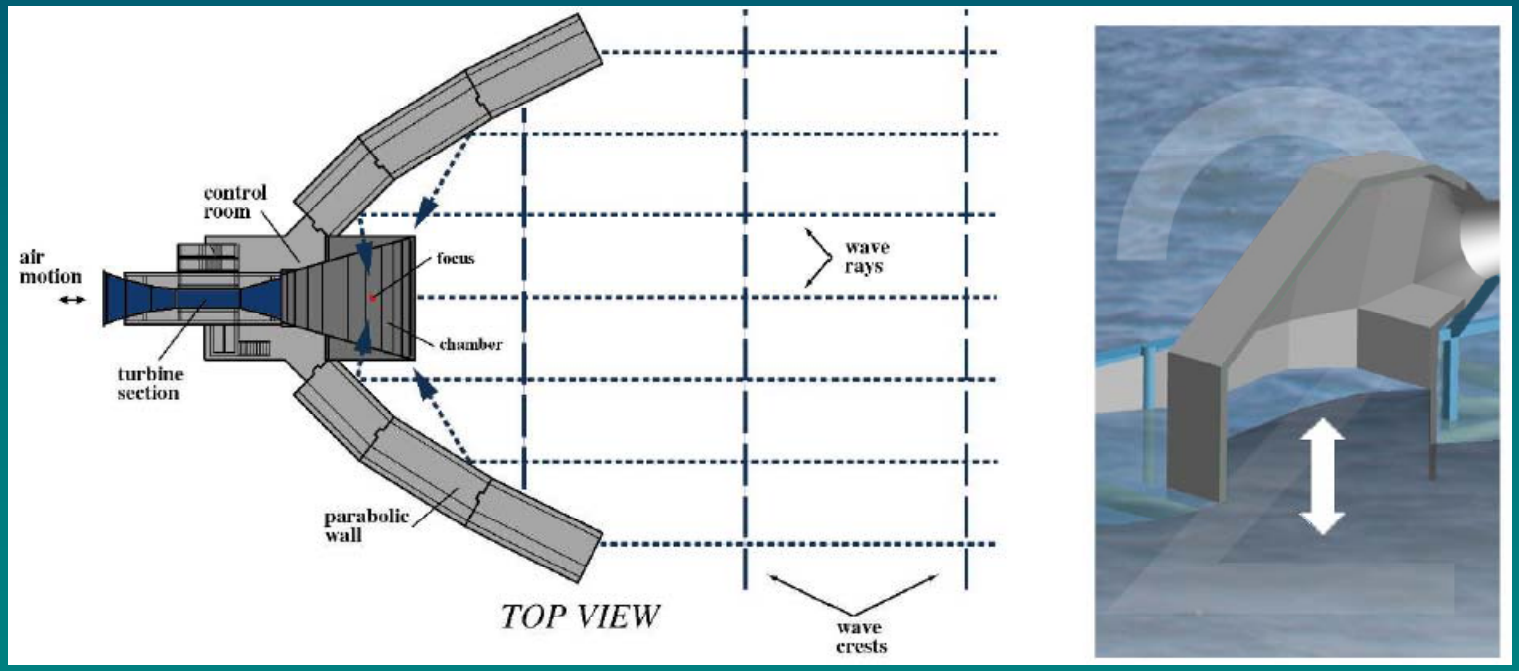
- McCabe Wave Pump
  - 400 kW pico
  - 40 m longitud
  - 5 m ancho



Información de Dr. Lionel R. Orama-Exclusa

Tecnología Disponible

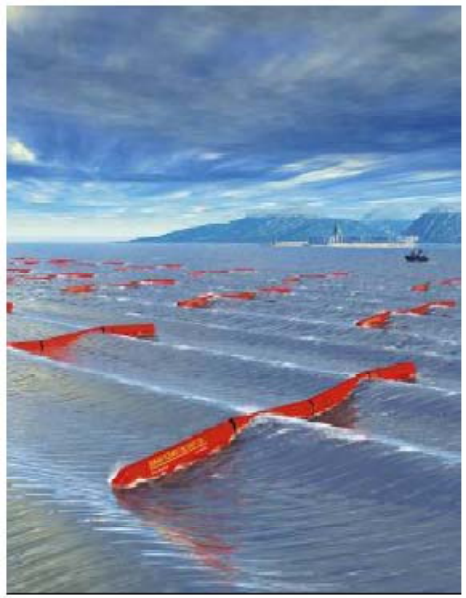
- Oscillating Water Column
  - 500 kW pico
  - 15 m profundidad

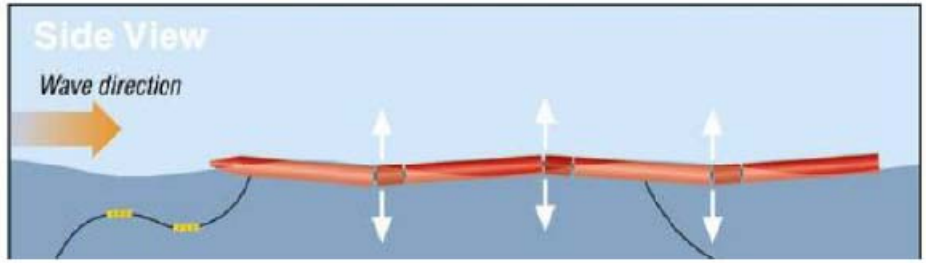


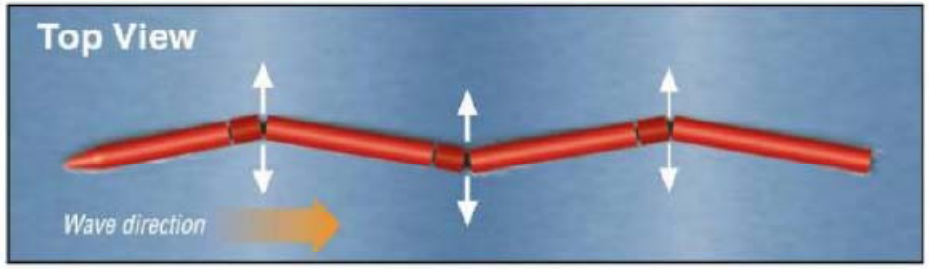
Información de Dr. Lionel R. Orama-Exclusa

Tecnología Disponible

- Pelamis
  - 750 kW pico
  - 130 m longitud, 3.5 m diámetro







Información de Dr. Lionel R. Orama-Exclusa

PROTOTIPOS

PELAMIS

Stingray

Tidel
SMD
Hydrovi

Provisto por Dr. Eduardo I. Ortiz-Rivera

PROTOTIPOS

MARINE CURRENT TURBINE

MICROTURBINE

WAVEDRAGON

Provisto por Dr. Eduardo I. Ortiz-Rivera

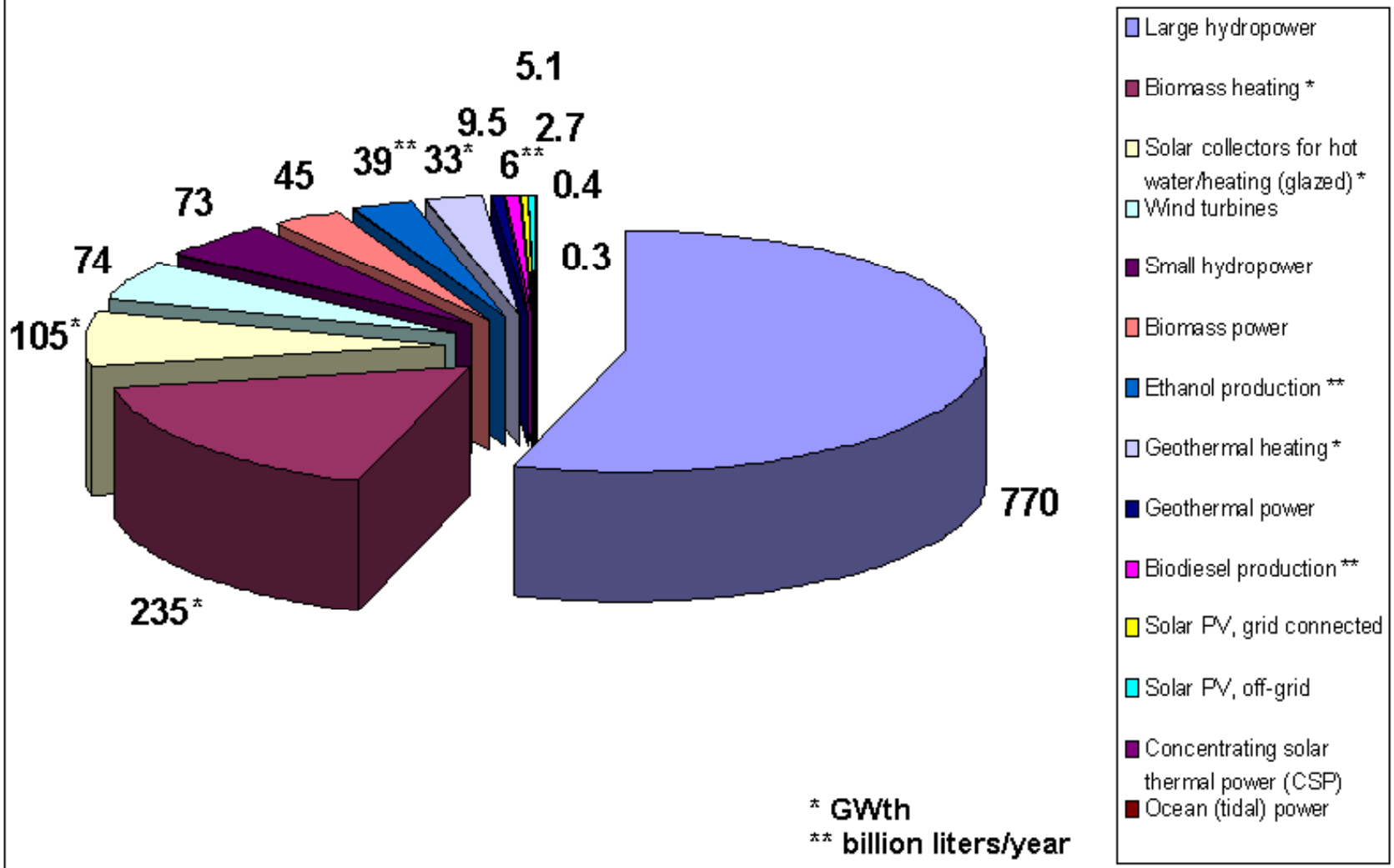
La Oportunidad

- Ninguno de estos métodos ha probado ser el óptimo
- Todos están en etapa de investigación y demostración
- Hay muchas otras maneras de convertir el movimiento de las olas

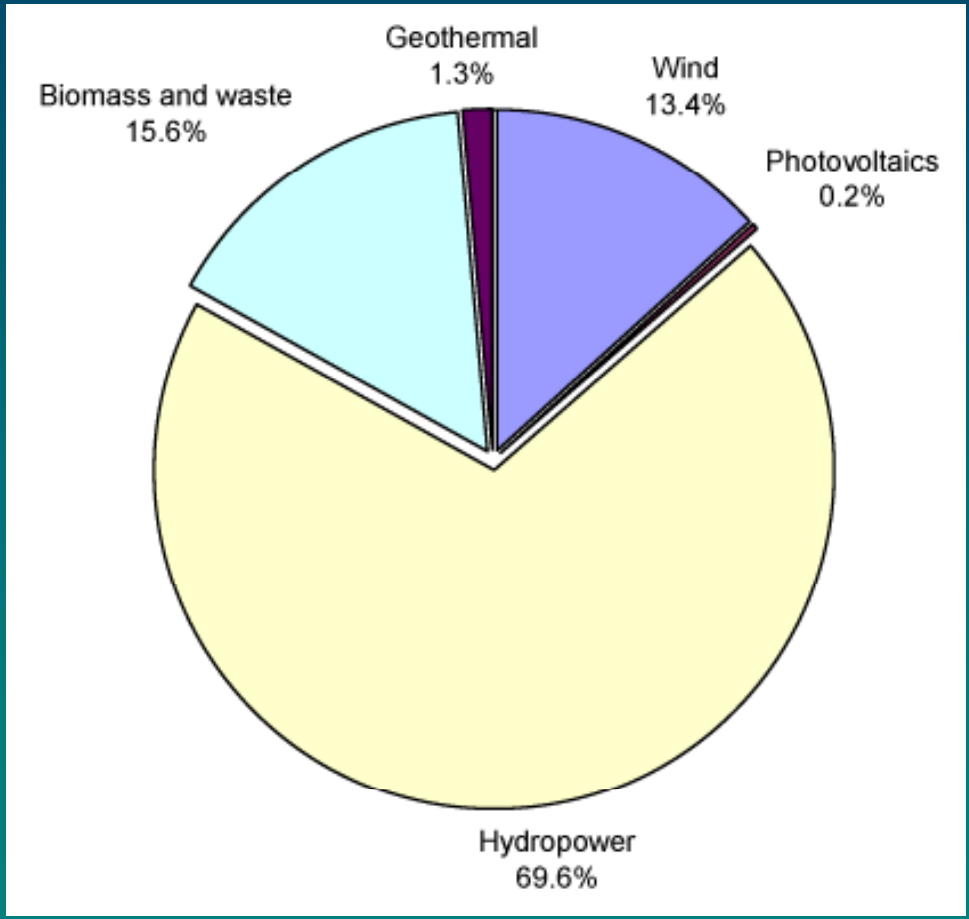
Información de Dr. Lionel R. Orama-Exclusa

CONTEXTO GLOBAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CON AGUA

Renewable Energy, end of 2006 (GW)



GENERACION DE ELECTRICIDAD EN LA COMUNIDAD EUROPEA POR FUENTES RENOVABLES (2004)

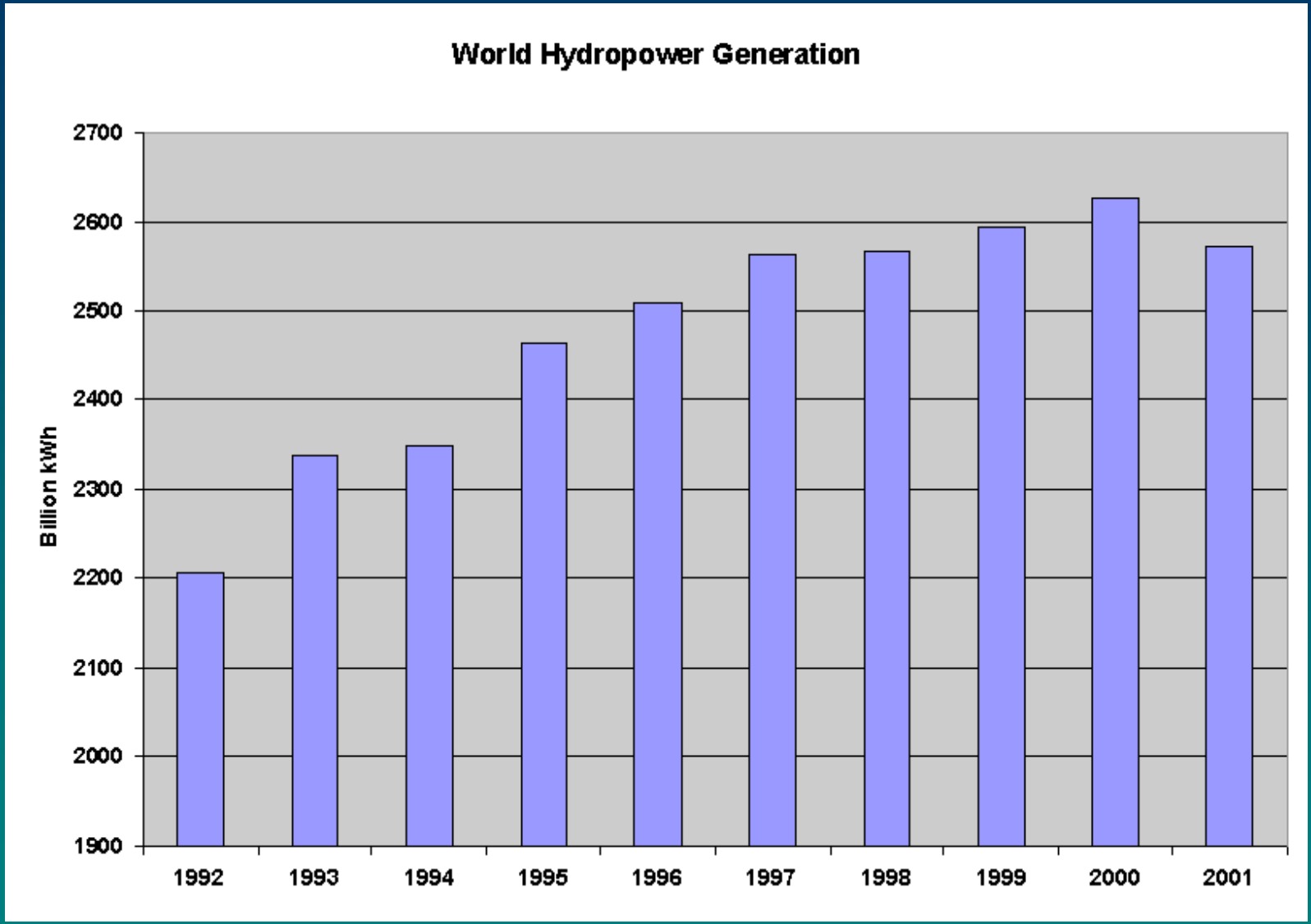


PAISES CON MAYOR CAPACIDAD HIDROELECTRICA

Country	Annual Hydroelectric Energy Production (TW/year)	Installed Capacity (GW)	Load Factor
China	486.7	145.26	0.37
Canada	350.3	88.974	0.59
Brazil	349.9	69.080	0.56
USA	291.2	79.511	0.42
Russia	157.1	45.000	0.42
Norway	119.8	27.528	0.49
India	112.4	33.600	0.43
Japan	95.0	27.229	0.37
Sweden	61.8	-	-
France	61.5	25.335	0.25

Tabla provista por Dr. Eduardo I. Ortiz-Rivera

The generation of hydroelectric power increased by 366 billion kilowatthours between 1992 and 2001, or at an average annual rate of 1.7 percent.



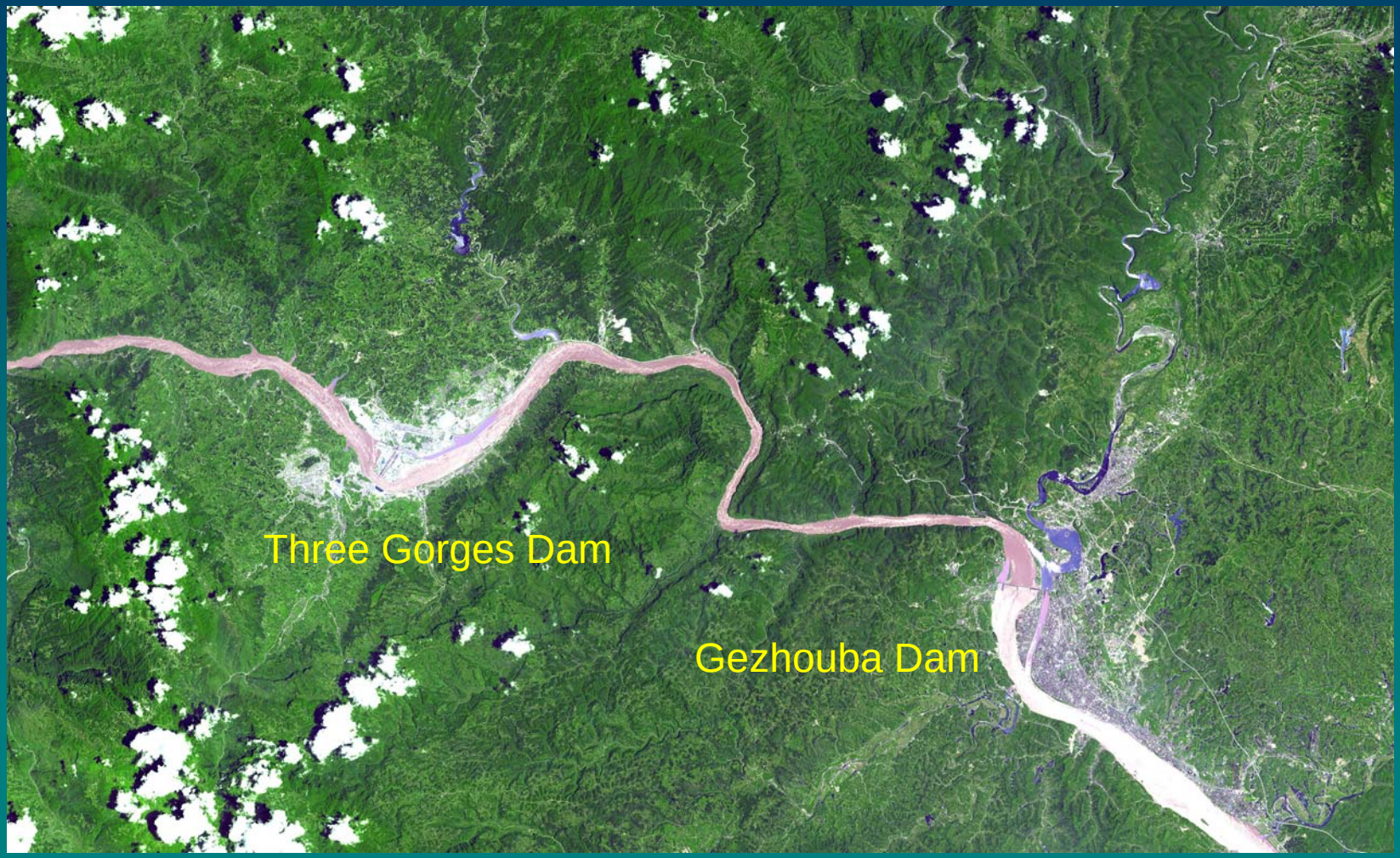
http://www.greenjobs.com/Public/images/world-hydropower.gif

NUEVAS CONSTRUCCIONES

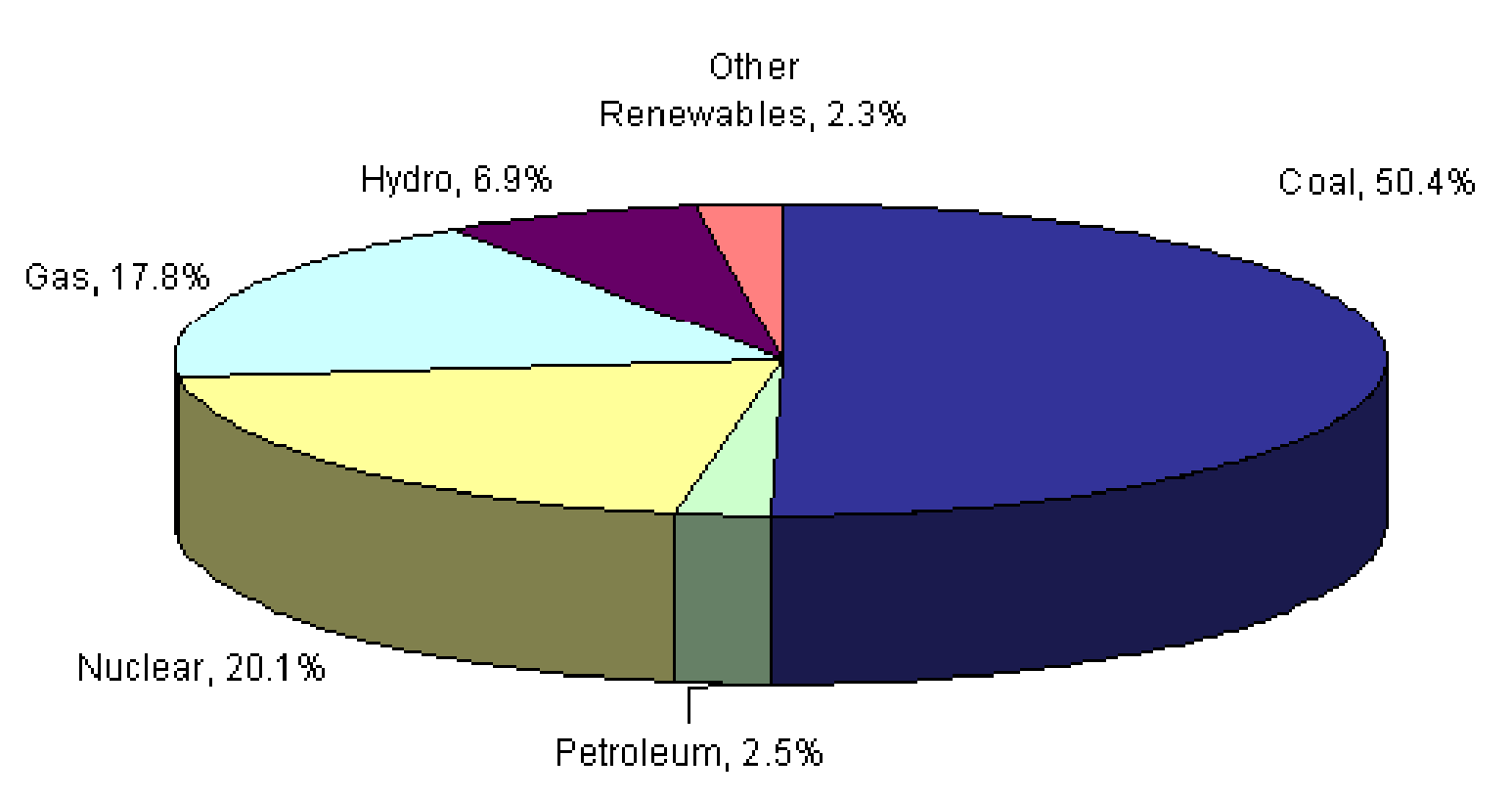
Name	Maximum capacity	Country	Construction started	Completion date
Three Gorges Dam	22,500 MW	China	December 14 1994	2009
Xiluodu Dam	12,600 MW	China	December 26 2005	2015
Boguchan Dam	3,000 MW	Russia	1980	2012
Chapetón	3,000 MW	Argentina		
Tocoma (Manuel Piar)	2,160 MW	Venezuela	2004	2014
Lower Subansiri Dam	2,000 MW	India	2005	2009

Tabla provista por Dr. Eduardo I. Ortiz-Rivera

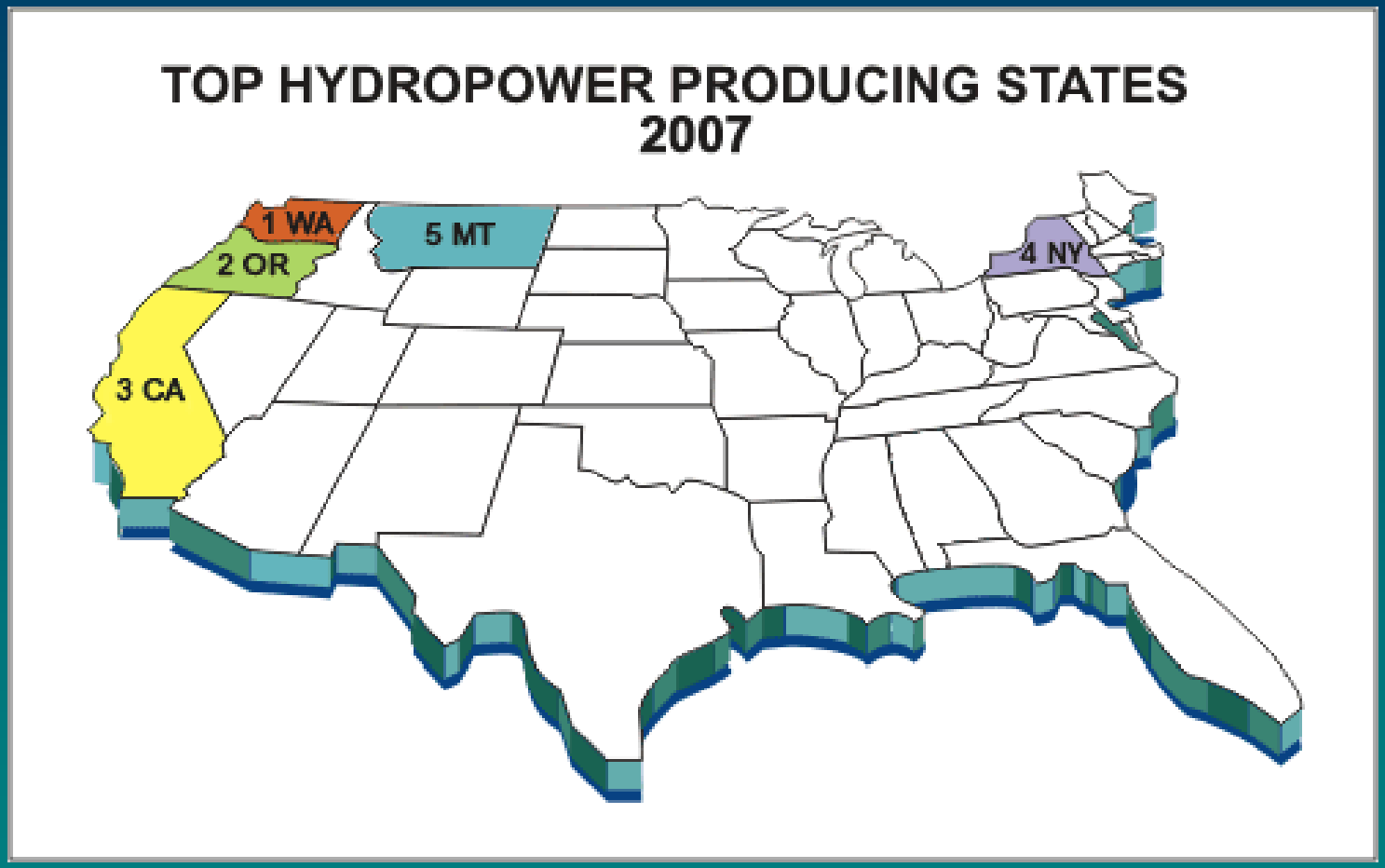
The Three Gorges Dam project in Hubei, China, is the world's largest hydroelectric generating system.



Generacion de Electricidad en U.S. (2004)

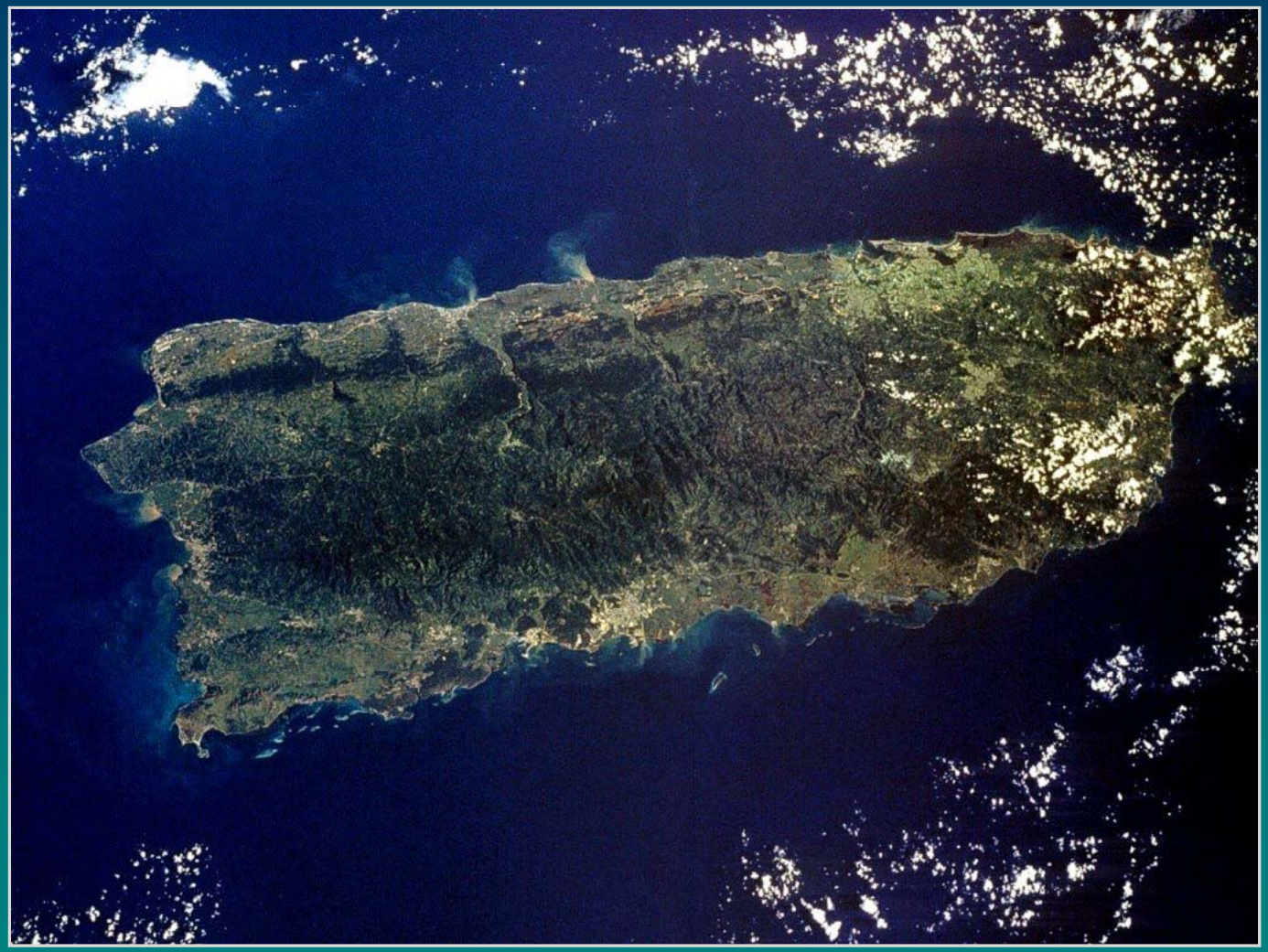


Over one-half of the total U.S. hydroelectric capacity for electricity generation is concentrated in three States (Washington, California and Oregon) with approximately 27 percent in Washington, the location of the Nation's largest hydroelectric facility – the Grand Coulee Dam.

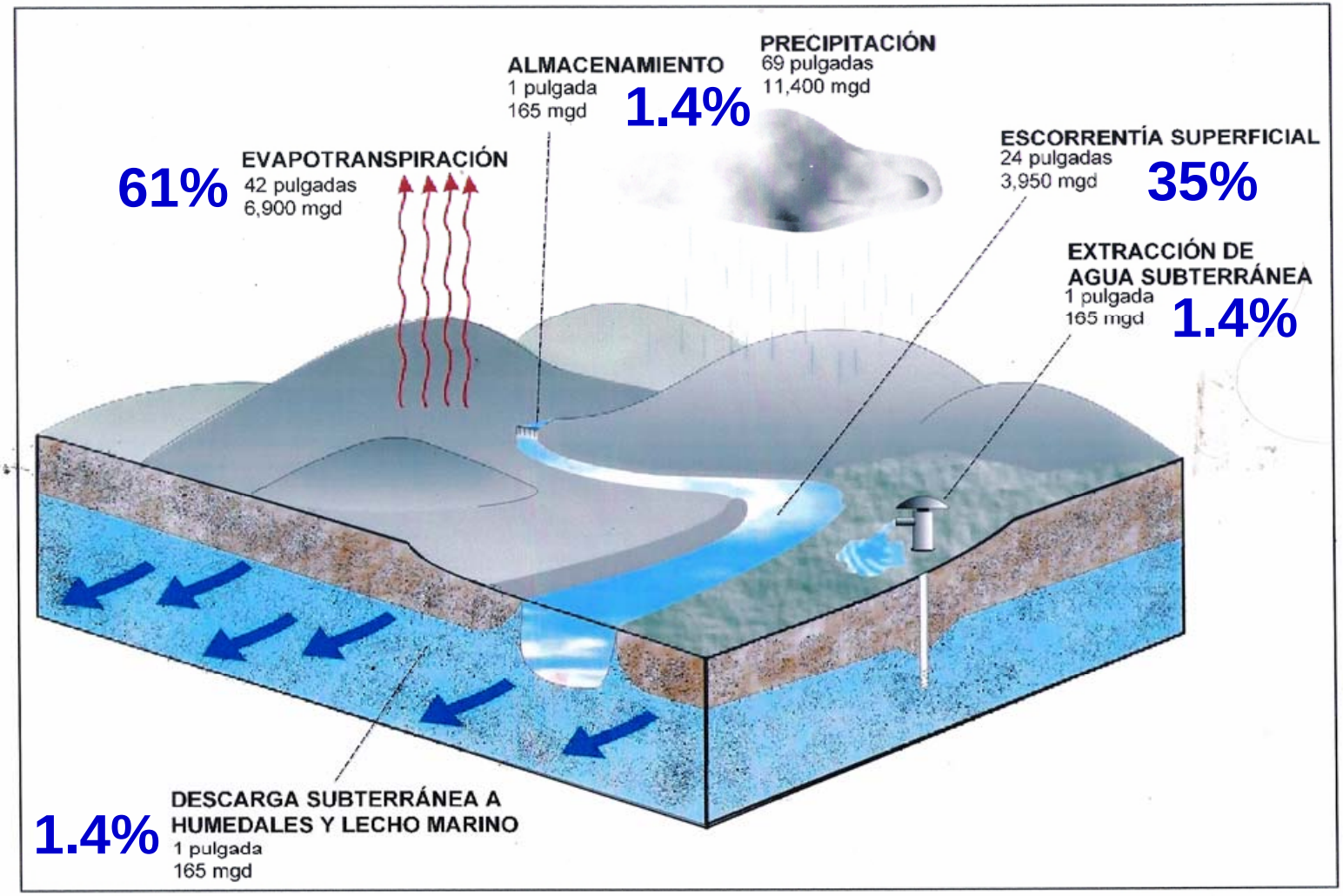


It is important to note that only a small percentage of all dams in the United States produce electricity. Most dams were constructed solely to provide irrigation and flood control.

Energia con Agua en PR



El Ciclo de Agua en Puerto Rico

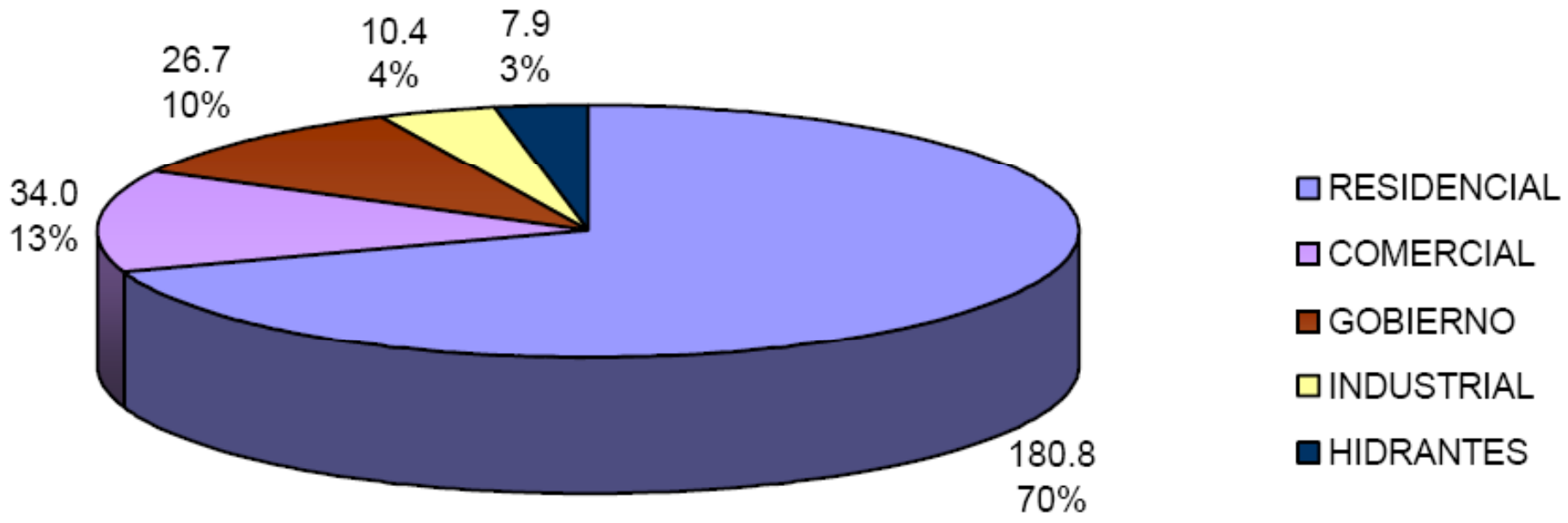


Fuente: USGS, 2003

Figura 1-1. Ciclo hidrológico de la Isla

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

DISTRIBUCION DE LA DEMANDA DE AGUA MUNICIPAL POR SECTOR
AÑO FISCAL 2004



Total 259.82= 100%

El uso de agua por persona en Puerto Rico se estima en 164.1 galones por día (140.2-193.9).

En los Estados Unidos este se estima en 179 gpd (1995).

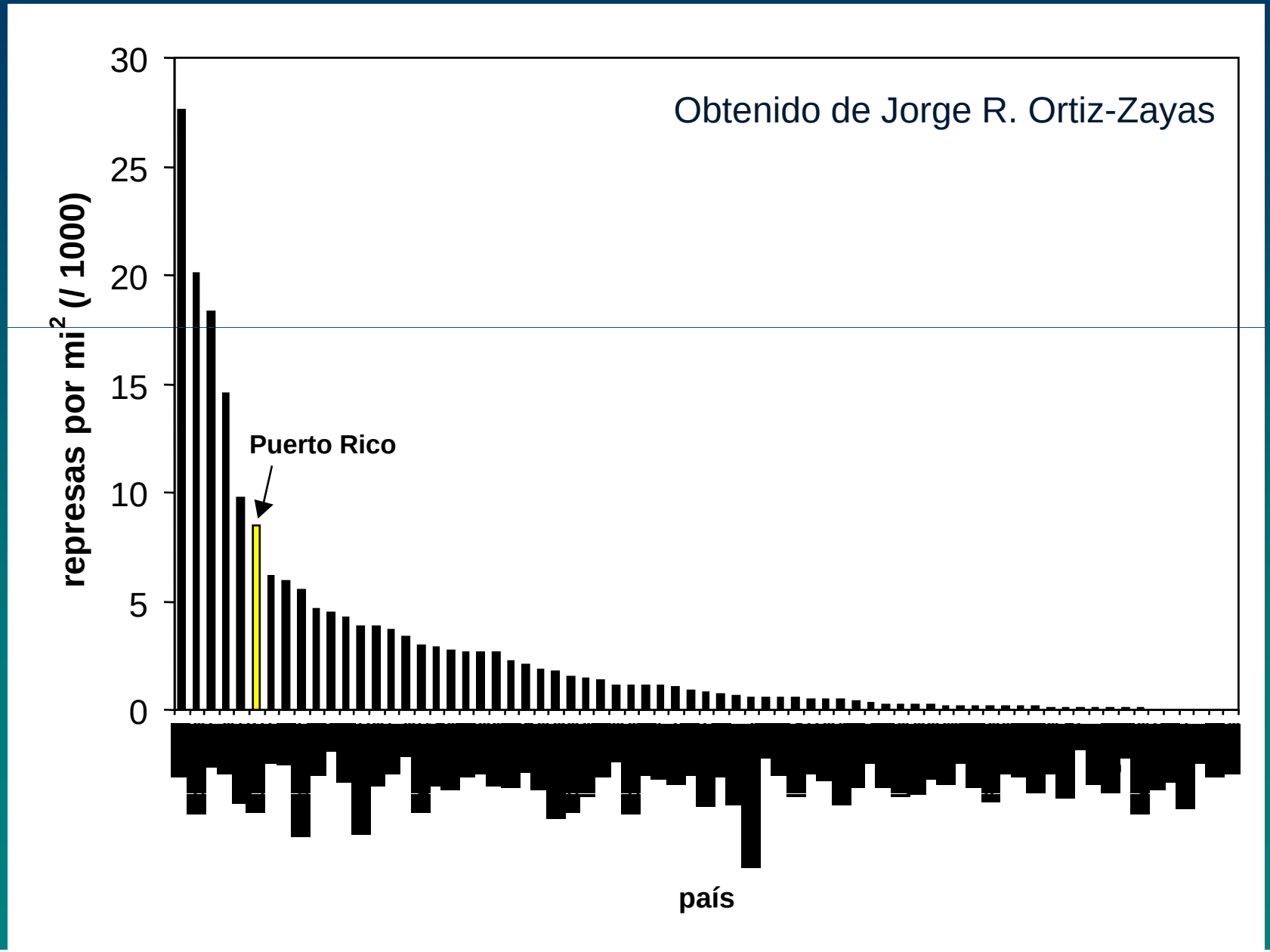
Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

DRNA 2007

- **38 embalses**
  - 16 grandes (represa > 100 ft de altura)
  - 4 intermedios (40-100 ft)
  - 10 pequeños (25-40 ft)
  - 7 sedimentados
  - 1 construcción

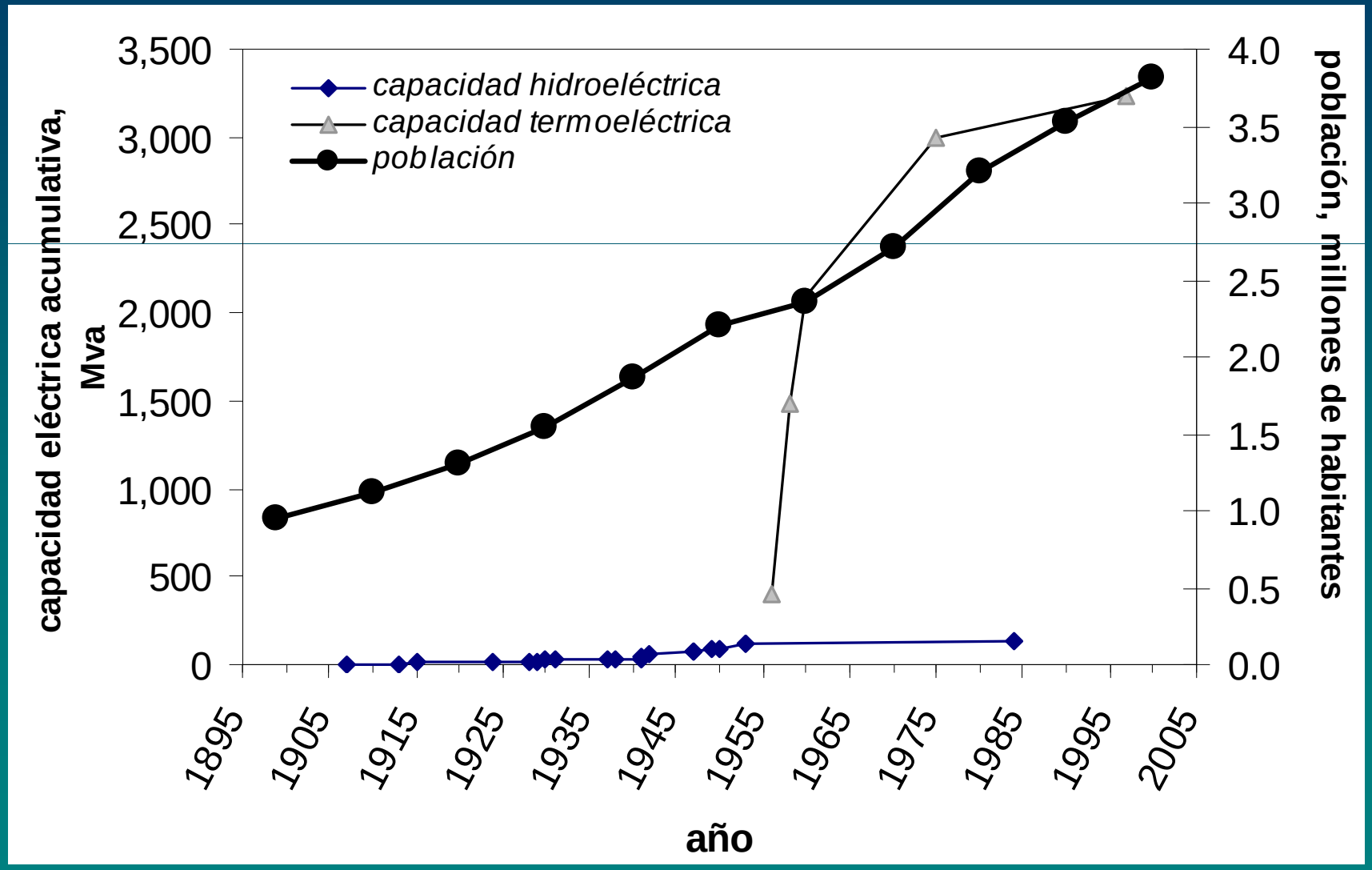
Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

Mundialmente, Puerto Rico es el sexto país con más densidad de represas por milla cuadrada



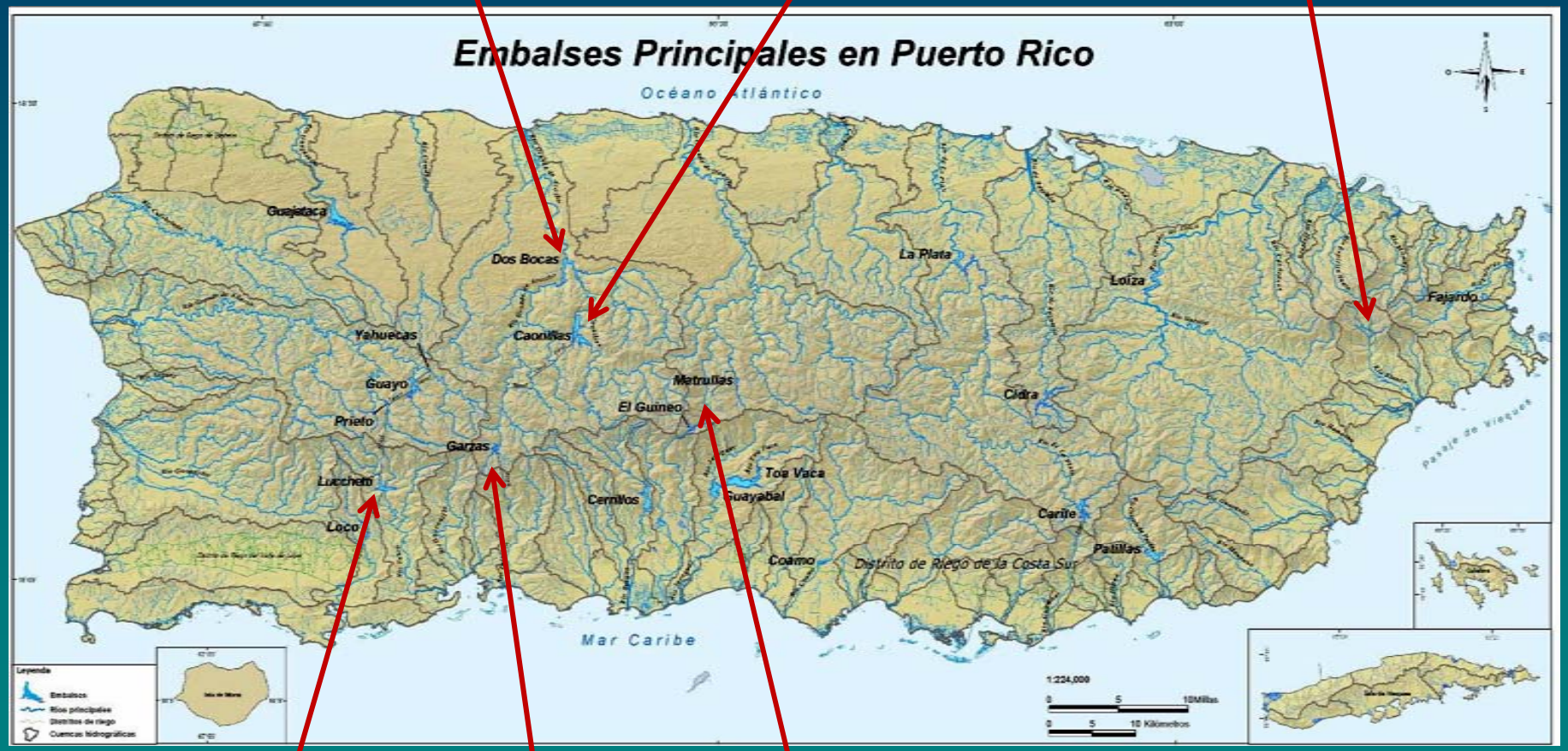
Desde 1956, la energia termoelectrica se convirtio en la fuente principal de energia en Puerto Rico

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas



Sistemas Hidroelectricos Activos

Dos Bocas **Caonillas** **Icacos y Rio Blanco**



Yauco **Garzas** **Toro Negro**

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

Sistemas Hidroelectricos Inactivos

Isabela **Comerio**

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

Carite **Patillas**

Carite; 1913

http://www.lagos-plantas-hidro.com

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

Comerio 1; 1907

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

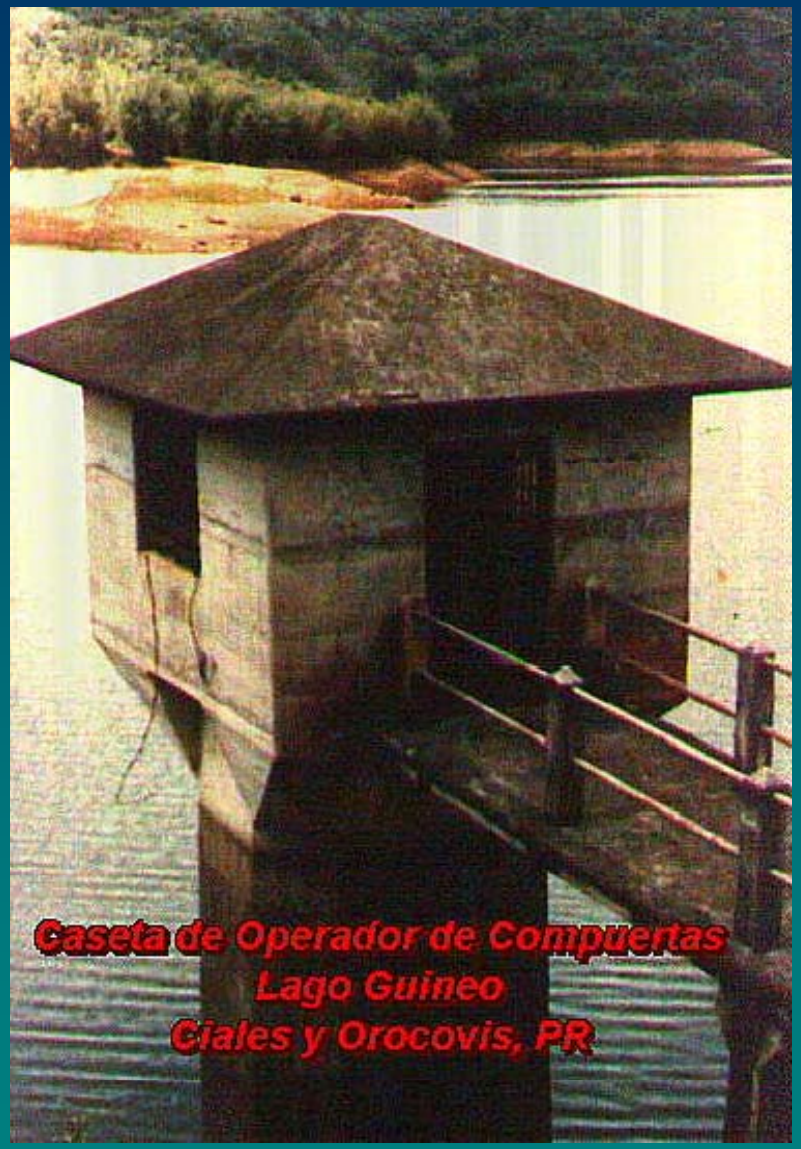
http://www.lagos-plantas-hidro.com

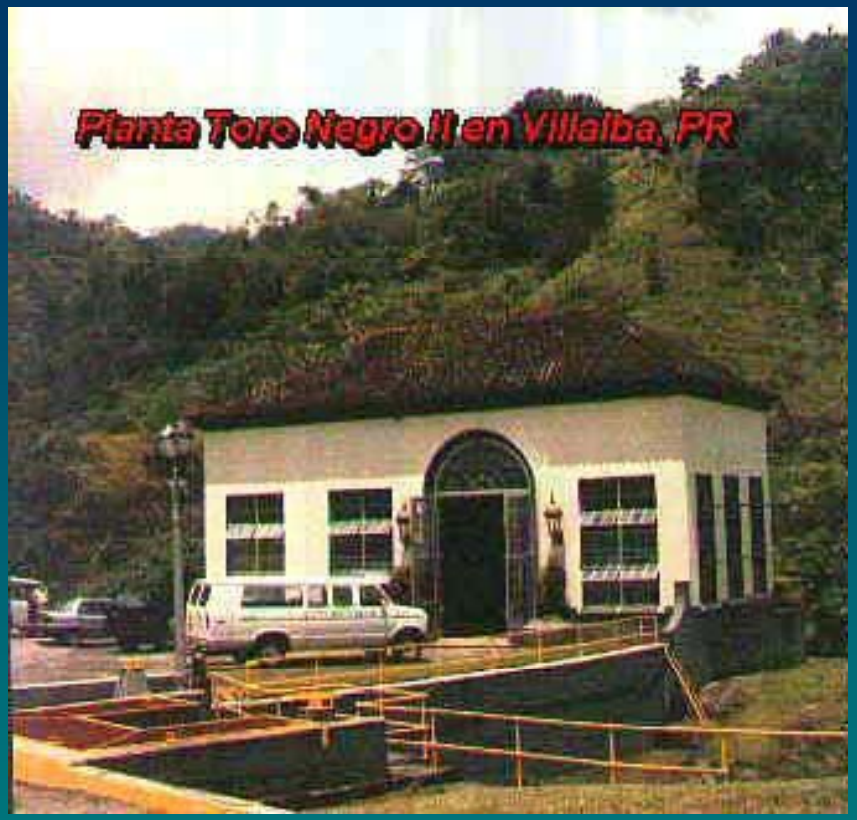
Comerio II; 1913

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas
http://www.lagos-plantas-hidro.com

Icacos; 1929

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas
http://www.lagos-plantas-hidro.com





Guineo; 1931

http://www.lagos-plantas-hidro.com

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

Matrullas; 1934

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

http://www.lagos-plantas-hidro.com

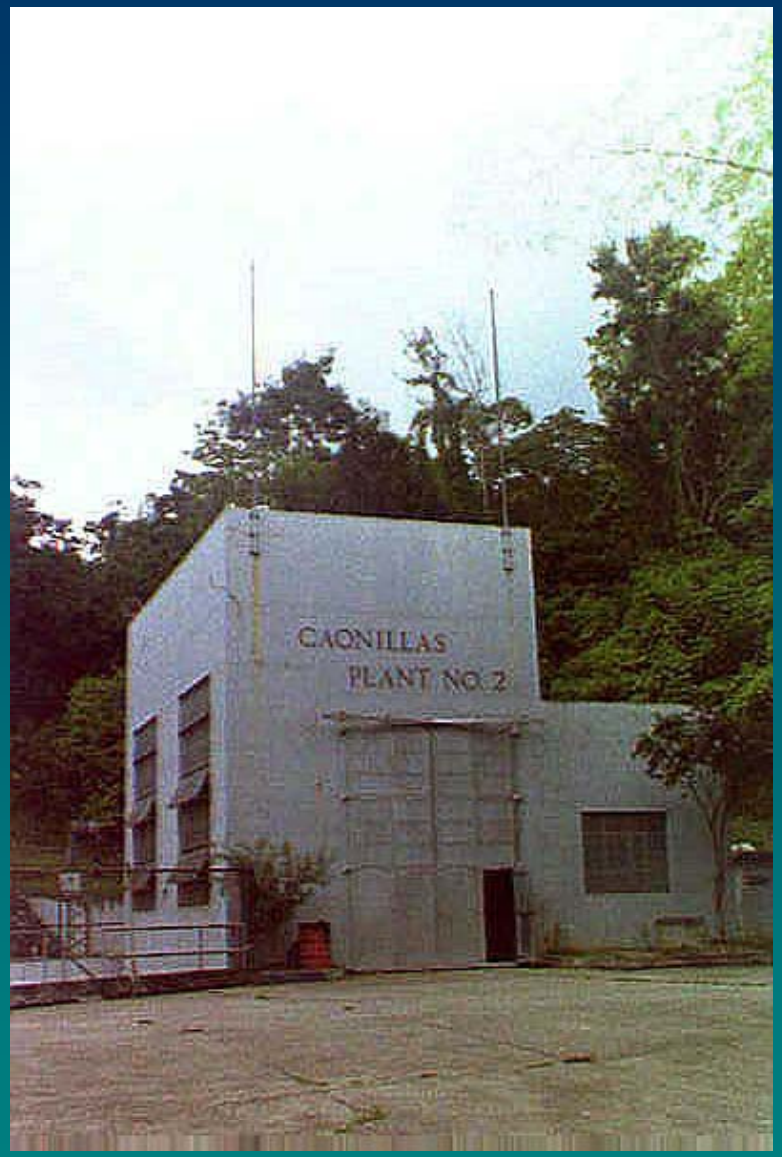
Dos Bocas; 1942

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas
http://www.lagos-plantas-hidro.com

Garzas; 1943

Obtenido de
Jorge R. Ortiz-Zayas
http://www.lagos-plantas-hidro.com

Caonillas; 1948



http://www.lagos-plantas-hidro.com

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

Guajataca; 1928

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

http://www.lagos-plantas-hidro.com

Lucchetti; 1952

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas
http://www.lagos-plantas-hidro.com

Guayo; 1956

Obtenido de Jorge R. Ortiz-Zayas

http://www.lagos-plantas-hidro.com

Algunas reflexiones…

- El desarrollo socioeconómico de Puerto Rico ha requerido de un uso intensivo de sus recursos de agua hasta el punto que ha alterado su hidrografía dramáticamente.
- Actualmente, la isla depende en un 98% de energía derivada de productos de petróleo.
- La sedimentación y la disponibilidad de energía termoeléctrica ha puesto en desuso a 4 de los 10 sistemas hidroeléctricos en Puerto Rico reduciendo a un 50% la capacidad hidroeléctrica original.

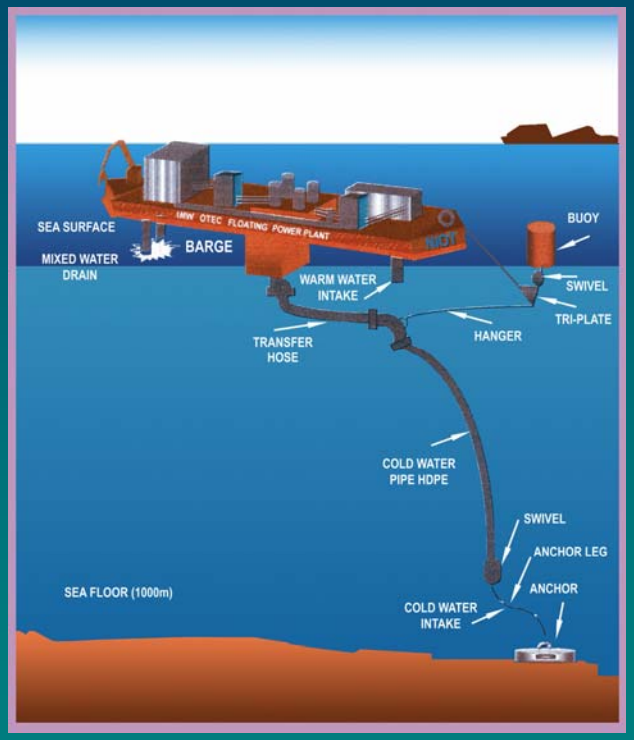
Por Jorge R. Ortiz-Zayas
Instituto para Estudios de EcosistemasTropicales
Universidad de Puerto Rico-Río Piedras

Algunas reflexiones…

- Existe una infraestructura hidroeléctrica instalada que permite:
  - complementar la producción eléctrica durante horas de alta demanda
  - agilizar la recuperación del sistema eléctrico durante colapsos por huracanes, ect.
  - Manejar grandes volúmenes de agua para suplir demandas de agua potable y riego.
- La construcción de nuevas represas para producción hidroeléctrica no se contempla como una solución al problema energético de Puerto Rico.
- Aunque la energía hidroeléctrica no puede satisfacer las demandas eléctricas del Puerto Rico moderno, si representa un activo importante que podría complementar otras fuentes de energía.

Por Jorge R. Ortiz-Zayas
Instituto para Estudios de EcosistemasTropicales
Universidad de Puerto Rico-Río Piedras

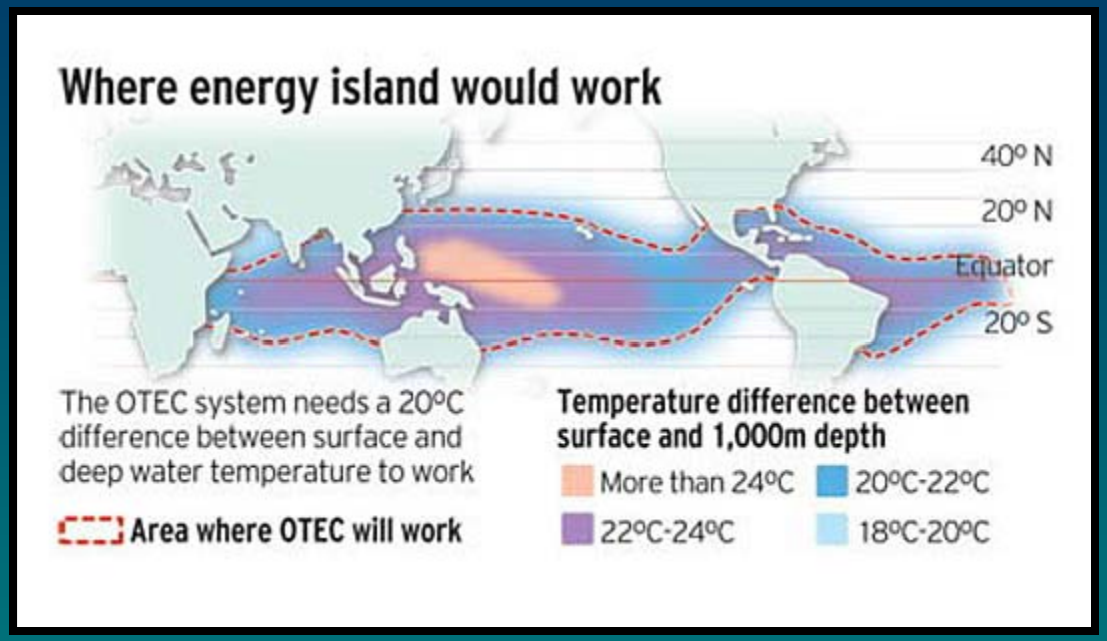
OTRA MODALIDAD ES A TRAVES DE LA CONVERSION DE ENERGIA TERMAL DEL OCEANO (OTEC EN INGLES)



Provisto por
Dr. Jorge Capella

- Idea: 1881, Jacques Arsene d'Arsonval
- Georges Claude – 1930 – Cuba – 22 kW
- USA – 1979 – Mini-OTEC
- Planta piloto 210 kW 1993-1998

Conversión de Energía Oceano-Termal Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)



- Depende de la diferencia en temperatura entre las aguas superficiales (calientes, 24-30 °C) y masas de agua profundas (frías, 4-5°C) = Δt
- La tecnología actual requiere un Δt mínimo de aproximadamente 20°C entre la capa mixta y 1000 metros de profundidad.

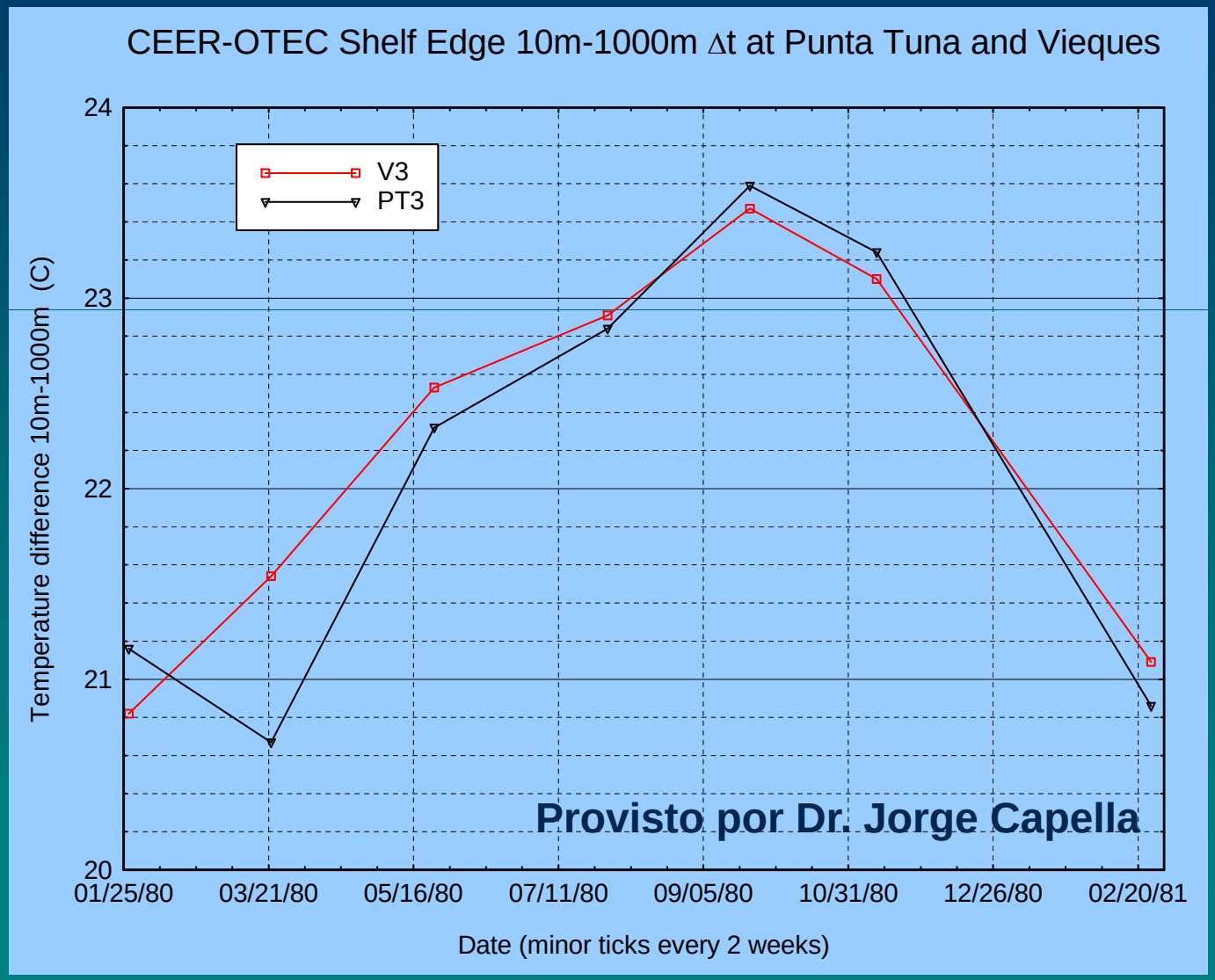
Investigación y Desarrollo de OTEC en Puerto Rico

- Centro para Estudios Energéticos y Ambientales – UPR
  - Estudios ambientales y de diseño – DOE - 1978-1982
  - Punta Tuna – cruceros oceanográficos - LCU
- Vieques – 1996 – US Navy

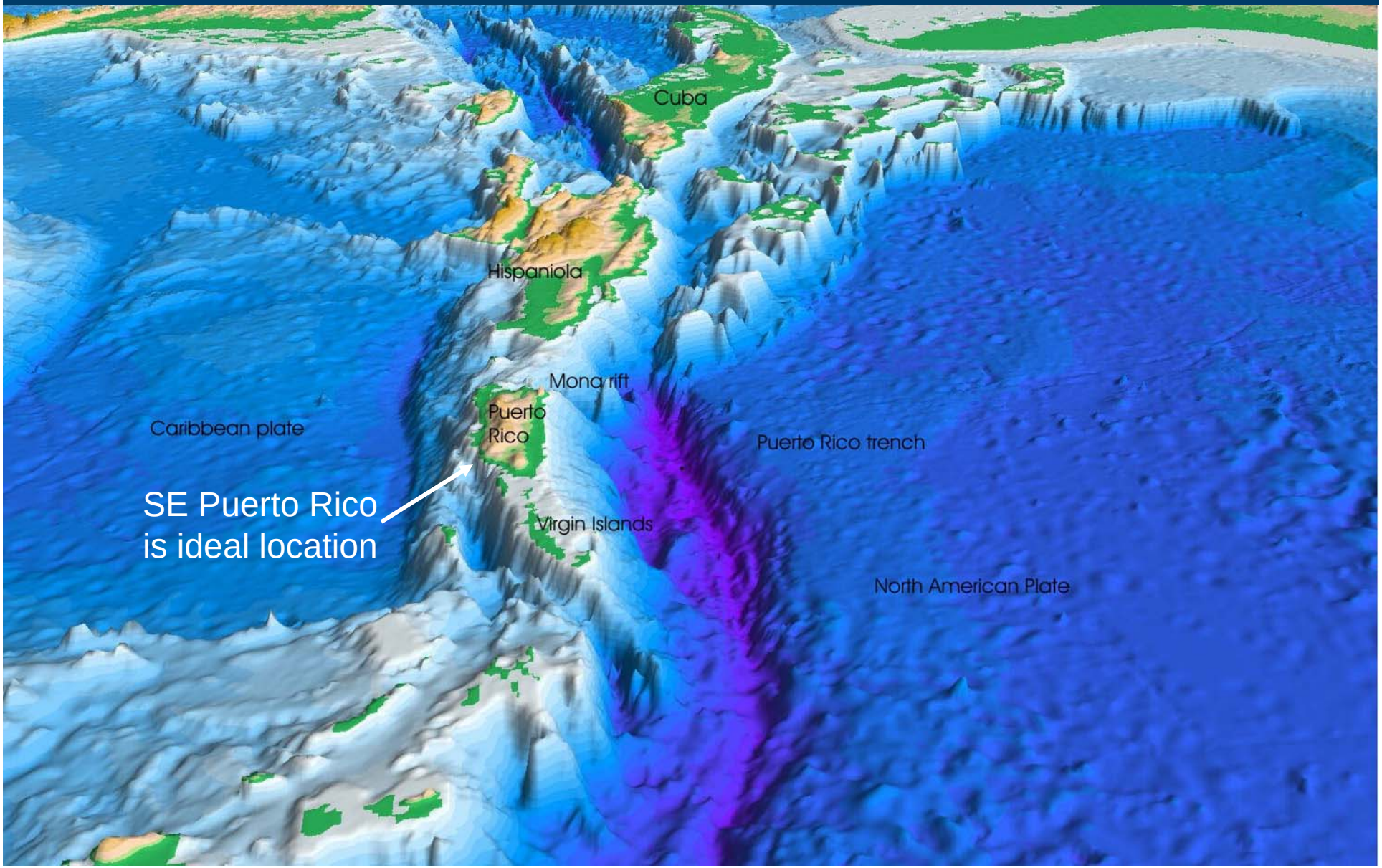
Dr. Gerardo González
Dr. José M. López
Dr. Donald S. Saccer

Información de Dr. Jorge Capella

Datos de Punta Tuna, PR



Best Location for OTEC in PR



Conversión de Energía Oceano-Termal (OTEC)

Video preparado por Offshore Infrastructure Associates, Inc.

EN RESUMEN …

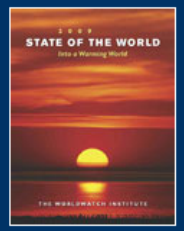
- Puerto Rico tiene un alto potencial para generar energia con agua.
- Ademas cuenta con los recursos tecnicos y humanos para hacerlo.
- Solo nos falta la voluntad social y politica para tener una vision de futuro acerca de este tema.

http://aceer.uprm.edu

ACEER

ALIANZA CIUDADANA PARA LA EDUCACIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE

QUIEN ES ACEER | ENTIDADES EN ALIANZA | CICLO DE CONFERENCIAS | MATERIAL DIDÁCTICO | ASUNTOS LEGALES | ENLACES | CONTÁCTENOS |



Quién es ACEER

La Alianza Ciudadana Para la Educación en Energía Renovable (ACEER) es una organización sin fines de lucro enfocada en la educación a la ciudadanía en general sobre los asuntos energéticos de Puerto Rico y del Planeta respondiendo a las necesidades de los consumidores residenciales, comerciales, industriales y gubernamentales con soluciones renovables y sustentables.**ACEER** se nutre de voluntarios y entidades cuyo quehacer proviene de diversos sectores comunitarios, ecológicos, cívicos, comerciales, industriales, profesionales y académicos. Se vislumbra que en un futuro no muy lejano la organización colabore e interaccione muy de cerca con los sectores gubernamentales a nivel estatal y municipal para asegurar la eficiencia en la generación y consumo de energía.Desde su fundación en el 2007 nuestro trabajo se ha enfocado en programar y llevar a cabo un Ciclo de Conferencias dirigidas a una audiencia diversa de toda la Isla que incluye ferias comerciales e industriales, y proyectos demostrativos de alta visibilidad en el área de energía renovable. Todas estas actividades se llevan a cabo en Mayagüez, Puerto Rico. Este esfuerzo ha logrado que ACEER reciba varios reconocimientos.

Ver más información >

Achievable Renewable Energy Targets For Puerto Rico's Renewable Energy Auspiciado por la Administración de Asuntos Energéticos

Este estudio es una guía para el proceso de definir proyectos importantes de infraestructura de energía para la Isla. Por otro lado, ante la llegada del paquete de estímulo de Obama, el estudio sirve de base para identificar posibles proyectos de energía a ser apoyados con esos fondos. Ante la realidad que no contamos en PR con ningún combustible fósil, y que contamos con abundantes recursos renovables, es vital que comencemos a mirar fuera de nuestras "cajitas" mentales o disciplinarias, y dejemos de preguntar "cómo integramos renovables" y comencemos a preguntarnos "qué cambios tecnológicos y sociales hacen falta para usar las renovables al máximo posible" Ya Europa y en algunas partes de EEUU se hacen y CONTESTAN la segunda pregunta. Nos llegó la hora en PR de hacernos y contestar la misma. Ver el informe >

¡MUCHAS GRACIAS!

¿PREGUNTAS?