

Indicadores de Desarrollo Energético Sustentable. Caso: Quintana Roo, México

Indicators for Sustainable Energy Development. Case: Quintana Roo, México

José Hernández-Rodríguez
Roberto Acosta-Olea
Gliserio Romeli Barbosa-Pool
Jorge Ovidio Aguilar-Aguilar
Mónica Ariadna Chargoy-Rosas*
Pedro Quinto-Diez**

Recibido: septiembre 29 de 2016

Aceptado: julio 05 de 2017

Resumen

En este trabajo se analiza la evolución de algunos indicadores del Desarrollo Energético Sustentable del estado de Quintana Roo, México. El periodo estudiado comprende de 2006 a 2014. Su economía se basa principalmente en el turismo; y con base en el balance energético del estado, los combustibles fósiles son los principales energéticos consumidos (59%) y se emplean principalmente en el sector transporte. Para esta investigación se han seleccionado como principales indicadores el grado de acceso a la electricidad, la emisión de contaminantes por la generación de ésta, así como el consumo de energía global y por sectores en relación con el número de habitantes, y al producto interno bruto. El resultado de la aplicación de los indicadores del desarrollo sustentable ha mostrado un ligero decremento de las condiciones respecto al año base de 2006.

Palabras clave: desarrollo sustentable, indicadores energéticos, Quintana Roo, México.

Abstract

This paper analyzes the evolution of some sustainable energy development indicators in the State of Quintana Roo, Mexico. The studied period includes from 2006 to 2014. The State of Quintana Roo's economy is mainly based on tourism, and according to the state energy balance, fossil fuels are the most consumed (59%), and they are employed in transport sector. For this paper, access to electricity, pollutant gasses by the electricity generation, global and sector energy consumption related to inhabitants number, as well as Gross Domestic Product were selected as indicators. The application of these indicators showed as a result a light decrease in sustainable energy development with respect to 2006.

Keywords: Sustainable development, Energy indicators, Quintana Roo, México.

*Universidad de Quintana Roo, México, **Instituto Politécnico Nacional. E-mail: josherna@uqroo.mx

Introducción

El desarrollo sustentable ha generado aparentemente una visión innovadora a la humanidad en este nuevo siglo, toda vez que es un concepto que propone la protección de la naturaleza, además de la equidad social, presente y futura (García, et al., 2003: 55-59). El concepto de desarrollo sustentable, tal como hoy se entiende, se ubica en 1983 cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la Comisión sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, lo que llevó a lo que actualmente se conoce como el Informe Brundtland (Amemiya, 2012: 2-11). En este informe se establece como definición de Desarrollo Sustentable lo siguiente: “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades” (WECD, 1987). Entonces, el desarrollo sustentable no es algo fijo o un estado final que puede alcanzarse, sino un proceso dinámico, como lo estableció Mog (2004), en donde las futuras generaciones con mayor conocimiento y tecnología, así como diferentes necesidades interpretarán este concepto a su manera y con diferentes objetivos de los actuales. Asimismo, para Meadows (1998), el desarrollo sustentable entonces “depende de un punto de vista global y de los valores de la sociedad”.

Hoy en día, la tendencia mundial, en el aspecto del desarrollo económico, es la transición de las economías agrícolas de subsistencia a las sociedades modernas industriales y orientadas hacia los servicios (Kemmler, Spreng, 2007) en donde un factor clave de esta transición lo constituye el contar con un suministro de energía adecuado, accesible y seguro. Dado que la energía es imprescindible para potenciar el bienestar social y económico, debe ser empleada de forma que no provoque mayor deterioro del medio ambiente, por lo que si se busca seguir avanzando en el bienestar social y económico, entonces se requiere de un desarrollo energético que sea sustentable.

Existen diversos trabajos que se han llevado a cabo respecto al tema del desarrollo energético sustentable, tales como: Henrik Lund et al. (2007), quienes realizaron un análisis de dos modelos de sistemas de energía comparando las metodologías empleadas, el cual se enfoca en estudiar el sistema eléctrico y de energías renovables tanto de una región como de un país completo; Kapil Narula et al (2006) analizaron indicadores de seguridad energética aplicados principalmente a países en desarrollo; Andreas Kemmler et al. (2007) establecieron que en éstos el uso de indicadores sociales para medir pobreza e igualdad de oportunidades deben considerarse a la par de los

aspectos económicos y ambientales para medir la sustentabilidad energética; Claudia Sheinbaum et al. (2007) aplicaron la metodología de la AIEA (Agencia Internacional de Energía Atómica) para analizar la evolución de los indicadores del desarrollo energético sustentable en México; asimismo, Ivan Vera et al. (2007) expusieron un trabajo similar para el caso de Brasil; finalmente, Kostantinos D. Patlitzianas et al. (2009) realizaron una revisión en cuanto a las metodologías de los indicadores del desarrollo energético sustentable.

Los indicadores energéticos del desarrollo sostenible (IEDS) han sido diseñados con el objeto de proporcionar información sobre las tendencias en materia de energía buscando apoyar la adopción de decisiones por parte de los gobiernos de los distintos países en la evaluación de sus políticas energéticas. Los IEDS se enfocan en tres dimensiones: social, económica y ambiental. De esta forma, se busca que los indicadores energéticos no sólo sean parámetros estadísticos, sino que sean un instrumento para proveer un entendimiento más profundo de las relaciones entre energía, economía y medioambiente. En su conjunto, estos indicadores pueden dar una imagen del sistema de energía, incluyendo vínculos y compromisos entre diferentes dimensiones del desarrollo sustentable, así como las implicaciones a largo plazo de las decisiones actuales y el comportamiento a través de los cambios en los valores de esos indicadores que en el tiempo marcan el progreso o la falta de éste hacia dicho desarrollo (OIEA, 2008).

En México, a nivel país se han realizado trabajos para la aplicación de los indicadores energéticos del desarrollo sustentable, pero a nivel de un estado o región particular sólo se conoce el trabajo de la Universidad de Guanajuato que desarrolló dicho análisis para Quintana Roo y Baja California, aunque únicamente se consideraron dos años: 2008 y 2009 (OIEA, 2008). En este trabajo se busca analizar la evolución de algunos indicadores energéticos del desarrollo sustentable para el caso particular del estado de Quintana Roo, México, considerando el periodo 2006 a 2014.

Metodología

El modelo desarrollado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) y que ha sido aceptado por todos los países miembros de la OECD (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) se basa en la "*Fuerza directriz-Estado Respuesta*", el cual muestra las fuerzas (o causas)

directas o indirectas que afectan el estado del sistema energético y lo modifican como respuesta (OIEA, 2008). Se considera que en un sistema energético sustentable existe una interacción entre las dimensiones económica, social y medio ambiente. La importancia de cada dimensión e indicadores radica en que constituyen elementos para la toma de decisiones del gobierno que busque mantener un suministro de energía acorde a su desarrollo económico, que permita el bienestar social y preserve el medio ambiente.

Para estudiar el caso del estado de Quintana Roo, en primera instancia se realiza un análisis general de la situación energética del país para, posteriormente, desarrollar el balance energético del estado, el cual permite, con la ayuda de algunos parámetros económicos y sociales adicionales, obtener los indicadores energéticos del desarrollo sustentable. Para este estado, se presenta una situación particular, ya que la información disponible se encuentra englobada a nivel peninsular, es decir, los datos de Quintana Roo, Campeche y Yucatán no están por separado, por lo que se tuvo que emplear la metodología de Sheinbaum *et al.* (2012) empleando las siguientes relaciones:

Consumo de gas LP de los sectores comercial e industrial:

$$C_{gas LP} = \frac{C_{nal sec}}{PIB_{nal}} PIB_{edo}$$

Consumo gas LP, de los sectores residencial y transporte:

$$C_{gas rt} = \frac{C_{nal sec}}{V_{urb nal}} V_{urb edo}$$

Consumo Queroseno (combustible aviación):

$$C_{quer} = \frac{C_{quer nal}}{V_{nal}} V_{edo}$$

Consumo Leña:

$$C_{leña} = \frac{C_{leña nal}}{V_{rur nal}} V_{rur edo}$$

Consumo gasolina

$$C_{gas} = \frac{C_{gas pen}}{Pob_{pen}} Pob_{edo}$$

Después, se elaboran los indicadores y finalmente se obtiene el índice de sustentabilidad energética considerando como año base 2006, y ponderando cada indicador con respecto a dicho año base, para lo cual se usa:

$$I_{it} = \sum_{j=1}^n \left[w_j \left(\left(\frac{E_{i,j,t}}{E_{i,j,t=0}} \right) - 1 \right) \right]$$

Finalmente, el índice agregado o global será la suma ponderada de los índices de cada dimensión (OIEA, 2008).

Indicadores Energéticos del Desarrollo Sustentable

Los indicadores propuestos por la IAEA son 30, y se han clasificado en 3 dimensiones (social, económica y ambiental), los cuales a su vez se dividen en 7 temas y 19 subtemas, aunque algunos pueden estar repetidos dadas las interrelaciones entre cada uno de ellos. En la tabla 1 se muestra dicha clasificación hasta el nivel de subtemas.

Debe destacarse que es necesario que los indicadores propuestos sean interpretados en el contexto particular de la economía de cada país y de sus recursos energéticos (Foladori, Rivera, 2016), ya que sólo así pueden adecuarse a la realidad y características especiales de cada caso. Por eso, no todos los indicadores se aplican a todos los países por igual, ya que estos deben seleccionarse de acuerdo a sus propias particularidades que mejor se les adecuen.

México, después integrarse a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1994, tuvo que cumplir con los requisitos internacionales de información ambiental, por lo que se crearon dos sistemas de información: el Sistema de Cuentas Ecológicas y Económicas de México (SCEEM), de donde se obtiene el Producto Interno Neto Ecológico (PINE); y el sistema conformado por los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS). Este último es un paquete de 113 indicadores, cuyo objetivo es el de conjuntar la información necesaria para determinar si se está tendiendo hacia la sustentabilidad, pero dichos indicadores están a nivel de todo el país (INEGI, 2015).

Tabla 1. Clasificación de dimensión y temas para los indicadores energéticos

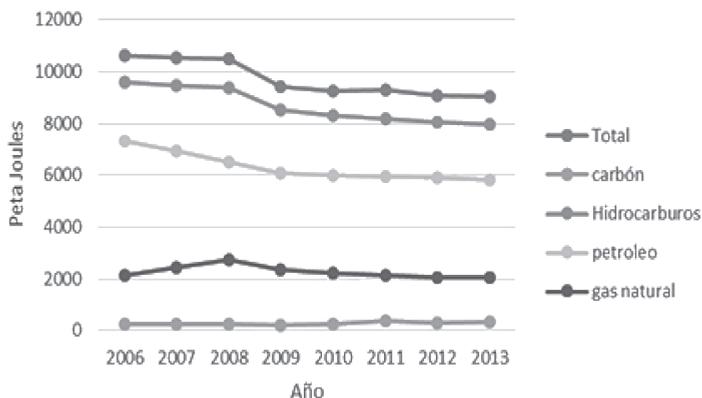
Dimensión	Tema	Subtema
Social	Equidad	Accesibilidad
		Asequibilidad
		Disparidades
	Salud	Seguridad
Económica	Patrones de uso y producción	Uso global
		Productividad global
		Eficiencia del suministro
		Producción
		Uso final
		Diversificación
		Precios
		Seguridad
	Reservas estratégicas de combustibles	
	Ambiental	Atmósfera
Calidad del aire		
Agua		Calidad del agua
Tierra		Calidad del suelos
		Bosques
Generación y gestión de desechos		

Situación energética general de México

México es un país cerca de 121 millones de habitantes (INEGI, 2015), distribuidos en una superficie territorial de 1'973,000 km²; ocupa el 9° lugar en el mundo como exportador de petróleo, y más del 80% de la energía que produce proviene de los combustibles de origen fósil (SENER,2016) tal y como se observa en las figuras 1 y 2 durante el periodo 2006-2013. En la figura 3, se nota que México ha sufrido una disminución en la producción de petróleo debido al declive de uno de sus principales yacimientos Cantarell ubicado en la sonda de Campeche. Así, dicho declive en la producción de petróleo también se refleja en la disminución de las reservas probadas, como se muestra en la figura 4, las cuales, de continuar el ritmo actual de explotación, tendrían una duración estimada de 10.8 años según el informe de la British Petroleum (BP) del año 2016 (British Petroleum, 2016).

Por otra parte, el índice de independencia energética del país ha tendido a disminuir en los últimos años debido al mayor consumo de energía, y que asociada con la disminución en la producción de la misma, llevó a que en 2013, se tuviera un valor de 1, lo cual implica que la misma cantidad de energía producida en dicho año fue la que se consumió (tabla 2).

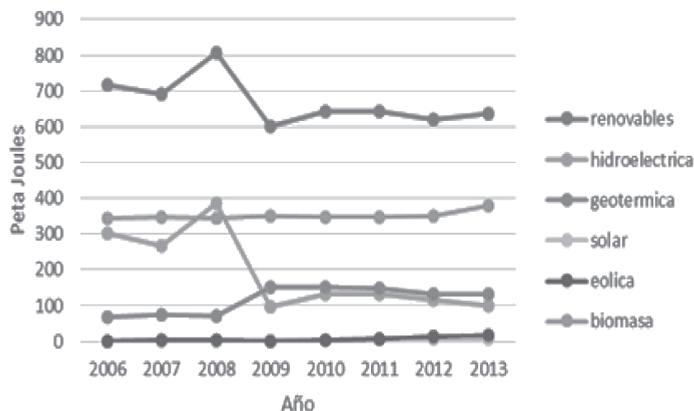
Figura 1. Producción energía primaria en México



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER del año 2016.

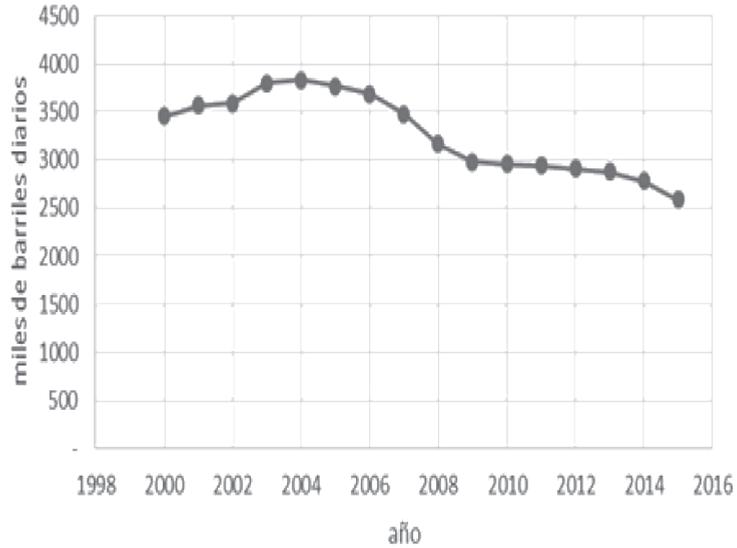
Algunos de estos factores son los que el gobierno, en su momento, manifestó como argumentos para buscar a través de la reforma energética del año 2008 la renovación al impulso del sector energético.

Figura 2. Producción de energía en México a partir de fuentes renovables



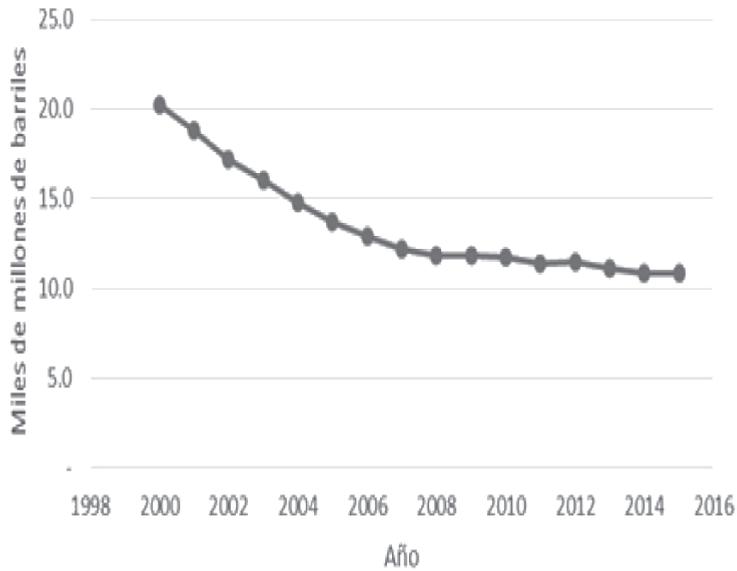
Fuente: elaboración propia con base en información de SENER del año 2016.

Figura 3. Producción de Petróleo en México



Fuente: elaboración con base en información de BP del año 2016.

Figura 4. Variación de las reservas probadas de petróleo en México



Fuente: elaboración propia con base en información de BP del año 2016.

Tabla 2. Índice de independencia energética

Índice de independencia Energética	
2003	1.44
2004	1.4
2005	1.3
2006	1.28
2007	1.23
2008	1.17
2009	1.12
2010	1.1
2011	1.05
2012	1.02
2013	1
2014	1.023409

Fuente: SENER (2016).

Indicadores Energéticos para Quintana Roo

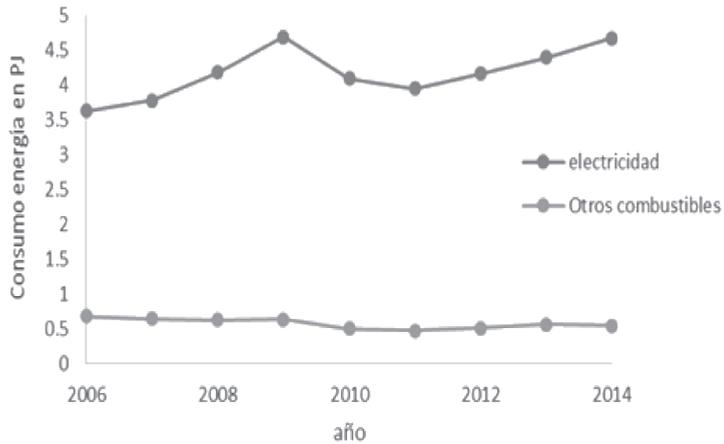
El estado de Quintana Roo tiene como actividad económica predominante el sector servicios (turismo). En este estado existen seis plantas para la generación de energía eléctrica, de las cuales cinco son con tecnología turbogas y una de diesel, cuyas capacidades se muestran en la tabla 3. Hay pocas industrias de gran tamaño aparte del ingenio azucarero “San Rafael de Pucté” y el campo agrícola cuenta con poco desarrollo.

Tabla3. Capacidad de generación de energía eléctrica en Quintana Roo

Planta de Generación	Capacidad Instalada
Central turbogas de Chankanaab	53 MW
Central turbogas Xul ha	39.7 MW
Central turbogas Nizuc	88 MW
Central turbogas Cancún.	102 MW
Energía y Agua Pura de Cozumel S. de R.L. de C.V.	32 MW
Central Diesel Holbox	3.2 MW
Total	317.9 MW

Fuente: SEMARNAT (2016).

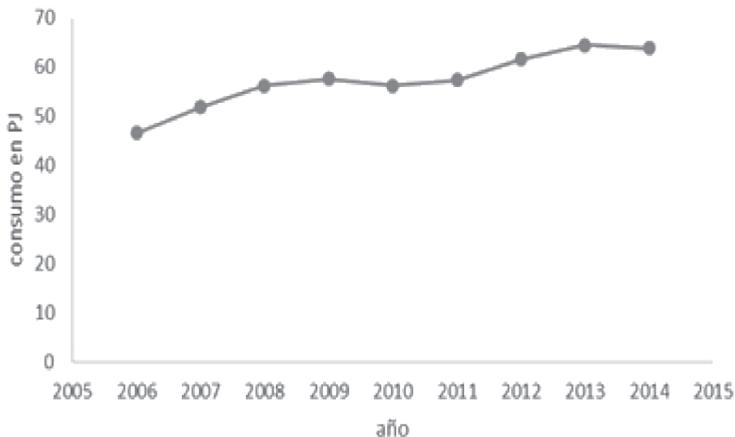
Figura 5. Consumo de energía en Quintana Roo, en los sectores agropecuario e industrial



Fuente: elaboración propia en base a información de SENER del año 2016.

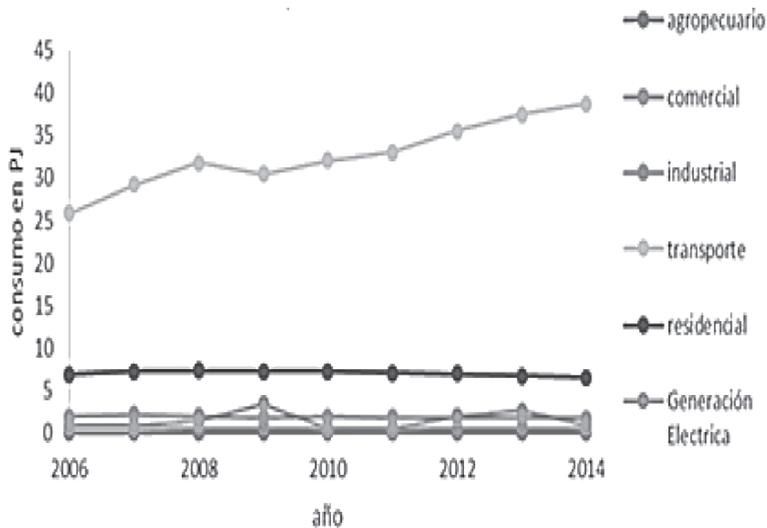
En la figura 5 se muestra que cerca del 80% de la energía que se consume en el estado de Quintana Roo en los sectores productivos (agropecuario e industrial) proviene de la electricidad. También, en la figura 6, se puede observar que el consumo anual de energía del estado aumentó de 46.5 a 63.7 PJ durante 2006-2014, lo que representa un incremento del 37%. Al analizar el consumo de energía por sector, se advierte (figura 7) que en el sector transporte se presenta el mayor consumo de combustibles primarios.

Figura 6. Consumo anual de Energía en Quintana Roo



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER del año 2016.

Figura 7. Consumo de energía por sector en Quintana Roo



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI del año 2016.

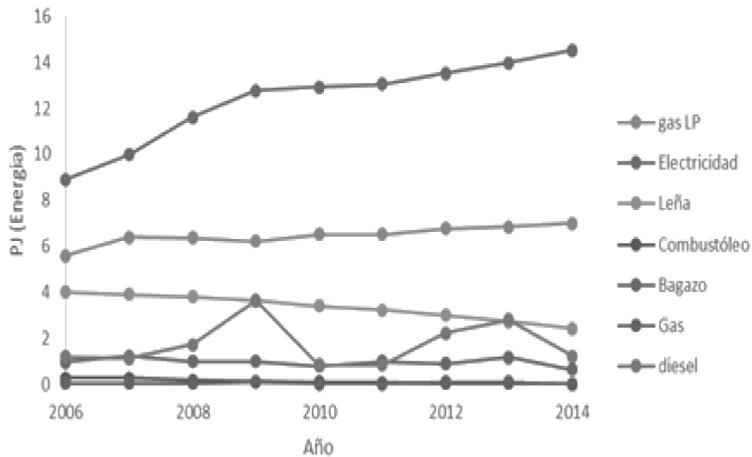
En la figura 8 se puede observar cómo se comporta el consumo de energía por tipo de fuente de energía. Sin considerar al sector transporte, se puede apreciar que la electricidad es el siguiente tipo de energía en orden de importancia. Para el análisis de la evolución de los indicadores energéticos de Quintana Roo, México, se utilizó la información oficial elaborada por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), la SENER (Secretaría de Energía) y la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), entre otras, y se ha seleccionado el periodo comprendido de 2006 a 2014.

Para este trabajo, se han seleccionado como indicadores representativos los siguientes: como indicador social, acceso a la energía eléctrica; para los indicadores económicos, consumo energía per cápita, consumo energía por unidad de PIB, porcentaje del ingreso económico en el hogar dedicado a transporte, intensidad energética del sector agrícola, intensidad energética del sector industrial; y como indicador ambiental, emisiones de CO₂ por la generación de energía eléctrica. Se escogieron estos indicadores porque es la información a la cual se tuvo acceso.

En la parte social, el indicador que se ha utilizado es del subtema accesibilidad que indica el porcentaje de hogares con acceso a la energía eléctrica. En la figura 9 se presenta la evolución en la cobertura del servicio eléctrico tanto a nivel nacional como del estado de Quintana Roo. Como se

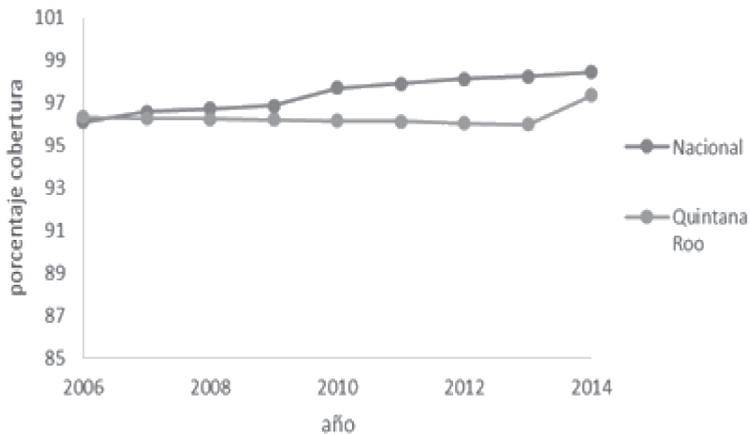
observa, hay cobertura de servicio entre el 98% y el 97% a nivel nacional y estatal, respectivamente. Esto implica una tendencia a disminuir en la cantidad de hogares sin acceso al servicio eléctrico; es decir, cada vez es menor la población que carece de acceso a los servicios de electricidad.

Figura 8. Consumo de Energía por fuente



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI del año 2016.

Figura 9. Comparación del porcentaje de hogares con acceso a electricidad en el estado

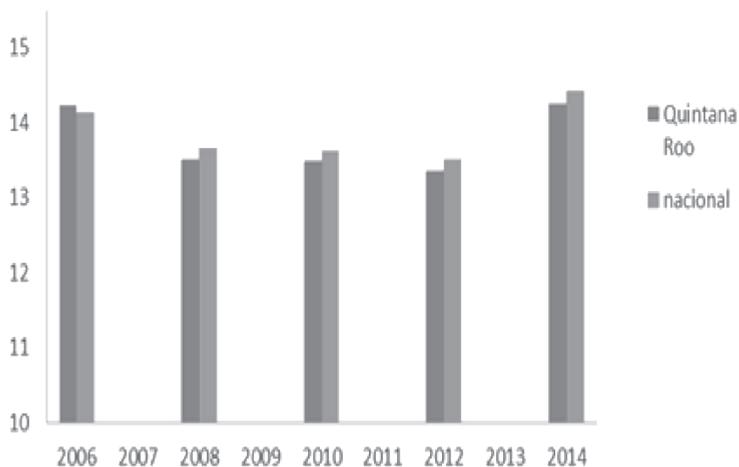


Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI, del año 2016.

En el aspecto del gasto económico que las familias dedican al transporte, en los tres años más recientes (2012 a 2014) se observa una tendencia al alza, ya que creció del 12.9 % al 13.4% y finalmente se alcanzó un valor de 14.25%,

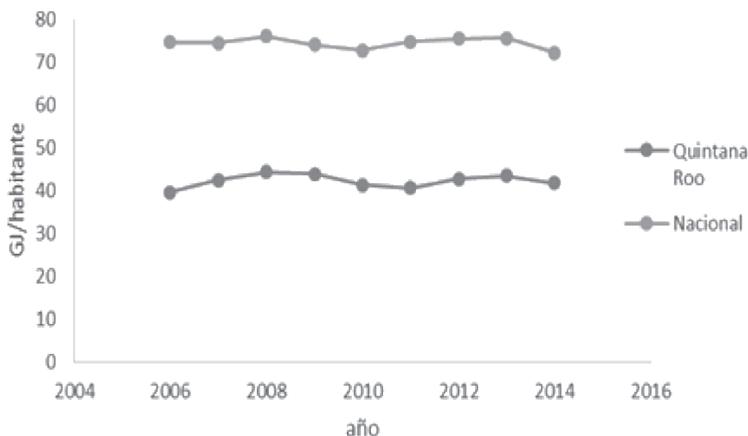
un comportamiento parecido al registrado a nivel nacional (figura 10). Otro de los indicadores económicos se observa en la figura 11, donde se presenta la evolución en el consumo de energía total per cápita para el periodo 2006-2014.

Figura 10. Gasto familiar en transporte (%)



Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI del año 2016.

Figura 11. Comparación del consumo de energía per cápita

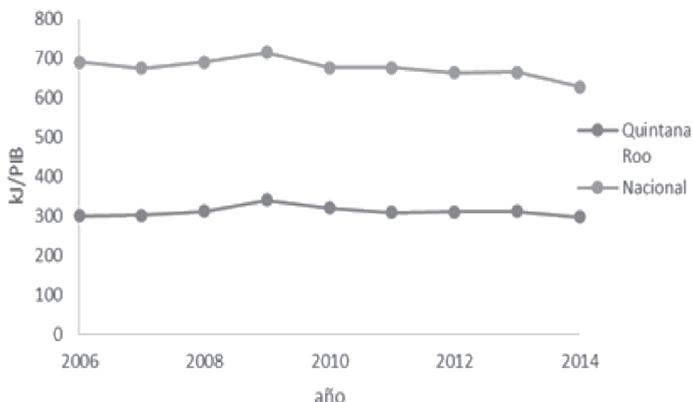


Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI del año 2016.

En la figura 11 se observa una oscilación en este indicador, en donde en 2008 alcanzó su valor máximo (44.2 GJ/hab) para después disminuir entre 2009 y 2011, volviendo a incrementarse para alcanzar un valor de 43.3 GJ/hab en 2013 y finalmente establecerse en 41.6 GJ/hab en 2014. Esta fluctuación en el comportamiento del consumo de energía per cápita también se observa a nivel nacional donde en 2008

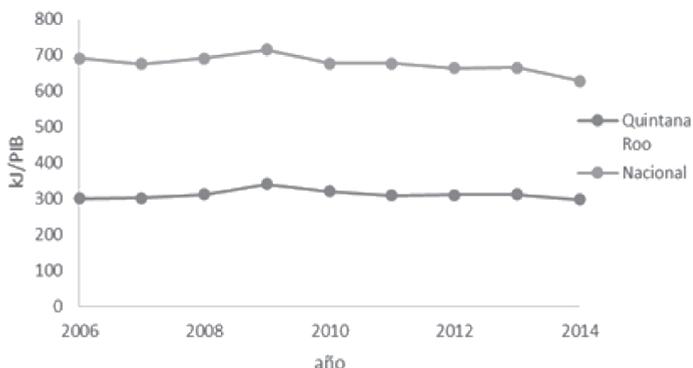
se alcanzó el máximo de consumo por habitante de 75.98 GJ/hab, para después ir disminuyendo hasta quedar en 72.04 GJ/hab en 2014. Al analizar el comportamiento del consumo de energía por unidad de Producto Interno Bruto (PIB) (figura 12), para el periodo 2006-2014 se observa que después del año 2009, cuando alcanzó su punto máximo (340.5 kJ/unidad de PIB), este indicador ha tendido a disminuir para situarse en el 2014 en 297.5 kJ/unidad de PIB, siendo esta disminución del 12.6%. Dicho indicador que es de un nivel más global es coherente con el observado en forma particular para el consumo de energía industrial y agropecuaria (figuras 13 y 14). En el caso del sector industrial en Quintana Roo, se puede observar que el indicador prácticamente es constante en los últimos cuatro años; por lo tanto, se puede considerar que se mantiene sin cambio.

Figura 12. Consumo de Energía por unidad de PIB, comparación nacional con respecto a Quintana Roo



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI del año 2016.

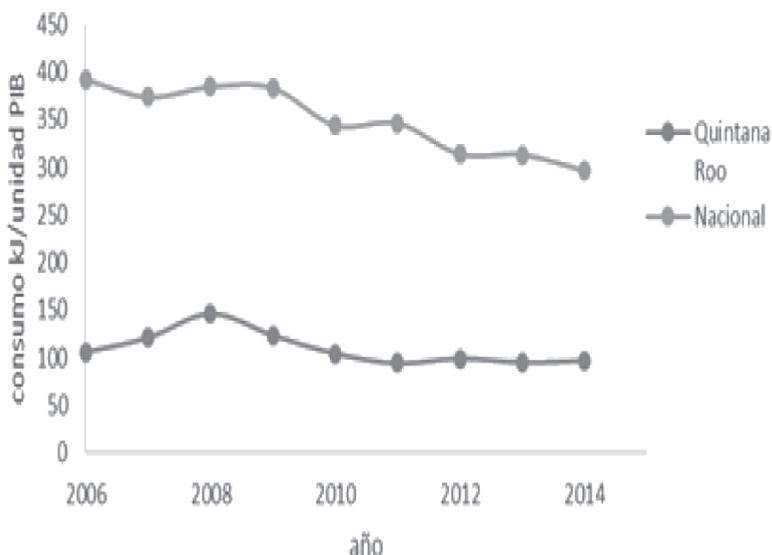
Figura 13. Comparación de los indicadores nacional y estatal del consumo de energía/PIB en el sector industrial



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI del año 2016.

En el caso del indicador para el sector agropecuario, en 2008 alcanzó su máximo valor de 146.3 kJ/unidad de PIB y después comenzó a disminuir; de 2013 a 2014, volvió a incrementarse de 95.3 a 97 kJ/unidad de PIB.

Figura 14. Comparación de los indicadores nacional y estatal del consumo de energía/PIB en el sector agropecuario



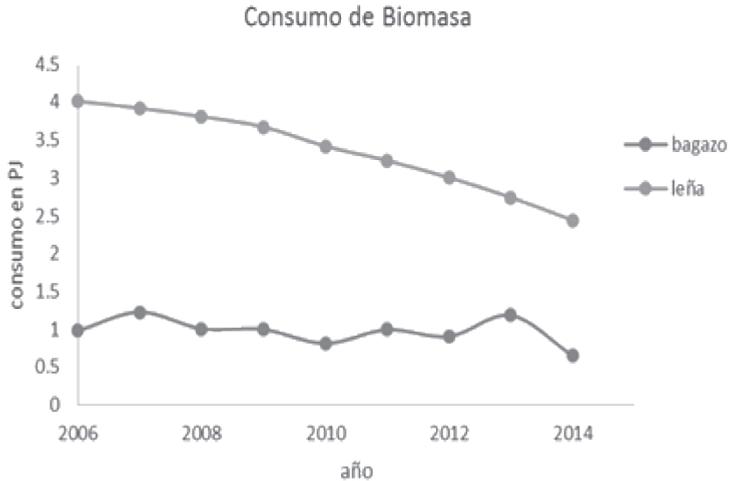
Fuente: elaboración propia en base a información de SENER e INEGI del año 2016.

En el aspecto de las energías renovables, Quintana Roo sólo tiene un generador eólico de 1.5 MW en la zona de Cancún; y, aunque hay diversos sistemas fotovoltaicos que desde 1995 se han instalado en el estado, no hay un censo fiable y han sido, normalmente, para generar energía de autoconsumo, por lo que no existe una fuente de información confiable de la aportación de las energías renovables al sistema energético del Estado. En relación al uso de la biomasa, se consideran básicamente los consumos de bagazo de caña y leña, los cuales han disminuido debido, principalmente, a que el uso de la leña tiene una tendencia a disminuir, como se observa en la figura 15, en tanto que el consumo de bagazo casi se ha mantenido constante al ser la fuente de combustible para el ingenio azucarero.

Dentro de los indicadores ambientales, en la figura 16 se muestra la evolución en las emisiones de CO² con relación a la generación de energía eléctrica en el estado. Asimismo, se expone que en 2009 se presentó la máxima

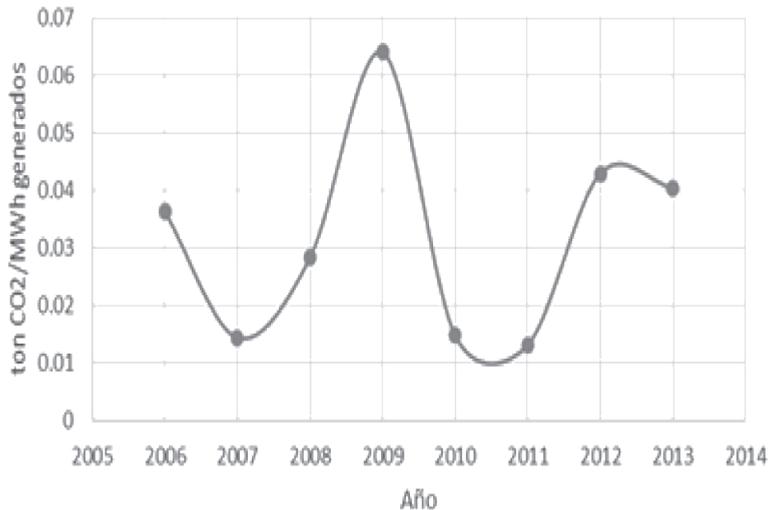
generación de CO² por MWh de energía eléctrica producida en el estado, pero después hay una disminución importante entre 2010 y 2011, para después crecer otra vez en los años 2012 y 2013 (cuando alcanzó el valor de 0.04 ton CO₂/MWh generado), último año del cual existen datos.

Figura 15. Consumos de bagazo y leña en el estado



Fuente: elaboración propia con base en información de SENER e INEGI del año 2016.

Figura 16. Emisiones de CO² en el estado por generación de energía eléctrica

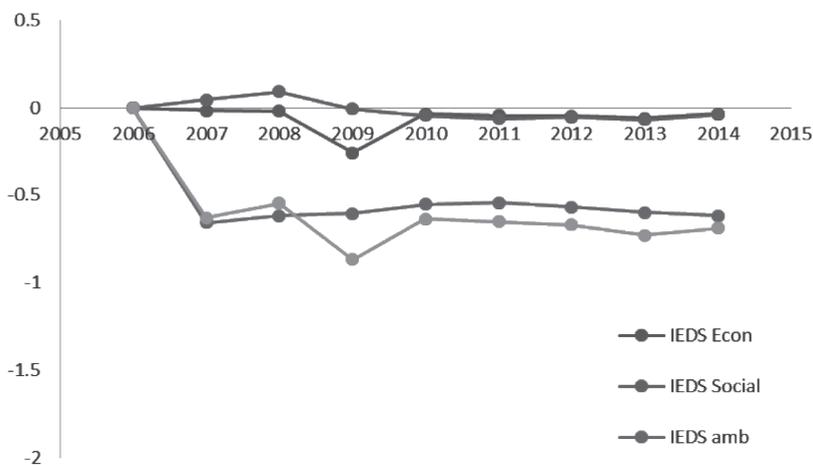


Fuente: elaboración propia con base en información de SEMARNAT del año 2016.

En la figura 17 se presenta la evolución de los indicadores del desarrollo sustentable en sus dimensiones económica, social y ambiental, así como un indicador global que es la sumatoria de las dimensiones. Los indicadores se han ajustado para un valor cero en el año de referencia y de ahí se determina su variación a lo largo del periodo de estudio. Para los indicadores se establece que una variación positiva sería lo deseable, es decir, habría un avance hacia el desarrollo sustentable, en tanto que una variación negativa significa un decremento de dicha condición.

Se puede apreciar que los indicadores económico y social presentan la menor fluctuación, aunque ésta es negativa, y el indicador ambiental es el de mayor variación, también en sentido negativo; de manera global, se refleja en que dicho indicador también apunta a un decremento de la condición de un desarrollo sustentable con respecto al año de referencia.

Figura 17. Indicadores energéticos del desarrollo sustentable



Fuente: elaboración propia con base en la información del balance de energía del Estado, con datos del año 2016.

Conclusiones

En este trabajo se ha realizado un ejercicio para analizar el progreso de los indicadores del desarrollo energético sustentable para el estado de Quintana Roo, México. Se han considerado indicadores de las dimensiones económica, social y ambiental, así como de forma global. Aunque que algunos de éstos presentan una tendencia positiva, como el acceso a los servicios de energía eléctrica que observa un incremento de la cobertura de dicho servicio en el estado, y que para 2014 fue del orden del 97%.; otros, como el de consumo de

energía per cápita, y por unidad de PIB en general y para los sectores industrial y agropecuario se han mantenido con una ligera tendencia a disminuir; por otra parte, hay indicadores que presentan una evolución que impacta negativamente en el desarrollo sustentable, como el aumento de gasto dedicado en los hogares al pago de servicios de transporte, el cual ha crecido en los últimos años en mayor proporción al ingreso de los hogares. De esta manera, el no contar con un censo preciso de la aportación de las energías renovables al sistema energético del estado limita hacer una mejor aproximación de los indicadores.

Existen limitaciones para definir mejor la evolución de los indicadores para el caso del estado de Quintana Roo, debido, principalmente, a la falta de mayor información. Se recomienda ser cuidadosos al seleccionar las fuentes de información, porque entre las mismas bases de datos oficiales existen algunas discrepancias. Finalmente, con base a los indicadores que se pudieron desarrollar, se concluye que, tomando al año 2006 como referencia, para el estado de Quintana Roo, se observa que hasta el año 2014 se ha tenido un ligero decremento en la condición del desarrollo energético sustentable.

Nomenclatura

- $C_{gas LP}$: Consumo Gas LP (PJ)
 PIB_{nal} : Producto interno bruto nacional (\$)
 PIB_{edo} : Producto interno bruto estatal (\$)
 $C_{gas rt}$: Consumo gas (PJ)
 $V_{urb nal}$: Número de viviendas urbanas a nivel nacional
 $V_{urb edo}$: Número de viviendas urbanas a nivel estado
 C_{quer} : Consumo de queroseno (PJ)
 $C_{quer nal}$: Consumo de Queroseno a nivel nacional (PJ)
 V_{nal} : Número de vuelos nacionales
 V_{edo} : Número de vuelos en el estado
 $C_{leña}$: Consumo Leña (PJ)
 $C_{leña nal}$: Consumo Leñas a nivel nacional (PJ)
 $V_{rur nal}$: Número de viviendas rurales a nivel nacional
 $V_{rur edo}$: Número de viviendas rurales a nivel estado
 C_{gas} : Consumo gasolina (PJ)
 $C_{gas pen}$: Consumo Gasolina en la Península (PJ)
 Pob_{pen} : Población a nivel península
 Pob_{edo} : Población en el estado
 I_{it} : Sub-índice compuesto en dimensión i en el año t

- w_i : Ponderación de cada dimensión
 E: Valor de cada indicador
 i: Dimensión (económica, social o ambiental)
 j: Sub-índice dentro de cada dimensión
 t Año
 n: Número de subindicadores en cada dimensión

Referencias

- Amemiya Ramírez, M., 2012: "Energía y sustentabilidad: algunas características de la energía sustentable" en *Revista Digital Universitaria*, Vol. 13 Número 10, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- British Petroleum, 2016: *Statistical Review of World Energy*, consultado en <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED), 1987: *Our Common Future* (Nuestro Futuro Común), Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- Foladori, G. y Rivera, P., 2006: "Reflexiones sobre la contabilidad ambiental en México" en *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 21, 2006, México: El Colegio Mexiquense
- García Camacho A., Ramírez Treviño, A. y Sánchez Núñez, J. M., 2003: "El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis" en *Revista del Centro de Investigación*, Vol. 6, Núm. 21, México: Universidad La Salle.
- Ibarrarán Viniestra, M.E., Davidsdottir, B. y Gracida Zurita, R. "Índice de Sustentabilidad Energética: estimaciones para México" en *Principios* núm. 15, España: Fundación Sistema.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2015: *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos*.
- Kemmler, A y Spreng, D., 2007: "Energy indicators for tracking sustainability in developing countries" en *Energy Policy*, Vol. 35, núm. 4, Ámsterdam: Elsevier.
- Lund, H., Duic, N., Krajacic, G. y da Graça Carvalho, M., 2007: "Two energy systems analysis models. A comparison of methodologies and results", en *Energy*, Vol. 32, núm. 6, Ámsterdam: Elsevier.
- Meadows, D., 1998: "Indicators and information systems for sustainable development" consultado en: https://www.iisd.org/pdf/s_ind_2.pdf
- Mog, J.M., 2004: "Struggling with sustainability—a comparative framework for evaluating sustainable development programs" en *World Development*, Vol. 32, núm. 12.
- Narula, K. y Sudhakara Reddy, B. "A SES (sustainable energy security) index for developing countries", en *Energy*, Vol. 94, Ámsterdam: Elsevier.
- Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2008: *Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible. Directrices y metodologías*. Consultado en http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222s_web.pdf
- Patlitzianas K. D., Doukas H., Kagiannas, A. G. y Psarras, J. "Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations", en *Renewable Energy*, Vol. 33, núm. 5.
- Secretaría de Energía (SENER). *Prospectiva de petróleo y petrolíferos 2015-2029*, consultado en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44327/Prospectiva_Petroleo_Crudo_y_Petroliferos.pdf
- Sheinbaum Pardo, C., Briceño Vilorio, S. y Robles Morales G., 2012: *Guía para realizar balances energéticos estatales para la estimación de inventarios de gases de efecto invernadero*. México: INE-UNAM. Consultado en <http://posgrado.ier.unam.mx/static/admision/ambiente/Ambiente-guia-1.pdf>
- Vera, I. y Langlois, L., 2007: "Energy indicators for sustainability development" en *Energy*, Vol. 32, núm. 6, Ámsterdam: Elsevier.