

CEER-X-100

?_s

CEER K109

ENERGIA AND 2000

Presentada por

Modesto Iriarte, Jr., Investigador

Centro de Estudios Energéticos y Ambientales

Universidad de Puerto Rico

mn

Santo Domingo, República Dominicana

Junio? 4-5, 1981

CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH

---Page Break---

CE Bi k-lco

ERERSIA ARO 2000

Presentada por:

Modesto Iriarte, Jr., Investigador

Centro de Estudios Biológicos y Ambientales

Universidad de Puerto Rico

Santo Domingo, República Dominicana

junio 4-5, 198)

---Page Break---

REGIA AND 2000

Introducción

El tema de energía que es de nuestro interés en esta discusión
288 es preocupado con la energía mecánica a escala suficientemente
grande capaz de afectar las condiciones socioeconómicas, ambientales
y políticas de los pueblos. Diferenciaremos esta por lo tanto de los
sutiles grados de energía humana, vital o inteligente que por ejemplo
animamos las formas biológicas.

El tema de energía que nos atañe está muy interrelacionado con
la producción y desarrollo económico de los pueblos. De ella dependen
en sumo grado la producción agrícola, la producción industrial,
la salud y el bienestar social en general. Los requerimientos
energéticos de un pueblo por lo tanto dependerán estrechamente de
su nivel de bienestar socioeconómico. Muestramos primeras interro-
gantes por lo tanto serían (1) ¿Qué cantidad de energía se necesita?,
(2) ¿Qué fuentes pueden suplirla adecuadamente?

Población

Para predecir la cantidad de energía que se requerirá tendremos
que comenzar prediciendo la población futura, con la población fu-
tura y los niveles de bienestar socioeconómico en términos de in-
greso per cápita podemos predecir el producto bruto nacional.

---Page Break---

El producto bruto nacional puede correlacionarse con el consumo de energía y esta puede definirse con la elasticidad de precio-demanda, El estudio o predicción de cualquiera de estos parámetros es de por sí una labor compleja. ¿Cuál es el número de habitantes en el mundo y en especial en Santo Domingo para el año 2000? Una simple regresión estadística sobre la población puede predecir esto con una aproximación satisfactoria. Esto sería cierto si la subestructura socioeconómica y hábitos del área o pueblo en consideración permaneciera inalterable. No obstante este es el problema básico ya que la subestructura socioeconómica de los pueblos y sus hábitos están cambiando rápidamente ante los altos costos de la energía derivada del petróleo. Se requiere por lo tanto desarrollar métodos de predicción poblacional basados en parámetros que se ajusten a los cambios vislumbrados, planteados o futuras políticas a delinearse.

El informe titulado "The Global 2000 Report to the President", preparado por el Departamento de Estado de EIA y por el Consejo de Calidad Ambiental contiene la última publicación sobre predicciones de población mundial, desglosándose por países y áreas.

La predicción de población está basada en una función:

$$Población = \lambda(\text{tasa de fertilidad}) - \lambda(\text{tasa de defunciones})$$

$$+ \lambda(\text{nacimiento})$$

y la cual se puede reducir normalmente a una función de crecimiento

?compuesto de la forma; $An (PP)/t$

---Page Break---

tasa de crecimiento anual promedio

= aumento total de la población en período ϕ

P_y = población total

Dicho informe predice que para el año 2000 la población mundial habrá aumentado de 4 billones a 6.35 billones de seres. Hoy día la población mundial aumenta a razón de 75 millones de seres anualmente y para el año 2000 el aumento anual será de cerca de 100 millones de personas. La tasa de crecimiento, no obstante, se reducirá de 1.88 anual a 1.78 anual.

Esta modelación de población se presta para introducir la política nacional y los hábitos cambiantes. Siguiendo una modelación

similar podrían predecir la población del país y compararla con los pronósticos realizados hasta la fecha,

Modelos Económicos

El informe titulado "the Global 2000 Report to the President?" contiene análisis de la producción económica (GP), producción agrícola, alimentos, pesquería, necesidades de agua, minerales y combustibles así como proyecciones ambientales de contaminación y efectos en la salud hasta el año 2000. El informe contiene una serie de diferentes modelos socioeconómicos que interrelacionan la energía con los recursos naturales y el ambiente, Tales modelos incluyen:

---Page Break---

a) Modelos mundiales 2 y 3 (alteraciones al modelo 1 del Club de Roma)

b) Modelo mundial Nesarovic ~ Pestel

c) Modelo de Relaciones Internacionales en la Agricultura
(ere)

@) Modelo Latinoamericano

?) Medelo de las Naciones Unidas

Para dar un eyenplo de las interrelaciones que estamos hablanéo
fen los modelos nencionados cbservarenos algunos resultados, cualita-
tivanente, que se producen cuando considerams el priner modelo.

la Fig. Nin. 1-4, tonada directanente del informe San Juan 2000,
realizado por el municipio de San Juan, Puerto Rico,nos ilustra gra-
Ficanente 1a situaci3n socicecontmica del mundo,

a Fig. Nin, 1 5 el resultado del modelo mundial normal.

as condiciones indicadas on la Fig. Mim. 1 concuer3an con os
valores hist3ricos de 1900 a 1970 cuando 1a poblaci3n mundial ament3
e 1,600 millones en 1900 a 3,500 millones en 1970. A pesar de que
os nacimientos se reduoen gradualnente, el ritmo de mortalidad de-
clina r3pidanente, especialmente despu3s del 1940, y 1a raz6n del
crecingento poblacional aumenta exponencialnente. 1a produeci3n
industrial, alinentos y servicios per cfipita tambi3n aumentan expo-
nencialnente. Los recursos naturales todavia tienen en 1970 com

---Page Break---

rere

2100

Figura Nam. 1 - MODELO MUNDIAL NORMAL

Poblacion nm. total de
personas)

Produccion Industrial per

Capita (S por persona/año)

Recursos No Renovables

Urbancibn vemanente de

Ine reservas de 1800)

Alimentos per Capita

(kilogramo grave personalaño)

Servicios pr Capit

(Spor pessonalako)

Contant

civ

i (ole

1870)

Fuente: Limits del Creciiento

---Page Break---

1 958 del valor de 1900, pero declinarin dranfticamente después de ese ato con el crecimiento de le poblaci6n y la producci6n industrial. #2 comportamiento del sistena sobrepasa 1a capacidad de asinilaci6n el ambiente y finaliza en crisis cuando los recursos no renovables se agotan. Sayin los precios de los recursos suben y los deptsitos se agotan, mis capital debe usarse para cbtener recursos adicionales ¥ menos capital quodaré para invertir en el crecimiento futuro. La inversin no puede mantenerse a la par con la depreciaci6n y la base

industrial hace crisis conjuntamente con los sistemas de servicios agrícolas que dependen de la producción industrial. Durante un corto período de tiempo, la situación se torna muy grave al seguir aumentando la población con el retraso natural del ajuste social. Finalmente, la población disminuye cuando la mortalidad aumenta por falta de alimentos y servicios de salud. Suponiendo que no habrá cambios mayores en el sistema actual, el modelo indica que el crecimiento poblacional e industrial del mundo se detendrá durante el próximo siglo.

El grupo investigador analizó el modelo con una población estable. (Véase Fig. Min, 2). Este análisis mantiene todas las condiciones idénticas al modelo Mxico, excepto que mantiene la población constante después de 1975 igualando la razón de los nacimientos con la razón de mortalidad. Mientras tanto, el resto de las reacciones positivas en el sistema envuelven el capital industrial

---Page Break---

1900

2000 ~ Ti00

Figura Num, 2 -MODELO MUNDIAL CON

Poblacion (nin totat de
personas)

Producción Industrial per

Cápita (Spor persona)

Retursos No Renovables

Producción remanente de

Reservas de 1800)

POBLACION ESTABLE

LEYENOA

?Alimentos per Capita

Uilopramogranalperonalako

Servicios

(Spor pe

Continuación (dite

el nivel de 1870)

Fuente: Límite del Crecimiento

---Page Break---

8

que contenga generario un crecimiento exponencial de la producción industrial, alimentos y servicios per cápita, El agotamiento eventual de los recursos no renovables causa una crisis rápida del sistema industrial y el colapso de la economía.

El grupo investigador analizó el modelo con una población y el capital estable. (Véase Fig. Mim. 3), El crecimiento de capital se estabilizó manteniendo el capital de inversión igual que la depreciación, Cuando el crecimiento exponencial se detiene, una conciliación amablemente estable se obtiene, ya que los niveles de población y capital son demasiado altos para agotar los recursos rápidamente. Como no se han tomado medidas tecnológicas de conservación de recursos, los recursos eventualmente se agotan y la producción industrial se

reduce. Aunque la base del capital se mantiene al mismo nivel, la eficiencia del capital baja al requerirse mayor inversión de capital para buscar más recursos en vez de usarse el capital para producir productos de mayor utilidad.

Al analizar el modelo afincándose a las restricciones de población y capital, medidas tecnológicas de conservación, se obtiene un estado de equilibrio dinámico por largo período de tiempo. (Véase Fig. Min. 4), Las medidas tecnológicas incluyen la recirculación de recursos, medidas de control de contaminación, aumentos vitales de todas las formas de capital y métodos para restaurar el suelo fértil y erosional. Los principales cambios en los valores humanos

---Page Break---

arumentos

1900 2000

Figura Nam. 3 -MODELO MUNDIAL CON
POBLACION Y CAPITAL ESTABLE

Poblacion (nim. total de Alimems per Capita

personas) ? (Wilograme-granofoersona/aio

Producciin Industrial per Servicios per a

pita (Spor persona'afo) {Spor pessona/aho}

Recursos No Renovables CContaminacin (riltiple

(accion remanente de del nivel de 1870)

Insenseat i 18008 Fuente: Limits dl Cesimiento

---Page Break---

10

Prod. Ind.

Poblaci3n

Contaninaci3n ?

7800

Figure Nam.4. - MODELO MUNDIAL

ESTABILIZADO

LeYEHOA

reece ??? iopume'gunfpesoalsto

Produccibn Inde

Cépita (Spor pe

1 Servicio por Capita

fn (Spor persona/enio)

Recurso No Renovable Contaminacibn (mitiple

(receibn vemanente de . del nivel de 1370)

"as egreas e180) Fuente: Limite cel Crecimiento

---Page Break---

u

neluyen un atnento en el &nfasis sobre 1a produccién de al inentos

y servicios en vez de sobre la producción industrial. El modelo señala que un valor estable de la producción industrial per cápita sería tres veces el valor del promedio mundial del año 1970.

Siempre será debatible predecir cuándo ocurrirá la crisis mundial, ya que los avances tecnológicos han logrado aplazar este momento. Sin embargo, los recursos no renovables se agotarán tarde o temprano debido a que el planeta es un sistema finito. Quizás la falla principal del Modelo Mundial sea haber establecido la cantidad de recursos no renovables basado en las reservas conocidas.

Hasta la fecha, la ciencia y la tecnología han logrado descubrir nuevos yacimientos aumentando extraordinariamente las reservas disponibles. Debe esperarse que la ciencia y la tecnología sigan aumentando las cantidades de las reservas conocidas exponencialmente.

En el 1955 se pronosticó que las reservas conocidas de petróleo se agotarían para el año 1975, pero actualmente todavía quedan reservas para 30 años más al ritmo del consumo actual y posiblemente, se descubran 20 ó 30 años más de reservas para el año 2000. Cualquier estimado de reservas totales del Mundo seguirá siendo una especulación hasta que se cuente con técnicas de estimados más precisos.

Un gran interés para los países en América es el Modelo Latinoamericano desarrollado por investigadores en Buenos Aires, detalles

el cual se encuentran en el informe aludido. No entren por

---Page Break---

2

ahora on mis detalles en cuanto a 1a interrelación de 1a enerafa con los denis partinetros soctoccontrmicos. Solo nos basta con aountar que 1a encrgfa es uno de los fuertes pilares que sostienen el edificio ge 1a vida socioesonémica de un pueblo y que esta tiene que ?considerarse en conjunto con los dans valores. Mestro interés, no obstante, es enfocar sobre 1a energfa.

Modelos ticos

?Una vez establecidas los eriterios de roblaci6n futura, producto bruto nacional y polftica nacional , la predices6n del consumo de enorgia puede realizarse bajo ciertas presunciones de precio de la energfa y elasticidad de precios.

El informe "Energy in Transition 1985-2010", preparado por el National Research Council (NHC) de la Academia Nacional de Ciencias ée E. U, contiene una deseripci6n del modelaje ueilizado por un grupo de investigadores de nodelajes. El nodelo utilizado amplex nétodos econanétricos que envwelve el efecto del GP, niveles de ?consumo y varios panoramas de descubriniento de recursos adiefonales.

No obstante, para una subestructura poco variable podanos cor relacionar directanente el consimo de energfa con el producto bruto

nacional con lo hemos hecho en el reciente estudio de "Energy Analysis

and Socio Economic Considerations for Puerto Rico".

---Page Break---

a

EL estudio de la NRC es muy interesante ya que este discute es
cenarios con las varias alternativas de fuentes renovables de energía

como la energía solar.

Escenarios

de Energía

El estudio "Energy Analysis and Socio Economic Considerations
for Puerto Rico" comienza con un análisis de los requerimientos ener~

géticos de Puerto Rico hasta el año 2020. Este análisis se hace a base de una predicción por regresión Lineal de la población seguido de una correlación entre la población y el producto bruto nacional. El producto bruto nacional se correlaciona directamente con el consumo de energía eléctrica. Estas simples relaciones presumen que la subestructura del sistema económico no ha cambiado. No obstante, los resultados se consideran adecuados para desarrollar escenarios del uso de fuentes alternativas de energía con el propósito de predecir los años en que dichas alternativas pueden ser viables económicamente. Otros combustibles como gasolina y aceite diesel fueron proyectados utilizando una regresión estadística. El cuadro total del consumo de energía fue desarrollado en esta forma hasta el año 2000. Esta información fue utilizada para desarrollar posibles escenarios utilizando diferentes alternativas energéticas.

Primero el estudio enfoca sobre los costos de producción de energía eléctrica por métodos disponibles comercialmente en la

---Page Break---

u actualidad utilizando los combustibles de (a) Carbón, (b) Uranio y (c) Petróleo. Una vez determinados estos costos para centrales eléctricas para las próximas dos décadas - hasta el año 2000 - estas se

utilizan como base para competir por las alternativas de fuentes renovables que están al presente en desarrollo y que incluyen - sistemas fotovoltaicos, sistemas de combustión de biomasa, sistemas oceanotérmicos y energía eólica.

Evaluaciones Económicas Centrales de Energía

La Fig. 5 nos ilustra esquemáticamente el modelo utilizado por el CEEA para evaluar estas alternativas.

El modelaje de predicción de los costos capitales de inversión de la alternativa resultan relativamente sencillos para las alternativas que utilizan carbón, uranio o petróleo ya que estos tienen historial acumulado.

Para las alternativas en desarrollo se tiene que presentar una curva de aprendizaje que da la relación de reducción de costos en la fabricación del equipo según se construyen más unidades debido al aprendizaje (desarrollo de técnicas más económicas).

Daremos mayor atención a la central a base de carbón ya que sabemos que resulta de gran interés en este país.

La evaluación de los costos de una central de carbón recibió

estudio muy detallado y cuidadoso ya que esta resulta en la

---Page Break---

as

Figure 5

MODELO CZEA PARA EVALUACION DE COSTOS DE ALTERNATIVAS
ENERGETICAS

DATA

Modelo de Inversion Modelo Costa Modelo de

Copitel Nomina de Combustible

de Ret (ane Ret)

Intlecion @ Modelo de Intlacion y le de

Interes durante Actualización ntlecion y

Constr, 1 Actualizee

Casto Tore! Ene ohe ge" Arran Toate Aetwaiin

io se Arvonque 9 ofe de Terminacion se 00m

P irene

wea y Terminecon

Inversion

Generacion

??

Anuol

Coste Total Actwalizado,

Entre ofo de Arranque

OWes Alternativa y Terminación |

---Page Break---

alternativa más económica y viable económica y políticamente. La alternativa nuclear resulta en los costos más bajos pero esta no es considerada viable desde el punto de vista socio-político.

La Fig. 6 indica el costo básico de inversión en Puerto Rico, que están aproximadamente el mismo que en Santo Domingo y una unidad a base de carbón en términos de dólares de 1978. Estos costos no incluyen condiciones especiales del sitio tales como carreteras, líneas eléctricas, puerto y sistema de manejo del carbón del puerto a lugar de almacenaje, condiciones especiales del subsuelo, lagos de almacenaje de efluentes, etc. La central incluye, no obstante, lavadores de gases (Flue gas desulfurization) y precipitadores electrostáticos.

Los costos de lavadores de gases sulfurados pueden evaluarse

en términos de dólares de 1978 de la siguiente relación:

S/R Neto,

450 100

854 Me 35

1232 *

La inflación e interés durante la construcción y/o planeamiento

En la central debe de tomarse en consideración utilizando formulas

adecuadas según desarrolladas en el estudio del CEA.

Los costos de combustible recibieron un detallado estudio.

La Fig. 7 nos ilustra los costos promedio del carbón utilizado

por la industria eléctrica en Estados Unidos. Hemos estimado que a

---Page Break---

co

1978-9 /kw Valor de Inversión Capital

\$00

v

Figure 6

Equivalencia del Valor de Inversión Capital por Central
de Carbón con Desulfurización de Gases

REFERENCIAS

9 Unites Engineers and Constructors-Estimados Recientes-

00} Comunicacion Feb. 1979

10 Gibbs and Hill- Poul de Rienze Nopla Reunion Morz0 1978

IL ASME Conference-1979 Destefonis of ol

12 PREPA-Jose A Morina Comunicacisn Persona! 1979

14 EPRI-PS-666 -SR- June 1978

Fuente- CEEA x-72

200 300 00

Megawatts

---Page Break---

8

Figura 7

Costo Promedio del Carbon Quemado por Companias

Electricos en ?.U. durante 1972-77

Sz t60

© 6 120

2§

5 2 oo

2 40

ores ire 7887

28

ge

as

26

Es

go

8 ere 17s 174178 "78 TT

Fuente: Power Engineering Review-nayo 1978

: Volor Boje Promedio J Alto Mm

---Page Break---

w

base de os precios de 1978 el costo del carbén en Puerto Rico podrsa

ser tan bajo como \$1.82 por millón de BTU. Estos deben de escalarse adecuadamente según la inflación en costos de equipo utilizado en los mismos, y en la transportación y según discutido en el estudio.

Los costos de operación y mantenimiento de una central de carbón fueron desarrollados siguiendo una publicación del Laboratorio Nacional de Oak Ridge, Tenn. (ORNL/TM-6467 Jan. 1979).

Los costos de operación y mantenimiento se correlacionaron con (a) el número total de personal, (b) el personal adicional para operar el sistema de desulfuración, (c) generación anual en MWh, (d) las toneladas de azufre quemadas anualmente, (e) la capacidad de la central y (f) un cargo fijo.

Los costos de operación y mantenimiento deben de actualizarse para incluir la inflación en los salarios durante la vida de la planta.

La Fig. 8 nos ilustra el costo de la energía eléctrica proveniente de una central de carbón de 450 MW de capacidad con dos valores diferentes de inflación.

La ordenada de la gráfica indica el costo actualizado to-

rrado con promedio de 30 años de vida de la planta y la abscisa nos indica el año en que inicialmente comienza la operación de la central.

Se puede observar en el período de 15 años entre 1985 al 2000

Jos costos actual zados de una nueva central puesta en operaci3n en

2 afio 2000 resultan mis de dos veces de los costos de cperaci3n de

---Page Break---

(milesimas de dolor por kwh)

Actualizado

Costo Total

2

10009 Figura 6 _

: 450 MWe Central Corbén con Sistema de Desulfurización

: Inflación de Capital 1978-05: 8% /yr

Inflación de Corben 1978-08: 7.174 % /y.

. Interés Durante Construcción: 9% /yr

: Inflación de O&M 1976-05: 8% /yr

Tasa de Inversión Costo Fijo: 9.6636%

Tasa de Inflación Después de 1965 según Indicada en Curva

2

Fuente CEEA X-72

Año de Arranque

---Page Break---

a

¿una central puesta en operación en el año 1985.

La gráfica Nim. 9 nos ilustra el resultado de las varias alternativas estudiadas.

De esta gráfica observamos, que excluyendo la energía nuclear, la biomasa resulta la más económica seguida por la central de carbón. La central oceánico-térmica OTEC comienza a competir con carbón para el año 1995 al igual que los sistemas fotovoltaicos.

El costo de la biomasa fue determinado a través de una experimentación acompañada con un proyecto piloto a un costo de cerca de \$1.5 millones. La Fig. 10 nos ilustra el modelo utilizado.

La energía del viento aunque resulta atractiva cuando se compara

con centrales de petróleo, esta no puede competir favorablemente con las otras alternativas en el escenario de Puerto Rico.

Conociendo los años en que pueden resultar económicas las varias alternativas y teniendo un cuadro anterior de las necesidades de energía eléctrica la Tabla I representa un posible escenario 16gico para Puerto Rico. La Tabla II representa la economía en combustible de petróleo que puede obtenerse con el escenario anterior.

EL impacto on la economía de Puerto Rico de una fracción de este escenario en términos de aumento en producto bruto y número de empleos adicionales se evalúan y están reportados en dicho estudio.

---Page Break---

(milesimas de dolar por kwh)

Índice

Actual

Coste Total

Costos Totales

Alternativas por

Energía Eléctrica en PR.

Inflación SW/ARO

Actualizados de Varias

Producción de

% Alternativa de

in

Viento (Sin Almacenaje de Energía)

jo pore Propositos

Ge Componente ai

Comparative con le Curve

Aceite Combustible.

Fuente CEEA Xx-72

Alto de Arronque

---Page Break---

2

Figuro 10

DIAGRAMA PARA DETERMINAR COSTOS BIOMASA

Finco

Modelo de Produccion

Terr, Fertilizantes,

Irrigacion, Pesticidas,

Semillas, Combustible

y Mano de Obra

??j

Modelo de Recoleccion

Inversion Copitat en
Moquinarie, Montenim

op

nts

clon

-??_1_____

Almocenojey Secado

Modelo de Tronsporcicn

Conte ae Else

Fuente CEEA x-72

---Page Break---

w

TABIA I

ESCENARIO PROPUBSTD DE PLANIAS ELECTRICAS A DESARROLLARSE

HASTA EL AND 2000

: 1-250MW en

- 1.280Kw -

: 1-250MW

. rg2somw

- os 1-250MW -

oe 1-500MWw oo

1s00mWw

---Page Break---

5

TAMA IT

» MILLONES DE BARRILES DE PETROLED A SER DESPLAZADOS POR EL ESCENARIO

?PROPUESTO EN TARIA I

(Centrales a 758 Factor de Capacidad)

Bionasa ome Fotovoltaico Viento

198088 =

1985, - 438 cee

1986 3.285, 438 arene

1987 6.7 438

1988 6.87 438 cee 09

1989 657 438 09

1390 6.87 438 on 08

991 657 27ate 09

1992 657 548 03

1993 687 5.48 2.74 09

1e94 657 822 274 09

1995 657 822 5.48 09

1995, 657 B22 5.48 09

1997 657 8.22 548 09

1998 657 13.70 5.48 09

1999 657 19.20 5.48 09

2000 657 19.20 5.48 09

Total: 95.265 101.308 38.36 1.17 236.103

(ay Bresiitento 600 Kah/aBL

(b) Bergfa calculada del viento diponible y caracterfsticas de la turbina

(©) Presume central OTEC experimental de 40 Mi es retirada

---Page Break---

im resumen, sometenos estas ideas a grandes rasgos para describir

?un cuadro energético-socioeconómico anexo para investigación detallada

en la querida hermana República Dominicana.

EL CEEA está en la mejor disposición de colaborar con la Rep-

ública en estos menesteres.

muchas gracias.

---Page Break---

see tee

Referencias

1) "The Global 2000 Report to the President" - Un informe preparado por el Consejo de Calidad Ambiental del Departamento de Estado (USA). Gerald O. Bamey - Director del Estudio.

2) "San Juan 2000" - Un informe preparado por el Municipio de

San Juan - 1977.

3) "Energy in Transition 1985-2010" - Comité de Energía Nuclear y Fuentes Alternas de = Consejo de Investigación Nacional (National Research Council) de 1a Academia Nacional de Ciencias- Washington, D.C. USA, Año 1979,

4) "Energy Analysis and Socio-Economic Considerations for Puerto Rico? = Modesto Iriarte, Jr. et al. Centro de Estudios Energéticos y Ambientales de 1a Universidad de Puerto Rico.

5) "Power Engineering Review" - mayo 1978.

6) "A Procedure for Estimating Non-Fuel Operation and Maintenance Costs for Large Steam Electric Power Plants", M. L. Myers and L. C. Filler, ORNL/T-6467, Jan. 1979.

---Page Break---