

**EFICIENCIA DE PAÍSES DESARROLLADOS EN EL CONTROL DEL USO DE
COMBUSTIBLES FÓSILES PARA GENERAR ENERGÍA.**

**EFFICIENCY OF DEVELOPED COUNTRIES IN CONTROLLING THE USE OF FOSSIL
FUELS TO GENERATE ENERGY.**

Leadina Sánchez Barboza, MSc.

Doctoranda en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad (Venezuela).

Magíster en Ingeniería Química (Venezuela).

Docente de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

lsanchezb@ups.edu.ec

Ramón Enrique Pérez Pineda, MSc.

Doctorando en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad (Venezuela).

Magíster en Ingeniería Eléctrica (Venezuela).

Docente de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

rperezp@ups.edu.ec

Carmen Vásquez Stanescu, PhD.

Doctora en Ciencias Técnicas (Cuba).

Docente en la Universidad Nacional Experimental Politécnica UNEXPO, VR-

Barquisimeto, Venezuela.

cvasquez@unexpo.edu.ve

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Recibido: 23 de octubre de 2016.

Aceptado: 21 de febrero de 2017.

RESUMEN

El sector energético es uno de los que más emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) genera debido a la quema de combustibles fósiles, razón por la cual debe optar por medidas que le permitan controlar sus emisiones. En este sentido, el objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia de 20 países desarrollados en el control del uso de combustibles fósiles para generar energía utilizando como herramienta el análisis

envolvente de datos (DEA) desde dos modelos: CCR y BBC. El estudio se realizó con el programa computacional MATLAB®. Para ello se usó la data del banco mundial para cuatro indicadores desde 1997 hasta 2012, y se formaron cuatro periodos de cuatro años cada uno. De los indicadores seleccionados, dos se tomaron como entradas y dos como salidas. Los resultados muestran que Suiza y Suecia se ubicaron sobre la frontera eficiente en todos los periodos considerados, demostrando un correcto uso de los recursos para controlar las emisiones de GEI en el sector energía. Por otro lado, el método BCC al ser menos restrictivo que el CCR permite mejorar las eficiencias relativas de los países en los todos los periodos considerados.

Palabras clave: eficiencia, DEA y sector energía.

ABSTRACT

The energy sector is one of the most emissions of greenhouse gases (GHG) generated due to burning fossil fuels, why should opt for measures that allow them to control their emissions. In this sense, the objective of this research is to determine the efficiency of 20 developed countries in the control of emissions GHG using data envelopment analysis (DEA) for two models as a tool: CCR and BBC. The run was performed using the computer program MATLAB®. For this, the World Bank data for four indicators was used from 1997 to 2012, and four periods of four years each were formed. Of selected indicators, two were taken as inputs and two outputs. The results show that Switzerland and Sweden were the countries on the efficient frontier in all the periods, demonstrating proper use of resources to control GHG emissions in the energy sector. On the other hand, the BCC method to be less restrictive than the CCR improves the relative efficiencies of the countries in all the periods.

Keywords: efficiency, DEA and energy sector.

INTRODUCCIÓN

El sector energético es el mayor contribuyente a la huella de carbono por las emisiones de GEI que se emite en la generación de energía. De hecho en todo el mundo, alrededor del 78-80% del CO₂ anual que se emite en el planeta se originan a partir de la quema de combustibles fósiles (IPCC, 2014). De esta manera, y debido a la tendencia sostenida del aumento del consumo de energía los países se enfrentan a una tarea titánica de controlar y reducir las emisiones de gases que contribuyan al cambio climático (Khondaker, Hasan, Rahman, Malik, Shafiullah, & Muhyedeen, 2016).

Determinar la eficiencia relativa de los países es un ejercicio que permite determinar a los mismos si las políticas dirigidas a determinadas áreas son las mejores, pudiendo replantearse la actualización de programas de acción en mejora de la calidad de vida y del desarrollo económico y social.

En este trabajo se analiza un clúster de países que corresponde a 20 de 24 países (excepto Comunidad Económica Europea, Islandia, Luxemburgo, Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda del Norte) que son enlistados en el Anexo II del documento resultante de la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) realizada por la Organización de las Naciones Unidas en 1992 (ONU, 1992). De acuerdo al documento mencionado, las partes enlistadas se comprometieron a ayudar a los países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, así como al hacer frente a los costos que entrañe su adaptación a esos efectos adversos (ONU, 1992). De tal manera, que en la CMCC de 1992 se establece que estos países serían una especie de “mentores” para los países en vías de desarrollo, siendo esta es la razón de la elección de este grupo de países; se eligen estos países para determinar qué tan eficientes han sido, comparándose entre ellos, es decir, se determina la eficiencia relativa.

Por su parte, en 1996 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (IPCC, 1996), prepara un documento en respuesta a una petición de la CMCC de 1992. En éste se describen las tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático encontrando propuestas para el sector de edificios residenciales, comerciales e institucionales, el sector de transporte, el sector industrial, el sector agrícola, el sector forestal, para la eliminación de desechos sólidos y aguas residuales, y por último *el sector del suministro de energía*. El IPCC manifiesta que entre los métodos a utilizar en el futuro (que es hoy) para minimizar las emisiones de los GEI se encuentran, la conversión más eficiente de combustibles fósiles; el cambio a combustibles fósiles con poco carbono; la descarbonización de gases de escape y combustibles, y el almacenamiento de CO₂; el cambio a energía nuclear, y el cambio a fuentes de energía renovables (IPCC, 1996).

De lo anterior, se toman de la base de datos del Banco Mundial (BM) cuatro (4) indicadores, entre ellos: consumo de energía procedentes de combustibles fósiles; total de GEI emitidos; consumo de energía nuclear y alternativa y Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. Los años de estos indicadores son desde 1997 hasta 2012; el año 1997 corresponde al año siguiente de la publicación del documento del IPCC (1996) y el año

2012 es el último año en común en el cual los cuatro (4) indicadores han sido actualizados en la web del BM.

El objetivo de este trabajo es determinar la eficiencia de países desarrollados en el control del uso de combustibles fósiles para generar energía eléctrica utilizando como herramienta el DEA y empleando cuatro indicadores como: consumo de energía procedentes de combustibles fósiles; total de GEI emitidos; consumo de energía nuclear y alternativa y Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. Esto con la intención de establecer qué país o países han sido los más congruentes con los acuerdos de CMCC de 1992 y las políticas establecidas por el IPCC (1996) en el periodo de tiempo de 1997 hasta 2012. En las secciones siguientes, se muestra una revisión teórica que enmarca la investigación, los materiales y métodos que se emplearon en el trabajo, los resultados y el análisis de los mismos, las conclusiones más relevantes de la investigación.

REVISIÓN TEÓRICA

Emisiones de GEI en el sector suministro de energía.

De acuerdo al IPCC (2014) las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad y los procesos industriales contribuyeron en alrededor de 78-80% del aumento de las emisiones de GEI totales de 1970 a 2010.

Es verdaderamente alarmante lo que establece el IPCC (2014) sobre que alrededor de la mitad de las emisiones acumuladas de CO₂ entre 1750 y 2010 se han producido en los últimos 40 años. De esta manera, en 1970 *las emisiones acumuladas de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles*, la producción de cemento y la combustión en antorcha desde 1750 fueron de 420 ± 35 GtCO₂; en 2010 ese total acumulado se triplicó hasta alcanzar los 1300 ± 110 GtCO₂.

Para el año 2050, las proyecciones publicadas por el IPCC (2014) indican que las emisiones directas de CO₂ procedentes del *sector del suministro de energía* casi se duplicarán o incluso podrían llegar a triplicarse, esto en comparación con el nivel de 14,4 GtCO₂/año del año 2010, a menos que se aceleren significativamente las mejoras en intensidad energética por encima de sus niveles de evolución histórica. En los últimos 10 años, *los principales contribuyentes al crecimiento de las emisiones han sido la creciente demanda energética y el aumento de la proporción de carbón en la combinación mundial de combustibles.*

De lo anterior, es evidente que resulta necesario un cambio en la matriz energética para la generación de energía, es decir, el cambio al uso de combustibles con poco carbono (IPCC, 1996) o mejor aún la descarbonización del sector, es decir, reducción de la intensidad de carbono, lo cual comprende: el cambio a fuentes de energías renovables y energía nuclear y Captura y Almacenamiento de Carbono, CAC (IPCC, 1996; IPCC, 2014).

La eficiencia y su medición por Análisis Envolvente de Datos.

Según Cordero (2006) los economistas están de acuerdo en que una asignación de recursos es eficiente cuando no existe otra posible asignación de los mismos que mejore alguna Unidad de producción sin perjudicar a otra. De tal manera, debe entenderse el concepto de eficiencia como relativo, es decir, la eficiencia está basada en la comparación de una Unidad con sus homologas en situaciones similares.

Para el análisis de eficiencia se emplean las fronteras de producción propuestas por Farell (1957). Farell consideró que la eficiencia económica de una Unidad de producción estaba formada por dos componentes: *eficiencia técnica*, que representa la habilidad de la Unidad para producir más, dados unos niveles determinados de insumos, y *eficiencia asignativa* que representa la habilidad de la Unidad para producir lo mismo usando las proporciones óptimas de sus insumos, dado el precio relativo de los mismos (Araujo, 2015).

La eficiencia técnica, manifiesta la capacidad que tiene una Unidad para obtener la máxima salida (productos) a partir de un conjunto dado de insumos (entradas), obtenida al comparar el valor observado de cada Unidad con el valor óptimo que viene definido por la frontera de producción estimada (Coll y Blasco, 2006).

La frontera de producción que permite la comparación de las Unidades en estudio debe ser determinada por técnicas de programación matemática como el DEA. Las Unidades de producción (empresas, países, etc) que determinan la envolvente, es decir, que establecen la frontera son consideradas eficientes y aquellas que no permanecen sobre la misma son consideradas ineficientes (Araujo, 2015).

El DEA permite la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de las Unidades que consumen los mismos insumos, en diferentes cantidades, para producir los mismos productos, en distintas cantidades (Araujo, 2015).

Según (Canay, 2002) el DEA es una herramienta matemática que se caracteriza por considerar ineficiente a toda Unidad (empresa, país, etc) que no esté en la frontera de producción (no estocástica) y considera que la distribución de los errores es libre, siendo menos propensa a errores de especificación (no paramétrica). El DEA también es una herramienta determinística, es decir, las Unidades analizadas comparten la misma frontera y las diferencia entre el comportamiento de éstas y la frontera son atribuidas a ineficiencias, ignorando o descartando la posibilidad que el desarrollo normal de una Unidad individual pueda ser afectada por factores que se encuentran totalmente fuera de su control, por ejemplo condiciones climáticas adversas (Canay, 2002). Para una revisión más profunda del DEA se debe revisar a Coll y Blasco (2006).

En este trabajo se emplean dos modelos del DEA. El primero de ellos es el DEA-CCR, denominado así por haber sido desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), este modelo mide las eficiencias radiales y bajo rendimientos de escala constante. En segundo lugar se tiene al modelo DEA-BCC, desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (1989), y de allí su nombre. Este último relaja el supuesto de rendimientos de escala constantes, que en gran parte de las ocasiones resulta excesivamente restrictivo y por tanto irreal (Coll y Blasco, 2006), permitiendo que la tipología pueda ser variable: esto es constante, creciente o decreciente. De acuerdo a Coll y Blasco (2006), el modelo DEA-BCC es una extensión del modelo DEA-CCR.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para determinar la eficiencia relacionada al control de emisiones de GEI de los 20 países considerados, se utilizaron cuatro indicadores disponibles en la base del BM disponible en su sitio web (www.worldbank.org) con los datos para 16 años, desde 1997 hasta 2012. Considerando que eran 16 años de valores, y en términos de manipular la data y los resultados de mejor manera, se realizaron cuatro periodos. El primer periodo corresponde a los años 1997-2000, el segundo pertenece a los años 2001-2004, el tercero corresponde a los años 2005-2008 y el último periodo para 2009-2012.

De la base de datos del banco mundial se tomaron cuatro indicadores, la información detallada de cada indicador se encuentra en la tabla 1.

Tabla 1. Indicadores utilizados.

Indicador	Descripción del indicador	Indicador empleado como variable de:
Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total del uso de la energía).	Valores <i>promedios</i> de cada periodo.	Entrada o insumo
Total de GEI emitidos (10^5 Kt CO ₂ eq).	Valores <i>acumulados</i> para cada periodo dividido entre 10^5 .	Entrada o insumo
Consumo de energía nuclear y alternativa (% del total del uso de la energía).	Valores <i>promedios</i> para cada periodo.	Salida o producto
Producto Interno Bruto (PIB) per cápita (US\$ a precios actuales).	Valores <i>promedios</i> de cada periodo.	Salida o producto

Fuente: elaboración propia.

En las tablas 2 y 3 se muestran las variables consideradas como entrada o insumo para determinar la eficiencia técnica de los países considerados. Seguidamente en las tablas 4 y 5 se muestran los datos de las variables de salidas.

Tabla 2. Consumo de energía procedente de combustibles fósiles.

(% del total del uso de la energía, valores *promedios* de cada 4 años).

País	1997-2000	2001-2004	2005-2008	2009-2012
Alemania	84,28	83,16	81,30	80,13
Australia	93,82	93,85	94,28	95,00
Austria	77,47	77,66	74,00	68,87
Bélgica	76,38	75,42	73,93	72,21
Canadá	76,29	76,42	74,49	73,62
Dinamarca	91,55	87,85	82,75	75,84
España	80,30	80,99	82,74	76,80
Estados Unidos	86,05	86,25	85,56	83,92
Finlandia	51,30	52,28	49,58	46,90
Francia	53,63	52,83	51,62	49,43
Grecia	94,09	94,06	93,02	90,92
Irlanda	90,92	92,31	90,70	88,22
Italia	92,08	91,28	90,58	85,31
Japón	80,11	82,16	82,24	86,53
Noruega	54,53	55,97	57,36	60,29
Nueva Zelandia	70,48	69,96	67,56	61,86
Países Bajos	94,52	94,02	92,68	92,68
Portugal	83,77	83,29	80,70	76,00
Suecia	35,09	35,70	33,20	32,91
Suiza	56,07	54,56	53,32	51,51

Fuente: los valores por año fueron tomados del Banco Mundial. Los autores determinaron el promedio por cada periodo considerado.

Tabla 3. Total de Gases de Efecto Invernadero emitidos.

(10⁵ Kt CO₂ eq, valores *acumulados* cada 4 años).

País	1997-2000	2001-2004	2005-2008	2009-2012
Alemania	422,00	406,75	394,10	377,97
Australia	411,32	452,70	398,71	343,48
Austria	33,70	36,22	38,11	36,60
Bélgica	59,62	56,78	54,05	54,00
Canadá	340,14	361,87	354,57	357,45
Dinamarca	30,09	28,33	27,07	23,88
España	141,83	160,40	171,20	142,96
Estados Unidos	2725,07	2803,85	2795,48	2623,29
Finlandia	31,16	34,78	32,85	30,46
Francia	226,67	224,83	218,99	206,15
Grecia	44,51	46,60	48,21	42,65
Irlanda	27,18	27,69	28,17	25,49
Italia	209,62	222,19	220,41	193,54
Japón	559,10	566,59	571,23	551,63
Noruega	29,67	28,79	28,63	25,93
Nueva Zelanda	28,93	31,41	32,89	30,62
Países Bajos	90,19	88,12	84,28	81,03
Portugal	32,72	34,85	33,68	29,17
Suecia	32,44	31,31	29,00	27,10
Suiza	21,53	21,68	22,24	21,96

Fuente: los valores por año fueron tomados del Banco Mundial. Los autores determinaron el promedio por cada periodo considerado.

Tabla 4. Consumo de energía nuclear y alternativa.

(% del total del uso de la energía, valores *promedios* de cada 4 años).

País	1997-2000	2001-2004	2005-2008	2009-2012
Alemania	13,53	13,83	13,60	12,35
Australia	1,40	1,38	1,27	1,60
Austria	12,01	10,80	10,32	11,40
Bélgica	21,58	21,19	21,15	21,33
Canadá	20,34	19,51	21,07	22,41
Dinamarca	1,39	2,42	3,05	4,24
España	16,00	15,46	13,82	18,13
Estados Unidos	10,56	10,69	10,88	11,88
Finlandia	21,38	19,62	20,23	20,86
Francia	44,13	45,21	45,55	46,05
Grecia	1,77	1,69	2,18	3,57
Irlanda	0,65	0,69	1,48	2,76
Italia	4,59	4,65	4,71	6,40
Japón	18,80	16,72	16,39	11,52
Noruega	41,21	38,01	40,21	35,84
Nueva Zelandia	23,51	23,06	25,20	31,79
Países Bajos	1,39	1,53	1,71	1,92
Portugal	4,56	4,60	4,62	8,30
Suecia	48,64	47,11	46,70	44,14
Suiza	39,69	39,62	38,08	39,69

Fuente: los valores por año fueron tomados del Banco Mundial. Los autores determinaron el promedio por cada periodo considerado.

Tabla 5. PIB per cápita.

(US\$ a precios actuales, valores *promedios* de cada 4 años).

País	1997-2000	2000-2004	2005-2008	2009-2012
Alemania	26225,28	28354,59	39664,63	43366,94
Australia	21766,09	23358,86	40163,44	56105,86
Austria	26392,61	29909,36	44161,52	48440,46
Bélgica	24805,26	28626,89	42162,02	45424,42
Canadá	22237,34	27002,85	41929,29	48199,58
Dinamarca	32597,11	37731,66	55885,24	58743,15
España	15263,44	19698,25	30820,37	30887,84
Estados Unidos	33898,17	39259,67	46801,99	49147,62
Finlandia	25274,49	30549,89	45444,93	47878,86
Francia	24181,43	27592,12	39609,47	41745,60
Grecia	13047,03	16770,29	27044,38	26196,92
Irlanda	24830,35	37390,41	56901,18	50491,57
Italia	21505,01	25289,78	35927,25	36493,69
Japón	34394,40	33521,11	35439,12	43797,21
Noruega	36483,85	47323,17	80724,81	92450,72
Nueva Zelanda	15293,85	19522,78	29554,78	35096,59
Países Bajos	26952,86	32650,31	48550,32	51313,39
Portugal	11939,59	14607,44	21550,52	22344,03
Suecia	29975,38	33986,15	49603,26	53752,81
Suiza	40077,05	45272,98	61872,38	78790,11

Fuente: los valores por año fueron tomados del Banco Mundial. Los autores determinaron el promedio por cada periodo considerado.

Métodos

Empleando el análisis envolvente se pudo determinar la eficiencia del sector energético en el control del uso de combustibles fósiles para generar energía eléctrica. Para ello se estima la frontera de producción mediante el DEA-CCR y DEA-BCC empleando el programa computacional MATLAB®, orientado a insumos, tomando los años desde 1997 hasta 2012, es decir 16 años, por lo que se dividieron en cuatro periodos (1997-2000, 2001-2004; 2005-2008; 2009-2012), como resultado del promedio de los años que conforman cada periodo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 6 se presentan las eficiencias técnicas de los países para cada periodo obtenida por los métodos DEA-CCR y DEA-BBC, ambos orientados a insumos. Como es de notar Suecia y Suiza se ubicaron sobre la frontera de producción en los 4 periodos considerados y por ambos métodos, demostrando su eficiencia en el control del uso de combustibles fósiles para generación de energía eléctrica.

Tabla 6. Eficiencia técnica de los países para cada periodo por DEA-BCC y DEA-CCR.

País	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR
	1997-2000		2001-2004		2005-2008		2009-2012	
Alemania	0,416	0,364	0,429	0,358	0,408	0,327	0,411	0,331
Australia	0,374	0,272	0,380	0,261	0,352	0,285	0,364	0,362
Austria	0,685	0,468	0,653	0,455	0,638	0,423	0,651	0,451
Bélgica	0,510	0,397	0,520	0,412	0,509	0,390	0,489	0,390
Canadá	0,460	0,341	0,467	0,371	0,446	0,377	0,447	0,401
Dinamarca	0,715	0,582	0,765	0,638	0,821	0,732	0,919	0,686
España	0,437	0,223	0,441	0,255	0,401	0,249	0,428	0,246
Estados Unidos	0,502	0,461	0,507	0,478	0,388	0,366	0,392	0,359
Finlandia	0,876	0,638	0,806	0,651	0,811	0,634	0,834	0,642
Francia	0,654	0,594	0,676	0,648	0,643	0,627	1,000	0,694
Grecia	0,542	0,188	0,524	0,209	0,505	0,206	0,534	0,187
Irlanda	0,792	0,491	0,783	0,647	0,789	0,716	0,861	0,552
Italia	0,381	0,273	0,391	0,291	0,366	0,265	0,386	0,262
Japón	0,553	0,503	0,435	0,429	0,404	0,288	0,380	0,310
Noruega	0,891	0,885	1,000	0,984	1,000	1,000	1,000	1,000
Nueva Zelanda	0,773	0,450	0,738	0,417	0,722	0,455	0,759	0,591
Países Bajos	0,371	0,334	0,380	0,365	0,358	0,351	0,355	0,339
Portugal	0,664	0,199	0,640	0,210	0,661	0,227	0,753	0,213
Suecia	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Suiza	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: elaboración propia utilizando MATLAB®.

Otro aspecto interesante de los resultados es el comportamiento de Francia en el último periodo (2009-2012), este país obtiene una eficiencia de 0,694 por el método DEA-CCR, pero se ubica sobre la frontera de producción por el método DEA-BCC, debido a que este método es menos restrictivo que el primero. Esta condición también se observa para el caso de todos los países (excepto Suiza y Suecia), en donde la eficiencia por DEA-BCC es mayor que la obtenida por DEA-CCR.

Por otro lado, Noruega resulta ser eficiente en casi todos los periodos considerados, por al menos uno de los métodos aplicados, excepto para el periodo 1997-2000, lo cual muestra que este país ha ido avanzando en el control del uso de combustibles fósiles en el sector energía.

Estados Unidos llama la atención porque su eficiencia relativa disminuye desde el primer periodo (1997-2001) hasta el último (2009-2012), lo cual supondría una desmejora de este país en el control del uso de combustibles fósiles en el sector energía, siendo esto de especial interés, ya que es el país que más emisiones de GEI genera, al igual que China.

Los resultados obtenidos indican que el control del uso de combustibles fósiles en el sector energía es bastante complejo puesto que depende de un conjunto de medidas que deben ser estudiadas e implementadas por cada uno de los países de acuerdo a su matriz energética y para ello debe tomarse como base las recomendaciones y proyecciones emanadas por el IPCC, ya que es el ente oficial para tal fin.

Por otro lado, resulta interesante determinar la función de producción objetivo, es decir, los niveles de insumos (consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total del uso de la energía) y total de GEI emitidos (10^5 Kt CO₂ eq)) que convertirían a los países ineficientes en eficientes.

CONCLUSIONES

De los países en evaluación los más eficientes resultaron ser Suecia y Suiza, esto para ambos métodos utilizados y también para los cuatro periodos considerados, demostrando su compromiso con la reducción de emisiones de GEI en el sector energía, sector de especial cuidado por ser el que más emite debido a la quema de combustibles fósiles (carbón, aceite, petróleo y gas natural).

La eficiencia de los Estados Unidos en la capacidad de controlar sus emisiones llama la atención, ya que las misma disminuye a través del tiempo, dejando en “tela de juicio” a este país, que es muy controversial debido a que es uno de los países que más emisiones de GEI produce, al igual que China

Resulta necesario evaluar la eficiencia de las políticas públicas establecidas por los Estados o gobiernos de los países para el control de las emisiones de GEI por la generación de energía eléctrica, pudiendo considerar diferentes clúster de países o zonas geográficas, como, Europa, Asia y América Latina, lo cual constituye una investigación activa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, G. (2015). Eficiencia técnica de los niveles de electrificación de países latinoamericanos. *Revista Digital de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Vicerrectorado Barquisimeto. Venezuela.* 5 (4), 977-993. Recuperado de <http://redip.bqto.unexpo.edu.ve/index.php/redip/article/view/301/138>

Canay, I. (2002). *Eficiencia y productividad en Distribuidoras Eléctricas. Repaso de la Metodología y Aplicación.* Centro de Estudios Económicos de la Regulación. Universidad Argentina de la Empresa. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://www.uade.edu.ar/DocsDownload/Publicaciones/4_226_1586_STD035a_2001.pdf

ONU. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Coll, V., & Blasco, O. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los modelos básicos. Universidad de Valencia.

Cordero, J. (2006). Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos. Una aplicación a la educación secundaria en España (Tesis de Doctorado) Badajoz, España. Recuperado de: <http://biblioteca.unex.es/tesis/9788477238188.pdf>

Farrell, J. (1957). The measurement of productivity efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society.* 120 (3), 253-290. Recuperado de: <http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Farrell%201957.pdf>

IPCC (1996). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático.* Documento técnico I. [Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R. (eds.)]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-I-sp.pdf>.

IPCC. (2014). *Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático.* Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto

Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf.

Khondaker, A., Hasan, Md., Rahman, S., Malik, K., Shafiullah, Md., & Muhyedeen, M. (2016). *Greenhouse gas emissions from energy sector in the United Arab Emirates – An overview*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59. Pp.1317–1325.

World Data Bank. Recuperado de <https://www.worldbank.org/>

Licencia Creative Commons



Revista Científica ECOCIENCIA está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).