



## **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS EN CUBA Y ESPAÑA ENTRE LOS AÑOS 1990 Y 2016**

**Emilio Cerdá**, *Departamento de Análisis Económico y Economía Cuantitativa e ICEI, Universidad Complutense de Madrid.*

**Diego Rodríguez**, *Departamento de Economía Aplicada, Estructura e Historia, Universidad Complutense de Madrid y Fedea.*

**Miguel Sebastián**, *Departamento de Análisis Económico y Economía Cuantitativa e ICAE, Universidad Complutense de Madrid.*

### **INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este trabajo es proporcionar un análisis comparativo sobre la evolución de algunos indicadores energéticos básicos entre Cuba y España para el periodo que transcurre entre 1990 y 2016. Se trata de un periodo de cambios profundos en las tecnologías de generación de energía a nivel mundial, caracterizado por dos hechos relevantes. En primer lugar, por la irrupción de las tecnologías de generación renovable (con origen eólico y solar) en la generación eléctrica. El desplome en los costes de generación (costes de inversión y de operación y mantenimiento) asociados a las tecnologías renovables ha sido muy pronunciado, de tal modo que si en 1990 prácticamente no existían, en 2016 se habían convertido ya en tecnologías claramente competitivas respecto a otras alternativas de generación. En ese proceso, todos los países optaron inicialmente por un apoyo regulatorio importante (en forma de primas) a esas tecnologías, apoyo que se ha ido retirando de forma generalizada una vez que el tránsito a través de la curva de aprendizaje las ha convertido en tecnologías competitivas.

En segundo lugar, se ha producido una sustitución parcial de hidrocarburos líquidos, y en parte del carbón, por el uso del gas natural. Esto ha sido muy evidente en los sectores industriales, asociado en la mayoría de ocasiones a la necesidad de contar con una fuente de calor en muchos procesos productivos. El uso en el sector residencial también se ha extendido, aunque en gran parte está condicionado por las condiciones climáticas y las necesidades de calefacción en cada país. Además, se ha convertido en la fuente sustitutiva al carbón y los derivados del petróleo en la generación eléctrica, mediante la generación en centrales de ciclo combinado. Ello no ha evitado el mantenimiento generalizado del petróleo en otros usos para los que no resulta sencillo su desplazamiento, particularmente en el transporte.

En ese contexto tecnológico global, las trayectorias energéticas de Cuba y España difieren en aspectos relevantes. De particular importancia resulta el diferente contexto institucional. Así, en el caso de España, la trayectoria energética está determinada por la normativa europea en el ámbito de la creación de mercado único de la energía y los compromisos internacionales adquiridos: primero, en el Protocolo de Kioto y, desde diciembre de 2015, en el marco del Acuerdo de París dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (COP21). En el caso de Cuba, existe también un ambicioso objetivo de penetración de generación renovable en el contexto del cumplimiento de compromisos del Acuerdo de París. El punto de partida en este caso es muy inicial, aunque el potencial de crecimiento por condiciones naturales es muy amplio.

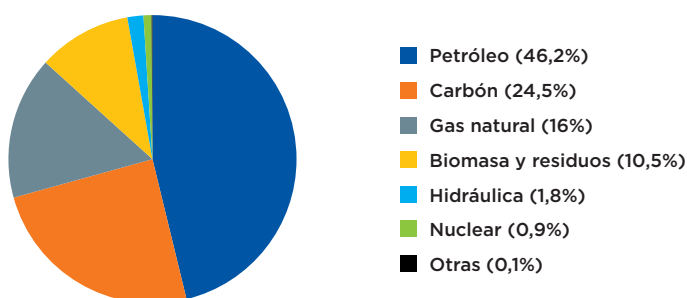
Obviamente, resulta imposible sintetizar en unas pocas páginas todas las particularidades de la evolución energética en un periodo tan amplio. Por ello, tras una exposición inicial sobre los rasgos de la evolución energética mundial en el largo plazo (desde 1973), el trabajo describe los grandes rasgos de la evolución energética en ambos países desde 1990, centrándose fundamentalmente en el consumo primario de energía y en el mix de generación eléctrica, pero señalando también algunas particularidades del uso de los distintos vectores energéticos y del contexto institucional y regulatorio. Ello permite desarrollar, en la parte final del trabajo, un análisis comparativo de algunos indicadores energéticos de interés.

## **EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA EN EL MUNDO DESDE EL AÑO 1973**

Para poner en contexto la evolución de indicadores energéticos en Cuba y España entre los años 1990 y 2016 nos parece interesante analizar previamente cuál ha sido la evolución del suministro de energía primaria en el mundo en un periodo más amplio. Tomemos el horizonte temporal que va del año 1973, en el que se produce una importante crisis del petróleo con notable impacto económico y que supuso un cambio de visión en el papel de la energía en la economía mundial, y el año 2016 (el último para el que la Agencia Internacional de Energía dispone de datos a todos los niveles, en el momento de elaboración de este trabajo).

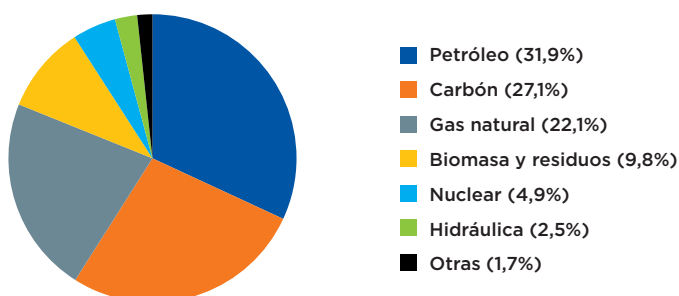
Tal como se puede ver en la Figura 1, en el año 1973 el suministro de energía primaria en el mundo fue de 6.100 Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). La fuente de energía más utilizada era, con mucha diferencia, el petróleo que representaba el 46,2% del suministro total, seguida del carbón con el 24,5%, el gas natural (16%), biomasa y residuos, que es fundamentalmente leña (10,5%), hidráulica (1,8%), nuclear (0,9%) y otras (geotérmica, eólica y solar) (0,1%).

En la Figura 2 se presenta el porcentaje de cada una de las fuentes en el suministro de energía primaria en el mundo en el año 2016, que fue de 13.761 Mtep, más del doble de la cantidad suministrada en el año 1973. El petróleo sigue siendo la fuente energética más utilizada, pero su peso en el mix ha disminuido.

FIGURA 1. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL MUNDO EN 1973: 6.100 MTEP<sup>1</sup>

Fuente: *International Energy Agency* (IEA, 2018).

FIGURA 2. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL MUNDO EN 2016: 13.761 MTEP



Fuente: *International Energy Agency* (IEA, 2018).

Comparando los datos de energía primaria en todo el mundo entre 1973 y 2016 se observa que:

- El suministro total de energía primaria ha crecido el 125,6%, pasando de 6.100 en 1973 a 13.761 Mtep en 2016.
- Se ha reducido de manera muy considerable la aportación del petróleo, pasando de un 46,2% en 1973 al 31,9% en 2016.
- El peso del grupo biomasa y residuos desciende ligeramente, pasando del 10,5% al 9,8%.
- Aumenta la aportación porcentual de la energía nuclear (que pasa del 0,9% al 4,9%), del gas natural (del 16% al 22,1%), del carbón (24,5% al 27,1%), de la hidráulica (1,8% al 2,5%) y de la geotérmica/eólica/solar (del 0,1% al 1,7%).

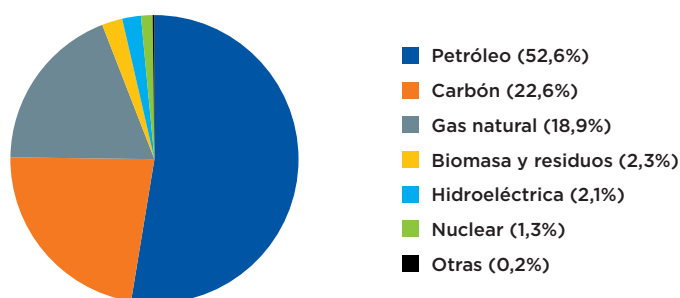
Es importante destacar el hecho de que en estos 46 años transcurridos entre 1973 y 2016 la cantidad suministrada de cada una de estas fuentes energéticas ha ido aumentando, aunque haya variado (en algunos casos haya disminuido) el porcentaje. Así, aunque en términos relativos el peso del petróleo ha disminuido, en términos absolutos ha aumentado, pasando de 2.867,5 Mtep en 1973 a 4.482,6 en 2016. La utilización del carbón ha aumentado tanto en términos relativos como en términos absolutos (pasando de 1.496,2 Mtep en 1973 a 3.730,9 en 2016). Pero las que más han aumentado en términos porcentuales han sido la nuclear (se ha multiplicado por más de 5) y la geotérmica/eólica/solar (se ha multiplicado por 17).

A continuación hacemos el mismo análisis pero restringido a los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)<sup>2</sup>. Las Figuras 3 y 4 contienen el suministro de energía primaria entre los años 1973 y 2017 (en este caso llegamos hasta el año 2017 porque la *International Energy Agency* proporciona datos hasta ese año para la OCDE, en el momento de elaboración de este trabajo), en el conjunto de países que forman la OCDE.

1. Millones de toneladas equivalentes de petróleo

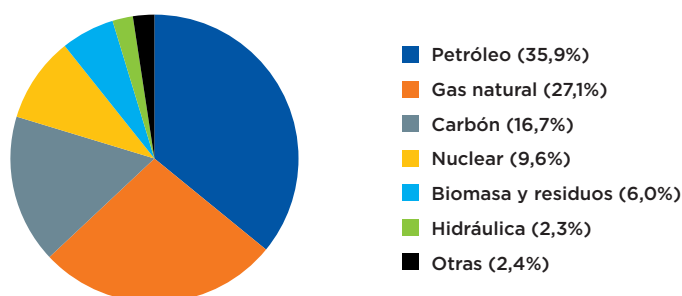
2. Los 36 países que componen la OCDE son los siguientes: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Corea, Lituania, Luxemburgo, Letonia, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos.

FIGURA 3. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA OCDE EN 1973: 3.740 MTEP



Fuente: *International Energy Agency* (IEA, 2018).

FIGURA 4. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA OCDE EN 2017: 5.303 MTEP



Fuente: *International Energy Agency* (IEA, 2018).

Comparando los datos de energía primaria en el conjunto de países de la OCDE entre 1973 y 2017 se observa que:

- El suministro total de energía primaria ha crecido un 41,8%, bastante menos que a nivel mundial, pasando de 3.740 en 1973 a 5.303 Mtep en 2017.
- Se ha reducido mucho la aportación del petróleo, pasando de un 52,6% en 1973 al 35,9% en 2017. A diferencia de lo que ocurre a nivel mundial, disminuye el peso del carbón, que pasa de representar el 22,6% en 1973 al 16,7% en 2017.
- Aumenta más la aportación porcentual de la energía nuclear (que pasa del 1,3% al 9,6%), el gas natural (del 18,9% al 27,1%) y la geotérmica/eólica/solar (del 0,2% al 2,4%).
- El porcentaje correspondiente al grupo de biomasa y residuos es bastante menor a nivel de OCDE que a nivel mundial. En cambio, su peso en la OCDE ha crecido de manera considerable, pasando del 2,3% en 1973 al 6,0% en 2017.

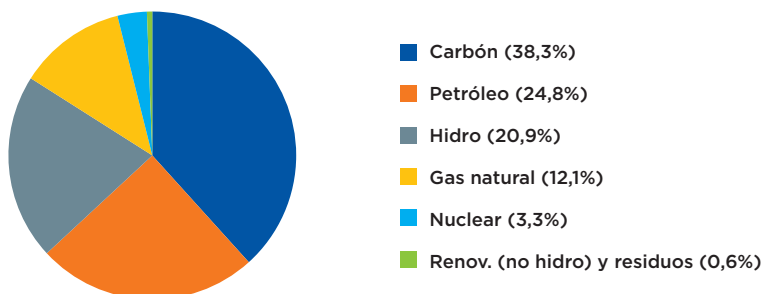
En relación con la biomasa, es importante distinguir entre usos tradicionales y usos modernos. Los usos tradicionales se identifican principalmente, aunque no exclusivamente, con la biomasa que se obtiene sin mediar una transacción comercial. Esta biomasa es la leña, tradicionalmente usada para la cocción de alimentos y para proporcionar calor en el hogar. Tiene dos problemas importantes: baja eficiencia y ocasiona dificultades para la salud. La biomasa moderna se caracteriza por las transacciones en el mercado y se utiliza para generación de energía, para producción de calor tanto en la industria como en los hogares y para la producción de biocarburantes.

En los 45 años transcurridos entre 1973 y 2017, la cantidad suministrada al conjunto de países que componen la OCDE de cada una de las fuentes energéticas ha ido aumentando en todos los casos, a excepción del petróleo que pasó de 1.967,48 Mtep en 1973 a 1.896,25 en 2017. Incluso el carbón ha aumentado, pasando de 844,47 Mtep en 1973 a 892,90 en 2017.

A continuación, dejamos el consumo primario de energía y nos centramos exclusivamente en generación eléctrica. A ese respecto debe señalarse que la electricidad se genera a partir de diversas fuentes primarias (hidrocarburos, carbón, renovables y nuclear, principalmente), por lo que no aparece en el consumo primario sino en el consumo final de energía.

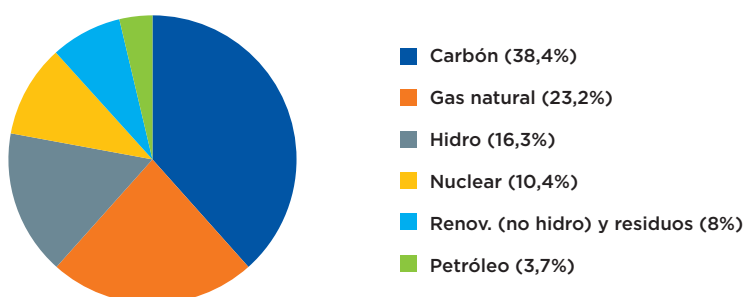
Las Figuras 5 y 6 recogen la generación de electricidad en el mundo en los años 1973 y 2016, con los porcentajes correspondientes a las diferentes fuentes de generación.

FIGURA 5. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (POR FUENTE) EN EL MUNDO EN 1973: 6.131 TWH<sup>3</sup>



Fuente: *International Energy Agency* (IEA, 2018).

FIGURA 6. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (POR FUENTE) EN EL MUNDO EN 2016: 24.973 TWH



Fuente: *International Energy Agency* (IEA, 2018).

Comparando los datos de generación de electricidad en el mundo entre los años 1973 y 2016 se observa que:

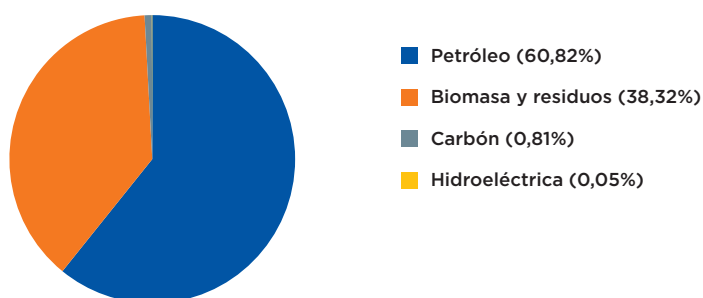
- La producción de electricidad anual en el mundo se ha multiplicado por cuatro.
- Se ha reducido muchísimo la aportación del petróleo, que pasa del 24,8% al 3,7%.
- Se reduce la aportación de la energía hidroeléctrica, que pasa del 20,9% al 16,3%.
- Se mantiene el porcentaje del carbón, que sigue siendo la fuente más utilizada (38,4%).
- Aumentan considerablemente el gas natural (que pasa del 12,1% al 23,2%) y la energía nuclear (que pasa del 3,3% al 10,4%).
- Aumenta mucho la contribución de las energías renovables distintas a la hidráulica, que pasan de suponer el 0,6% al 8%).

## EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA EN CUBA ENTRE LOS AÑOS 1990 Y 2016

Las Figuras 7 y 8 muestran la cantidad total de energía primaria utilizada en Cuba, con indicación del porcentaje de cada una de las fuentes de energía, para los años 1990 y 2016, respectivamente. El horizonte temporal objeto de estudio empieza en el año 1990, ya que es a partir de dicho año cuando la base de datos de la *International Energy Agency* contiene en su página web los datos que se utilizan en este trabajo.

3. Teravatios hora

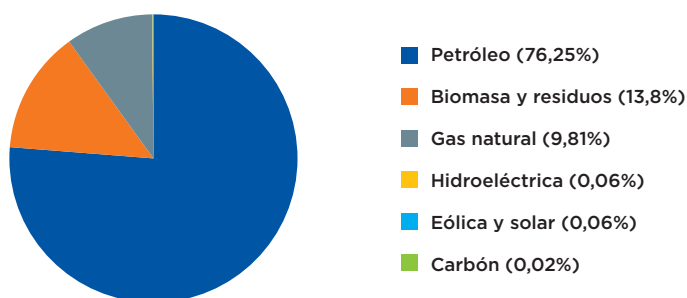
FIGURA 7. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN CUBA EN 1990: 17,41 MTEP



Fuente: *International Energy Agency*.

Se observa una fuerte dependencia en petróleo y biomasa, con ausencia casi total de otras fuentes alternativas de energía primaria. Conviene destacar que Cuba no ha sido un país tradicionalmente exportador de petróleo, al contrario que alguno de sus vecinos del Caribe.

FIGURA 8. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN CUBA EN 2016: 9,60 MTEP



Fuente: *International Energy Agency*.

Comparando los datos de suministro de energía primaria en Cuba entre los años 1990 y 2016 se observa que:

- El suministro total de energía primaria ha disminuido el 44,8%, pasando de 17,41 en 1990 a 9,60 Mtep en 2016, en fuerte contradicción con lo que ha ocurrido en el resto del mundo.
- Ha aumentado de manera considerable la aportación porcentual del petróleo, pasando de un 60,82% en 1990 al 76,25% en 2016, algo que es también inusual cuando comparamos con la OCDE o el total del mundo.
- El peso del grupo biomasa y residuos desciende de manera significativa, pasando del 38,32% en 1990 al 13,8% en 2016.
- Aumenta considerablemente la aportación del gas natural que tenía una presencia mínima en 1990 y aporta el 9,81% en 2016.
- Disminuye la aportación del carbón (del 0,81% pasa 0,02%), se mantiene la proporción de la energía hidroeléctrica (que pasa del 0,05% en 1990 al 0,06% en 2016) y aparece la eólica y solar (conjuntamente suponen el 0,06% en 2016), pero en niveles prácticamente insignificantes.

En definitiva, el mix energético en Cuba es muy distinto al observado a nivel mundial. El hecho de que se trate de una isla (tanto desde el punto de geográfico como desde el punto de vista energético) puede explicar en parte ese distinto patrón. Por lo general, los territorios aislados tienen un mix de generación menos diversificado y una mayor presencia de hidrocarburos en el mix. A ello se une en el caso de Cuba la irrelevancia de la generación hidráulica, la falta de generación nuclear y, lo que resulta más llamativo, la práctica carencia de generación con origen eólico y solar.

A continuación se profundiza en algunos rasgos evolutivos del consumo de energía primaria y del mix de generación en Cuba.

### Cantidad total de energía primaria

La mayor cantidad de energía primaria utilizada en Cuba en el periodo que se estudia corresponde al año 1990 y la menor al año 2016. Sin embargo, tal trayectoria no es decreciente a lo largo de todo el periodo, ya que se produce un importante descenso entre los años 1990 y 1993, ligero aumento entre 1993 y 1997, decrecimiento en 1998, aumento entre 1998 y 2000, disminución entre 2000 y 2007, mantenimiento más o menos estable entre 2007 y 2015 y de nuevo disminución en 2016.

La caída del Muro de Berlín en noviembre de 1989 y la disolución de la Unión Soviética en diciembre de 1991 fueron los precursores del colapso de la economía cubana a comienzos de la década de 1990, en la que el intercambio de petróleo por azúcar con la Unión Soviética jugó un papel muy destacado en las tres décadas anteriores (Alonso y Galliano, 1999). En 1991 el suministro de energía primaria en Cuba disminuyó el 17,23% con respecto a 1990, siendo del 39,46% la disminución entre 1990 y 1993. En los mismos años el PIB de Cuba disminuyó en términos reales el 10,7% entre 1990 y 1991 y el 32,8% entre 1990 y 1993. Esos años caen de lleno en lo que se llamó “Periodo Especial” (Worsham y Vargas Esposito, 2017). Pierce, Granger y Goodier (2010) analizan cambios introducidos en Cuba en el periodo especial en políticas de transporte, producción agrícola y generación y consumo de electricidad para adaptarse a la nueva situación.

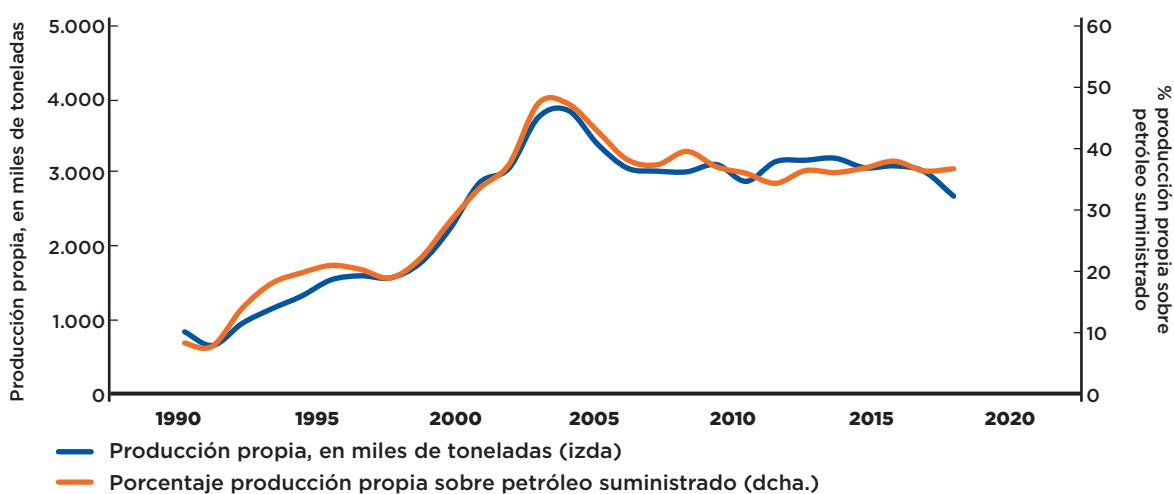
### Petróleo

A lo largo del periodo que estamos considerando, el petróleo ha sido en cada uno de los años, y con mucha diferencia, la fuente de energía primaria más utilizada en Cuba. La cantidad máxima se alcanzó en el año 1990 (10,6 millones de toneladas), seguida de la correspondiente a 2010 (9,2), siendo 1993 el año en que se alcanzó la cantidad mínima (6,5).

La cantidad de petróleo importado, que era de 10,06 millones de toneladas en 1990, bajó a 8,01 en 1991, 6,1 en 1992 y 5,5 en 1993 (el 54,7% de la cantidad importada en el año 1990).

En cuanto a producción propia, ha ido aumentando de manera considerable a partir del año 1993, como se puede ver en la Figura 9. La máxima producción propia de petróleo se alcanza en el año 2003, con 3.841 miles de toneladas, alcanzándose el mayor porcentaje sobre el total de petróleo utilizado en el año 2002 (47,3%).

FIGURA 9. PRODUCCIÓN PROPIA DE PETRÓLEO Y PORCENTAJE SOBRE CANTIDAD SUMINISTRADA



Fuente: Elaboración propia, con datos de la *International Energy Agency*.

En octubre del año 2000, los presidentes de Cuba y Venezuela Fidel Castro y Hugo Chávez, firmaron un *Convenio Integral de Cooperación*, que estipuló por parte cubana el apoyo y cooperación en



servicios y programas sociales al desarrollo social de los venezolanos. A cambio, Caracas proveía a su par de petróleo en condiciones económicas y financieras muy favorables (Worsham y Vargas Esposito (2017), Corrales, Erikson y Falcoff (2005)).

Los datos de la *International Energy Agency* indican que Cuba ha exportado petróleo entre los años 2006 y 2016, en cantidades aproximadas a los 2 millones de toneladas en cada uno de los años comprendidos entre 2010 y 2015 (la máxima cantidad se alcanza en 2012), y menores cantidades en los demás años.

### **Gas natural**

Como se ha comentado anteriormente, el gas natural ha pasado de tener una presencia mínima en el mix energético cubano en el año 1990 a aportar el 9,81% en 2016. Cuba produce el gas natural que utiliza.

La producción de gas natural en Cuba era de 15 mil Tep en 1996. En los años siguientes (1997, 1998, 1999 y 2000), tal cantidad se multiplicó por 2; 6,6; 24,3 y 30,4 respectivamente. Siguió creciendo hasta el año 2007 en que alcanzó la cifra de 968 mil Tep. A partir de ahí, disminuyó hasta el año 2011 (810 mil Tep), volvió a aumentar hasta que en el año 2015 alcanzó el valor máximo (989 mil Tep), disminuyendo de nuevo en 2016 para alcanzar el valor de 942 mil Tep.

En el año 2016, el 65,76% del gas natural se utiliza para generar electricidad, el 28,67% para la industria, el 5,17% en el sector residencial y el 0,40% para usos no especificados.

### **Carbón**

De acuerdo con los datos que proporciona la *International Energy Agency*, Cuba suministraba 140.000 Tep a partir del carbón en el año 1990, reduciéndose mucho tal cantidad en los años siguientes llegando a una reducción del 50% en el año 1994, continuando la reducción en los años siguientes, siendo el consumo en el año 1999 de 30.000 Tep, y disminuyendo dicha cantidad en los años que van del 2000 al 2016, siendo de 1.000 Tep en 2014, 5.000 Tep en 2015 y 2.000 Tep en 2016.

Todo el carbón utilizado en el periodo ha sido importado. Ha sido utilizado en la industria, nunca en la producción de electricidad. El tipo de carbón utilizado ha sido antracita.

### **Biomasa y residuos**

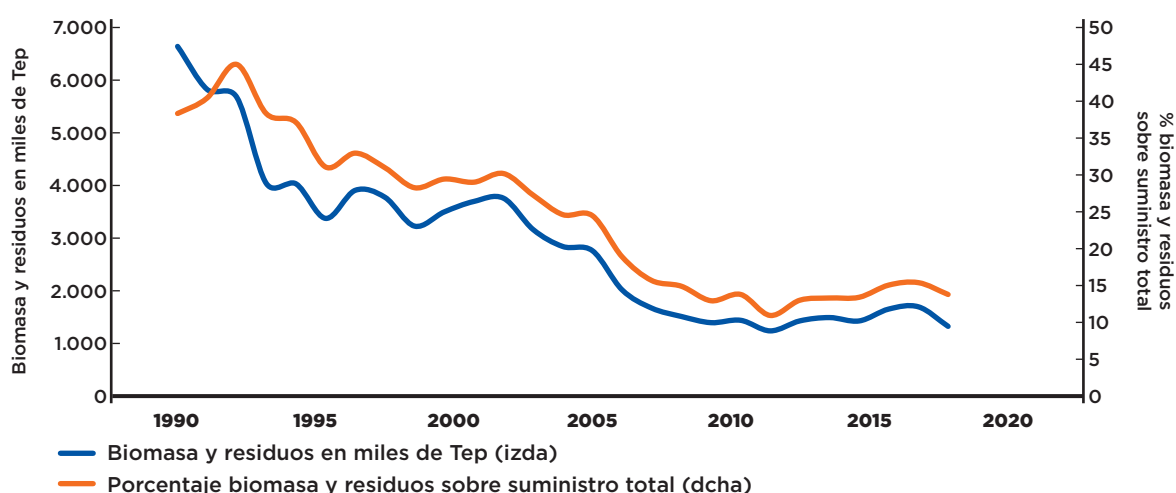
La Figura 10 recoge la evolución de la aportación de la biomasa y residuos al suministro de energía primaria en Cuba en el periodo que se estudia. Como se observa claramente en el gráfico, la contribución de la biomasa y residuos ha ido descendiendo con los años, pasando de representar el 38,2% de la energía primaria utilizada en 1990 a tener un peso del 13,8% en 2016.

Actualmente la biomasa representa el 99,3% del total de energía procedente de fuentes renovables en Cuba y continuará siendo dominante en tal apartado en el futuro predecible debido a la cantidad de residuos procedentes de la agricultura y de las industrias de procesado de productos agrícolas, tales como subproductos de la industria azucarera y de otras industrias tales como aserradero y cepillado de madera, café, arroz, y otros residuos como leña, astillas, pellets, carbón vegetal o plantas oleaginosas utilizables para obtener biocarburantes (Suarez et al., 2016).

Actualmente el potencial para producción de energía a partir de biomasa se encuentra en el bagazo de azúcar de caña (48,2%), combustibles de madera (31,3%), biogás (10,15%), paja de azúcar de caña (6,7%), carbón vegetal (2,25%), cáscara de arroz (1,3%), serrín (0,06%) y cáscara de café (0,04%) (Suarez et al., 2016). Sin embargo, como señalan los mismos autores no todo el potencial es aprovechado, siendo los porcentajes de utilización los siguientes: bagazo de azúcar de caña (58,9%), combustibles de madera (38,3%), carbón vegetal (2,78%) y biogás (0,02%) (Suarez et al., 2016).



FIGURA 10. BIOMASA Y RESIDUOS Y PORCENTAJE SOBRE CANTIDAD DE ENERGÍA SUMINISTRADA



Fuente: Elaboración propia, con datos de la *International Energy Agency*.

TABLA 1. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DE CAÑA Y SU USO DE SUELO AGRÍCOLA EN CUBA

Año	Superficie cosechada (ha.)	Producción (ton.)	Bagazo (ton.)
1990	1.420.300	83.646.720	23.261.900
1991	1.452.200	79.698.330	19.473.800
1992	1.451.700	55.253.520	10.093.300
1993	1.211.700	44.960.400	12.921.200
1994	1.248.900	40.738.040	12.902.700
1995	1.177.400	35.468.250	10.208.100
1996	1.244.500	41.377.160	12.423.200
1997	1.246.300	32.713.200	11.859.500
1998	1.048.500	31.168.540	10.070.300
1999	995.800	35.494.690	10.673.300
2000	1.040.900	35.852.760	11.038.700
2001	1.007.100	32.693.680	11.599.000
2002	1.041.200	21.438.540	8.952.000
2003	643.800	22.672.300	7.100.700
2004	661.000	18.619.200	6.950.500
2005	517.200	8.895.040	4.787.300
2006	397.100	9.226.000	3.605.800
2007	329.500	13.728.830	3.415.100
2008	380.300	17.953.110	3.863.300
2009	434.700	14.797.020	3.719.000
2010	431.400	13.512.870	3.027.300
2011	506.100	11.272.560	3.949.600
2012	361.300	15.971.970	3.959.900
2013	400.300	16.329.560	3.637.100
2014	405.200	19.300.000	4.604.200
2015	435.600	19.297.080	4.942.000
2016	-	15.806.667	3.793.600

Fuente: Sagastume et al. (2018b).

La Tabla 1 proporciona datos sobre la superficie agraria dedicada al cultivo de azúcar de caña, así como su producción y sobre la cantidad obtenida de bagazo en Cuba en cada uno de los años que se analizan en este trabajo. Los datos de la Tabla 1 guardan mucha relación con los datos correspondientes a cantidad de energía obtenida a partir de biomasa y residuos, presentados en la Figura 10. Entre los años 1990 y 2016, la cantidad de energía obtenida en Cuba

a partir de biomasa y residuos ha disminuido el 80%, la superficie agraria en la que se ha cultivado la caña de azúcar ha disminuido el 70%, la producción de azúcar de caña ha disminuido el 81% y la cantidad de bagazo obtenido se ha reducido en un 84%. En el periodo considerado, la cantidad de energía obtenida a partir de biomasa y residuos alcanza el valor mínimo en el año 2010, mismo año en el que la cantidad de bagazo alcanza el valor mínimo. En cuanto a la producción de azúcar de caña, el valor mínimo se alcanza en el año 2005, seguido del año 2006 y del año 2011.

Las exportaciones azucareras se redujeron en un 48,9% entre los años 1990 y 1993, llegando tal reducción hasta el 55,64% entre los años 1990 y 1995 (Alonso y Galliano, 1999). Tales exportaciones crecieron en un 47% entre los años 1995 y 1996, manteniéndose desde entonces por debajo del nivel alcanzado en dicho año. En cambio, las agro-exportaciones no azucareras han crecido desde el año 1993, alcanzando e incluso superando posteriormente los niveles del año 1990. El saldo del comercio exterior agropecuario en Cuba ha sido positivo entre los años 1958 y 2000, alcanzando el valor máximo en 1990, y negativo entre los años 2001 y 2017 (García y Anaya, 2019).

### **Energía hidroeléctrica**

Los datos que proporciona la *International Energy Agency* indican que la producción de energía hidroeléctrica en Cuba fue de 91 GWh en 1990 y de 64 GWh en 2016, oscilando en ese periodo entre los valores de 48 GWh de 2015 (cantidad mínima) y 151 GWh que se alcanzaron en 2009 (cantidad máxima).

La primera planta de generación de energía hidroeléctrica en Cuba, con una capacidad de 800 kW fue instalada en el río Guaso, en la provincia de Guantánamo en el año 1917. Actualmente, la central hidroeléctrica de Hanabanilla, situada en la provincia de Cienfuegos, con una capacidad instalada de 43 MW (que representa aproximadamente el 74% de la capacidad total hidroeléctrica en el país) es la mayor en Cuba (Suarez et al., 2016).

En Cuba se han construido 180 plantas de energía hidroeléctrica, alcanzando una capacidad total de 58 MW en 2009. La producción de 151 GWh en un año representa un ahorro anual de 12.970 Tep (Suarez et al., 2016).

### **Energía eólica**

El primer parque eólico en Cuba, situado en la isla de Turiguano, en la provincia de Ciego de Ávila, fue construido en el año 1999. El parque tiene dos turbinas de 225 kW cada una (modelo Ecotecnia 28/225, España) (Suarez et al., 2016).

El segundo está situado en Los Canarreos, en el municipio Isla de la Juventud, y está en operación desde el mes de febrero de 2007. Tiene 6 turbinas de 275 kW cada una (modelo Vergnet GEV-MP 32/275, Francia) (Suarez et al., 2016).

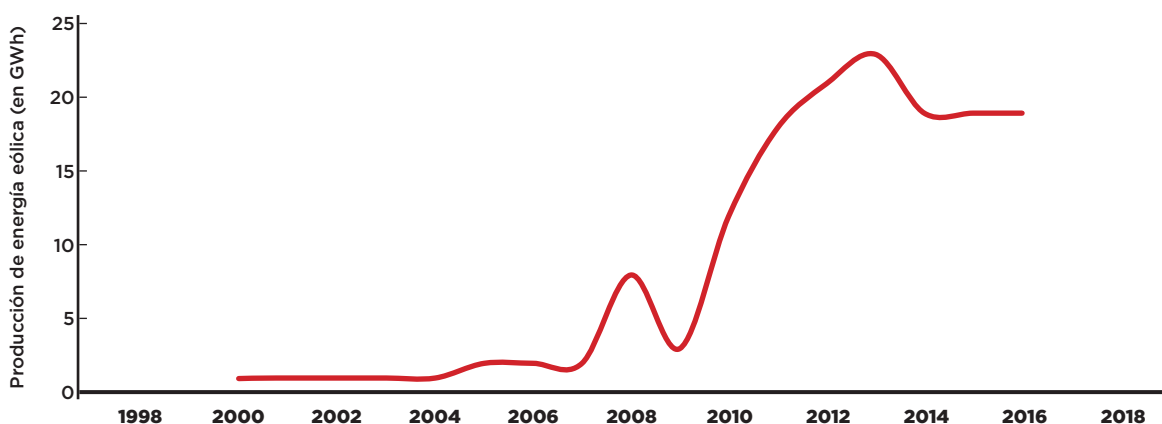
El tercer parque (Gibara 1) está situado en Gibara en la provincia de Holguín. Fue construido en 2008 y tiene 6 turbinas de 850 kW cada una (modelo Gamesa, España), por lo que tiene una capacidad total de 5,1 MW (Suarez et al., 2016).

Suarez et al. (2016) comentan acerca de un cuarto parque (Gibara 2) que en aquel momento se estaba construyendo en Punta Rasa, cerca de la ciudad de Gibara, con seis turbinas de 750 kW cada una (modelo Goldwing, China).

La Figura 11 recoge la producción de energía eléctrica eólica en Cuba en el periodo que se analiza.

Por otra parte, hay una larga tradición en Cuba en la utilización de la energía eólica para bombeo de agua, de manera mecánica. Actualmente hay más de 4.850 de tales molinos, instalados, que permiten el ahorro aproximado de 340 Tep al año, aunque no todos ellos están operativos a causa de averías, falta de mantenimiento o falta de piezas de repuesto (Suarez et al., 2016).

FIGURA 11. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EÓLICA EN CUBA



Fuente: Elaboración propia, con datos de la *International Energy Agency*.

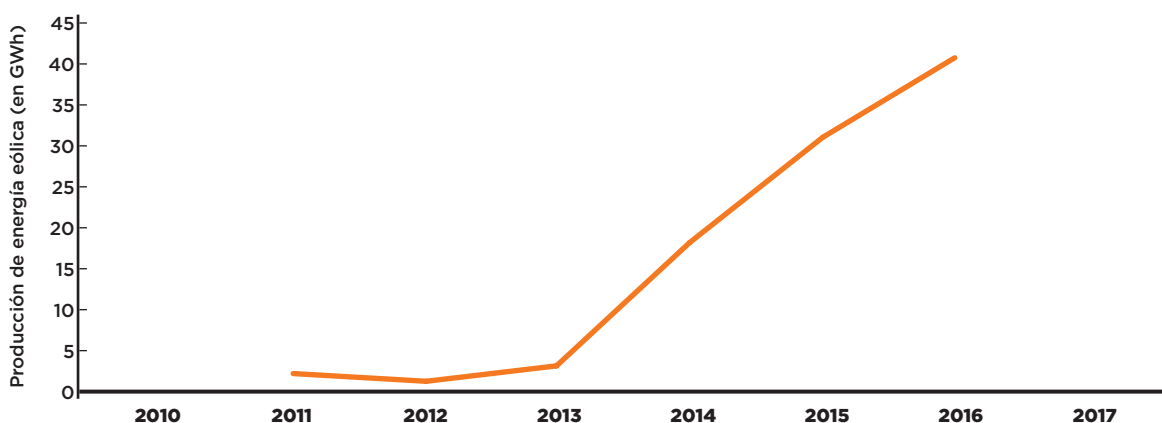
### Energía solar

Cuba está muy bien situada geográficamente en cuanto a su potencial con respecto a la energía solar, con latitudes entre 20° 12' y 23° 17'. El número medio anual de horas de sol es de 1.700 y la radiación solar media anual es de 5,5 kWh/m<sup>2</sup> por día, lo cual es suficiente para proporcionar energía adecuada para aplicaciones fotovoltaicas y térmicas (Suarez et al., 2016).

En Cuba, hasta el año 2012, las instalaciones fotovoltaicas sumaban en total menos de 3 MW en unos 9000 sistemas fotovoltaicos de baja potencia, casi todas remotas, no conectadas a red, en lugares aislados donde no llega la red eléctrica (escuelas, consultorios, casas y centros de cultura con una gran repercusión social). Pero el motor impulsor del desarrollo mundial fotovoltaico ha sido la energía fotovoltaica conectada a red. En 2013 se dio un salto al instalarse 11 MW en parques fotovoltaicos conectados a red (Stolik, 2014).

La Figura 12 recoge la producción de energía eléctrica fotovoltaica en Cuba en el periodo que se analiza.

FIGURA 12. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CUBA



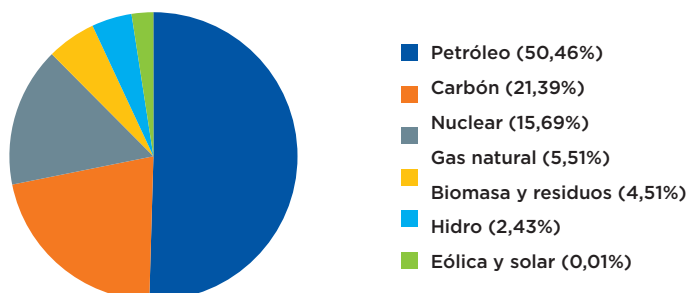
Fuente: Elaboración propia, con datos de la *International Energy Agency*.

Además, en Cuba se ha utilizado desde hace varias décadas la energía solar térmica para calentar agua en los hogares y para secar madera y diversos cultivos como café, tabaco, coco, cacao o semillas, así como pescado y plantas medicinales, lo que permite ahorrar diésel y evitar emisiones de gases de efecto invernadero (Suarez et al., 2016).

## EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA EN ESPAÑA ENTRE LOS AÑOS 1990 Y 2016

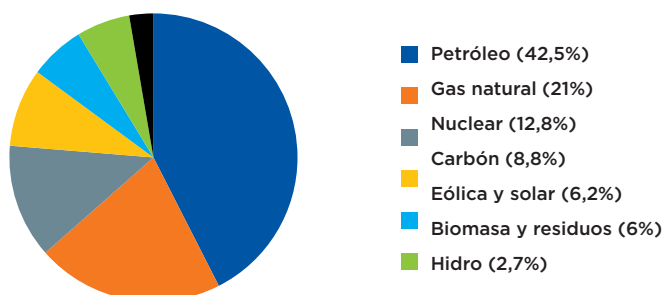
Las Figuras 13 y 14 muestran la cantidad total de energía primaria utilizada en España, con indicación del porcentaje de cada una de las fuentes de energía, para los años 1990 y 2016, respectivamente. El motivo de elegir 1990 como año inicial de la serie es utilizar el mismo período para poder hacer la comparación con Cuba.

FIGURA 13. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA EN 1990: 90,1 MTEP



Fuente: *International Energy Agency*.

FIGURA 14. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA EN 2016: 119,2 MTEP



Fuente: *International Energy Agency*.

Comparando los datos de suministro de energía primaria en España entre los años 1990 y 2016 se observa que:

- El suministro total de energía primaria ha aumentado en un 32,3%, pasando de 90,1 en 1990 a 119,2 Mtep en 2016.
- Ha disminuido la aportación del petróleo, pasando de un 50,46% en 1990 al 42,54% en 2016. También ha disminuido la aportación del carbón, pasando del 21,39% en 1990 al 8,8% en 2016. Disminuye la aportación de la nuclear, pasando del 15,69% en 1990 al 12,82% en 2016.
- Aumenta considerablemente la aportación del gas natural (del 5,51% al 21%).
- Aumenta considerablemente la aportación de las energías renovables, que pasan del 6,95% al 14,9%. Sobre todo ha aumentado la contribución de la eólica y solar (del 0,01% al 6%). Aumenta la biomasa y residuos (del 4,5% al 6%) así como un poco la hidro (del 2,4% al 2,7%).

### **Cambios en el sector energético español, en el marco de la Unión Europea desde el año 1990**

Con la aprobación en febrero de 1986 del Acta Única Europea, se fijó el objetivo de alcanzar el 1 de enero de 1993 un Mercado Interior Único en la Unión Europea y también un mercado único en el sector energético. Este mercado se presentaba como un medio para la adecuada asignación de recursos, la disminución del coste de la energía y como un factor que contribuiría a la seguridad de abastecimiento a través de la competencia entre empresas (UNESA, 2010).

La Directiva 96/92/CE establece “Normas Comunes para el Mercado Interior de la Electricidad”. Es una pieza fundamental para el Mercado Interior de la Electricidad en la Unión Europea (UE). Se equipara la electricidad a una mercancía o servicio en la UE.

En España, el proceso de liberalización del sector eléctrico se inició en diciembre de 1996, con la firma de un protocolo entre las empresas del sector, supervisado por la Administración, que establecía las líneas maestras del marco en el cual se desarrollaría la competencia a partir del 1 de enero de 1998 (Sáenz de Miera, 2009).

La Ley 54/1997 del Sector Eléctrico es la transposición de la Directiva 96/92/CE. Entre los principales elementos introducidos por la ley merecen ser destacados: el establecimiento de un régimen de autorizaciones para las nuevas centrales de generación, descartando el de licitaciones; la creación de un mercado diario organizado obligatorio para la mayor parte de las instalaciones de generación; la autorización expresa de la actividad de comercialización, y la creación de un único gestor de toda la red de transporte, responsable de la seguridad y calidad técnica del suministro eléctrico, que coincide con el principal transportista (Red Eléctrica de España) (Sáenz de Miera, 2009). La ley introduce el principio de separación vertical de actividades entre la generación, el transporte/distribución y la comercialización, principio que se irá desarrollando normativamente en los años posteriores. La idea es que las actividades de generación y de comercialización son actividades de mercado, mientras que el transporte y distribución mantienen características de monopolio natural que justifican su tratamiento como actividades sujetas a remuneración regulada.

En 1997 también se crean dos nuevas instituciones: el Operador del Mercado Eléctrico Español, responsable de la casación diaria entre la oferta y la demanda de electricidad, con sus reglas de mercado, algoritmos de casación y procedimientos de comunicación y liquidación, y la Comisión Nacional de Energía, órgano regulador de carácter consultivo con competencia en los mercados de electricidad, gas petróleo y sus derivados (se crea en base a la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico y a la Ley 34/1998 del Sector de Hidrocarburos). En el año 1998 tiene lugar el primer acuerdo entre los gobiernos de España y Portugal para el establecimiento del Mercado Ibérico de la Electricidad (MIBEL).

La Ley 34/1998 de Hidrocarburos tiene por objeto renovar, integrar y homogeneizar la distinta normativa vigente en materia de hidrocarburos. Se limita la intervención de los poderes públicos en los mercados a situaciones de emergencia. La regulación debe permitir que la libre iniciativa empresarial amplíe su campo de actuación. La ley persigue proporcionar un tratamiento integrado a una industria verticalmente articulada. La ley introduce criterios de protección medioambiental. Se suprime en el sector del gas la consideración de servicio público. Se establecen obligaciones por parte del Estado de mantenimiento de existencias mínimas de seguridad que afectan a los productos petrolíferos y al gas.

El Libro Blanco sobre fuentes renovables de energía, publicado por la Comisión Europea en noviembre de 1997, fija como objetivo indicativo una aportación del 12% de las energías renovables en el consumo de energía primaria en el año 2010, frente al 6% que había en ese momento.

El Plan de Fomento de las Energías Renovables en España, de diciembre de 1999, se elabora como respuesta al compromiso que emana de la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico. Fija el objetivo de que las energías renovables alcancen el 12% del consumo total de energía primaria en España en el año 2010 (mismo objetivo que el establecido para el conjunto de la UE en el Libro Blanco). En dicho Plan se apuesta en primer lugar por la biomasa, para la que se propone un incremento de 6 Mtep (5,1 para uso eléctrico y 0,9 para uso térmico) entre 1999 y 2010 (se multiplica por 30 su aportación en 1998) (sin contar con 0,436 Mtep de residuos sólidos; 0,5 de biocarburantes y 0,15 de biogás). En segundo lugar se apuesta por la energía eólica, con un incremento de 1,68 Mtep (10 veces su aportación en 1998). El incremento que se propone de energía solar fotovoltaica es de 0,017 Mtep y el de solar termoeléctrica de 0,180 Mtep.

La Directiva 2001/77/CE sobre el Fomento de Energías Renovables para la Generación de Electricidad en el Mercado Interior de la Energía, tenía como objetivos indicativos el lograr para estas energías el 12% del consumo de energía primaria en el año 2010 y el 22,1% para la producción de electricidad en la UE. Tal objetivo (de 22,1%) para la UE-15 pasó a ser del 21% para la UE-25. Se estableció para los países miembros la obligación de fijar sus propios objetivos para un horizonte temporal de 10 años, teniendo en cuenta el objetivo europeo y los compromisos nacionales adquiridos en el Pro-

toloco de Kioto. Según Eurobserv'ER la participación de las energías renovables en la generación de electricidad fue del 19,8% en 2010, con lo que se consiguió el 94,3% del objetivo que se estableció en la Directiva. España estuvo entre los países que cumplieron con su objetivo, en este aspecto.

La Directiva 2003/30/EC del Parlamento Europeo y del Consejo sobre promoción del uso de biocarburantes y otros carburantes renovables para el transporte en sustitución de gasolina y diésel pretendía contribuir a los objetivos de cumplimiento de los compromisos en materia de cambio climático, seguridad de suministro con respecto al medio ambiente y promoción de las energías renovables. Esta Directiva establece un objetivo indicativo para la UE del 5,75% de sustitución de carburantes convencionales para el transporte por biocarburantes en diciembre de 2010. Se consiguió un nivel del 4,7%, por lo que se alcanzó el 82% del objetivo que se marcó en 2003.

Además, en 2004 se transpuso la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la UE. Como es sabido, el sistema de comercio europeo de derechos de emisiones (EU ETS) se ha configurado como el sistema de mayor tamaño en el mundo, seguido en los últimos años por el desarrollo de algunos sistemas regionales en Canadá, Estados Unidos y China.

La Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 fue aprobada el 28 de noviembre de 2003 y propone, para cada uno de los principales sectores involucrados, una serie de medidas para lograr mejoras sustanciales en los índices de eficiencia energética.

Plan de Energías Renovables (PER) en España 2005-2010. Se trata de una revisión del "Plan de Fomento de Energías Renovables en España 2000-2010". Se introdujeron importantes modificaciones a la baja en la biomasa y al alza en las energías eólica y solar fotovoltaica, principalmente.

El R.D. 1370/2006 aprueba el "Plan Nacional de Asignación 2008-2012". Establece para el sector eléctrico un límite de 54,6 Mt de CO<sub>2</sub>, lo que supone el 11,2% menos que el año de referencia 1990.

En la Estrategia Europa 2020, se fijan en la UE los siguientes objetivos vinculantes en materia de energía y clima a alcanzar en el año 2020: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% con respecto a los niveles de 1990, alcanzar el 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final de energía e incrementar la eficiencia energética en un 20%.

El Plan de Energías Renovables en España 2011-2020, aprobado en noviembre de 2011, establece objetivos acordes con la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

En diciembre de 2016 la Comisión Europea lanzó el paquete de *Energía Limpia para todos los europeos*. Se trataba de una revisión en profundidad de todo el cuerpo legislativo de la energía en la Unión Europea, marcado por los compromisos adquiridos en el contexto del Acuerdo de París de 2015. Las diversas directivas, reglamentos, directrices y comunicaciones asociadas se fueron aprobando entre 2017 y 2019. Entre otros muchos cambios, se han establecido nuevos objetivos de penetración de generación renovables y de eficiencia para el año 2030, en una ambiciosa estrategia de lograr emisiones de CO<sub>2</sub> netas nulas para la segunda mitad del siglo. De singular importancia es el hecho de que los Estados Miembros, por el nuevo Reglamento de Gobernanza, están obligados a desarrollar planes integrados de energía y clima, supervisados por la Comisión Europea y sujetos a mecanismos de evaluación y modificación.

### ***Evolución de las energías renovables en los últimos años en España en el marco de la UE***

En la Tabla 2 se presenta la producción de energía primaria renovable en España, por tecnología en los años 2005 y 2017, utilizando en este caso datos de Eurostat. La bioenergía sigue siendo con mucha diferencia la fuente renovable más utilizada, sobre todo en usos térmicos (más que en usos eléctricos). La energía eólica ha ido aumentando la importancia que ya tenía en el año 2005. La energía solar ha crecido de manera espectacular desde el año 2005 (tanto la energía solar fotovoltaica como la termosolar). La producción de energía hidráulica varía en función de la pluviosidad del año en cuestión, así en el año 2016 la producción de energía hidráulica fue de 3,12 Mtep, mientras que en el año 2017 ha sido de 1,61 Mtep.

TABLA 2. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA RENOVABLE EN ESPAÑA, POR TECNOLOGÍA EN MTEP (PORCENTAJE ENTRE PARÉNTESIS)

	Año 2005	Año 2017
Bioenergía*	4,9 (58,4%)	7,28 (44,15%)
Hidráulica	1,6 (19,1%)	1,61 (9,79%)
Eólica	1,8 (21,5%)	4,22 (25,62%)
Solar	0,06 (0,7%)	3,36 (20,32%)
Geotérmica	0,007 (0,1%)	0,02 (0,12%)
<b>Total</b>	<b>8,4 (100%)</b>	<b>16,49 (100%)</b>

Nota: \*La Bioenergía comprende la biomasa sólida, el biogás, la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y los biocarburantes.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat

En la Tabla 3 se presenta el porcentaje de energía renovable en el consumo bruto de energía final, en la Unión Europea y en España, en los años 2005 y 2017. En cuanto al valor conjunto se observa que tanto a nivel de UE como a nivel de España se van acercando al objetivo del 20% a alcanzar en el año 2020. España mejora los valores conjuntos de la UE en electricidad renovable pero va por detrás en la energía renovable para usos térmicos y para transporte.

TABLA 3. PORCENTAJE DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL CONSUMO BRUTO DE ENERGÍA FINAL

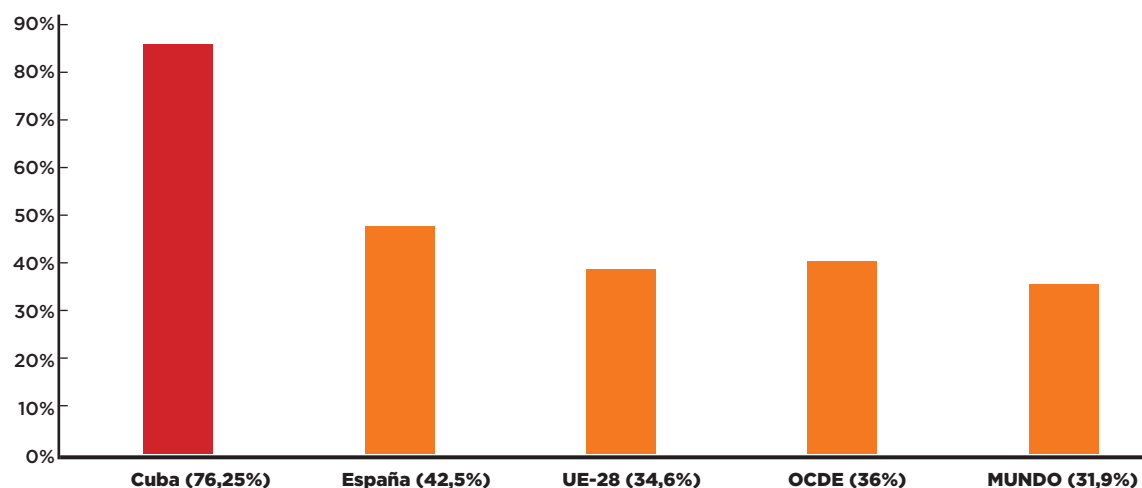
	Año 2005		Año 2017	
	Unión Europea	España	Unión Europea	España
<b>En conjunto</b>	9%	8,4%	17,52%	17,51%
<b>En electricidad</b>	14,9%	19,1%	30,75%	36,34%
<b>En calor y refrigeración</b>	10,8%	9,4%	19,50%	17,52%
<b>En transporte</b>	1,4%	1%	7,4%	5,9%

Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat

### COMPARACIÓN DEL MIX ENERGÉTICO DE CUBA Y ESPAÑA (EN CUANTO A SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA) CON LOS DE LA UE, OCDE Y MUNDO EN 2016

En las Figuras 15 a 18 se presenta el porcentaje del petróleo, gas natural, carbón y energías renovables en el mix energético de Cuba y España en el año 2016, en comparación con la Unión Europea, OCDE y el mundo. Todos los datos están tomados de la base de datos de la *International Energy Agency*, y se trata en todos los casos de porcentajes sobre cantidades medidas en Tep.

FIGURA 15. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE PETRÓLEO EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN 2016



Fuente: *International Energy Agency*.



FIGURA 16. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE GAS NATURAL EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN 2016

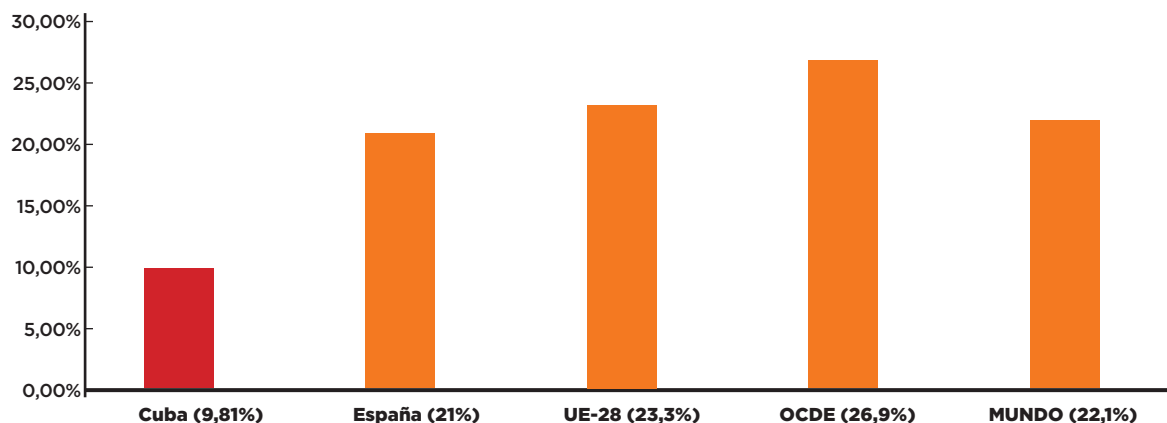
Fuente: *International Energy Agency*.

FIGURA 17. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARBÓN EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN 2016

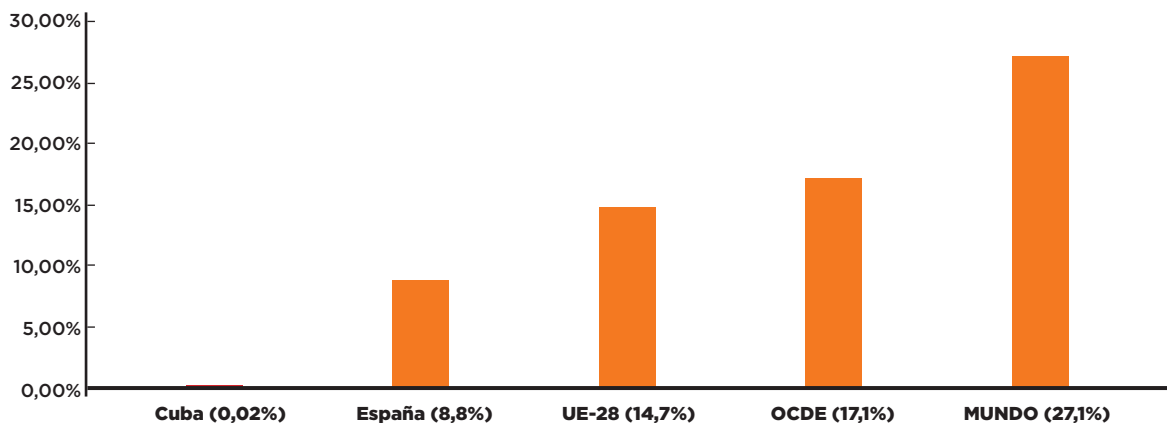
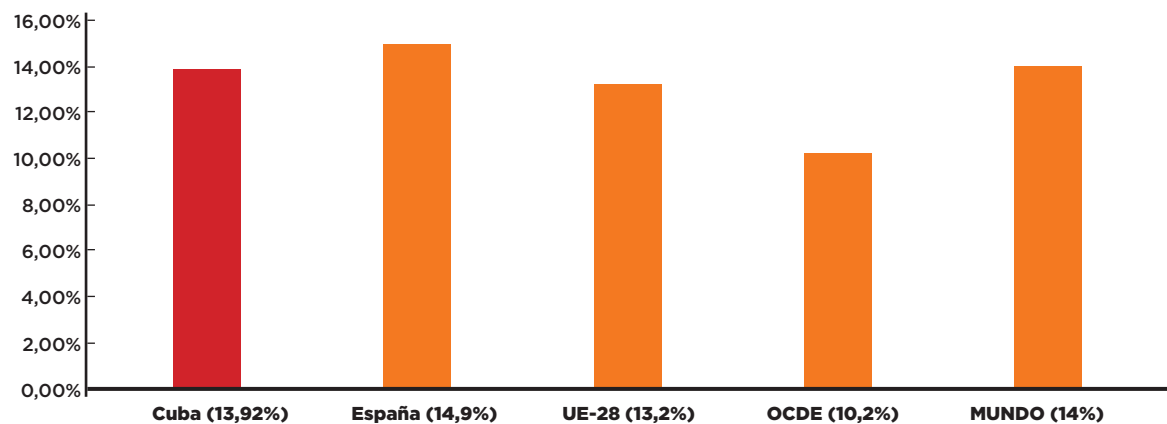
Fuente: *International Energy Agency*.

FIGURA 18. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN 2016

Fuente: *International Energy Agency*.

En los gráficos anteriores se observan ciertas coincidencias en el balance energético primario entre Cuba y España:

- En comparación con la UE, OCDE y el mundo, los dos países tienen un exceso de peso del petróleo en el mix energético, mucho más acusado en el caso de Cuba.
- El porcentaje del gas natural en el mix energético, está en los dos países por debajo del porcentaje correspondiente al nivel de UE, OCDE y mundo. Ligeramente por debajo en el caso de España, bastante por debajo en el caso de Cuba.
- En los dos países el carbón tiene mucha menos importancia que la que tiene a nivel de UE, OCDE y mundo. Mucho más acusado en el caso de Cuba.
- En cuanto al porcentaje de las energías renovables en el suministro de energía primaria, los dos países tienen buenos resultados, mejores para España y buenos para Cuba.

## COMPARACIÓN DE ALGUNOS INDICADORES ENERGÉTICOS ENTRE CUBA Y ESPAÑA PARA EL PERIODO 1990-2016

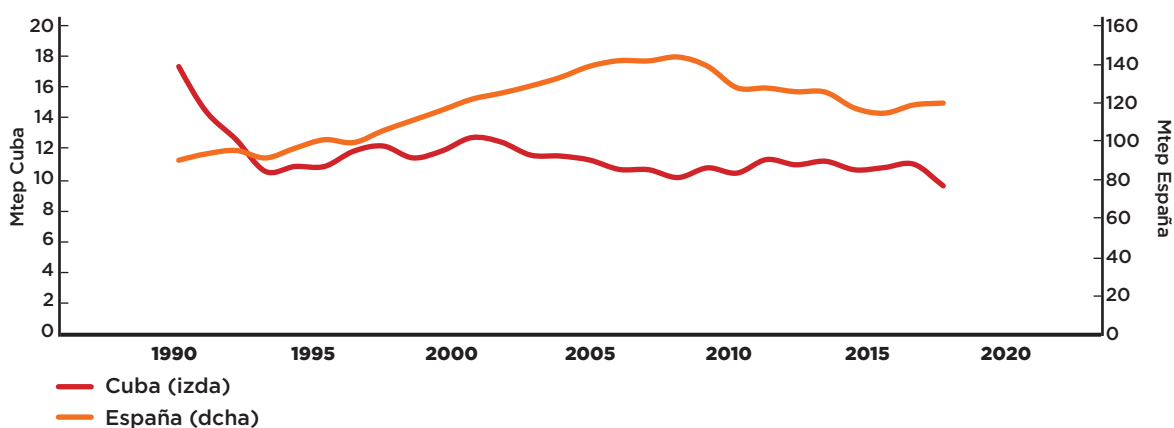
### 1) Suministro total de energía primaria

En la Figura 19 se presentan los datos para Cuba y España del suministro total de energía primaria en Cuba y España entre los años 1990 y 2016.

En el caso de Cuba, la mayor cantidad de la serie corresponde al año 1990 y la menor cantidad al año 2016. Hay un descenso muy acusado entre los años 1990 y 1994 (años correspondientes al llamado periodo especial). Luego se produce un ligero ascenso entre los años 1995 y 2001, para volver a disminuir a partir de dicho año, con algunas oscilaciones menores.

En España la cantidad de energía es creciente desde los años 1990 hasta 2007, con excepciones de poca magnitud en los años 1993 y 1996. Se trata en este caso de una evolución que sigue de cerca la expansión económica en ese periodo. El máximo de la serie se alcanza en el año 2007, siendo el valor mínimo el correspondiente al año 1990. En la serie se nota muy claramente el efecto de la crisis económica, a partir del año 2008.

FIGURA 19. SUMINISTRO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA EN CUBA Y ESPAÑA (EN MTEP) DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

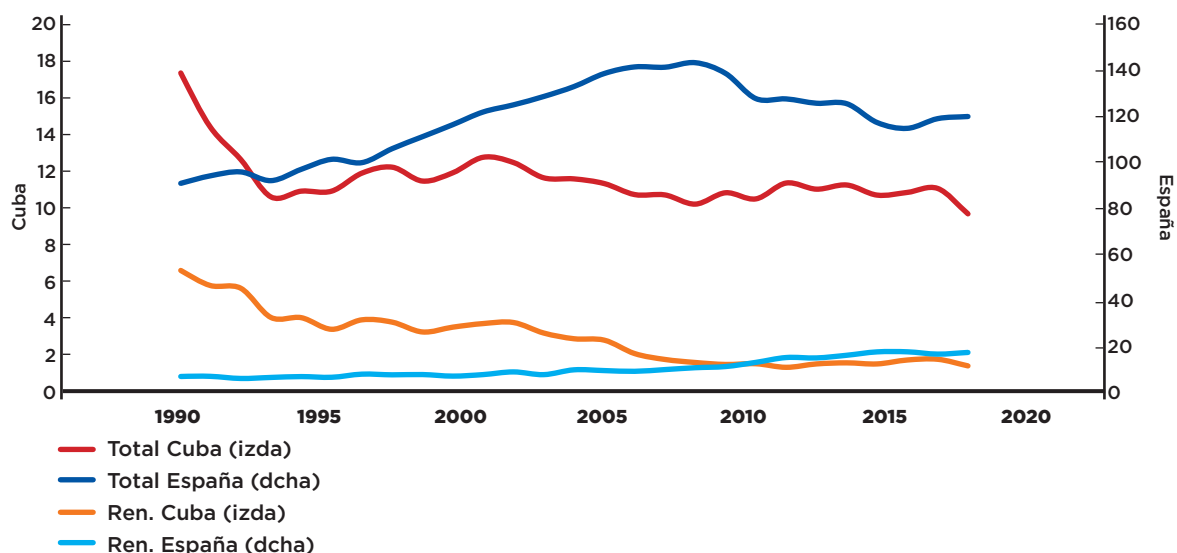
### 2) Suministro total de energía primaria de fuentes renovables

En la Figura 20 se presentan los datos para Cuba y España del suministro total de energía primaria de fuentes renovables en Cuba y España entre los años 1990 y 2016. En línea discontinua se presentan las cantidades correspondientes al suministro total de energía (de fuentes renovables y

no renovables) y en línea continua las cantidades correspondientes a energía renovable. Todas las cantidades están expresadas en Mtep.

Para el caso de Cuba se observa que la distancia entre la curva correspondiente al suministro total y la de energía renovable se va haciendo cada vez más grande a medida que se avanza en el horizonte temporal que se analiza. En el caso de España ocurre lo contrario. Ello se verá con más claridad en el siguiente apartado

FIGURA 20. SUMINISTRO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA EN CUBA Y ESPAÑA (EN MTEP) Y SUMINISTRO DE ENERGÍA RENOVABLE (EN MTEP), DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

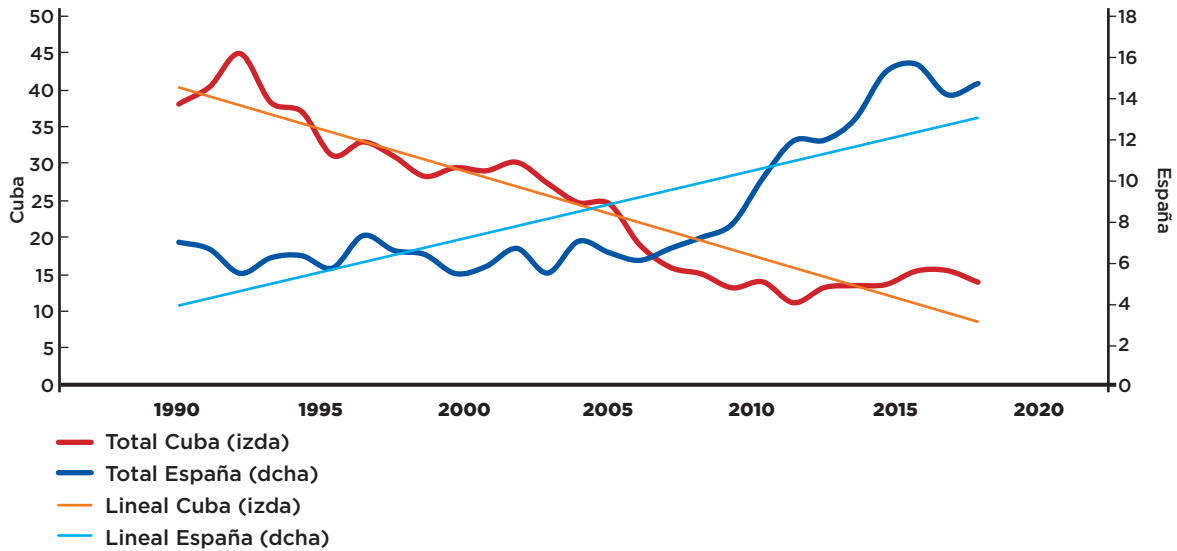
### 3) Proporción de renovables sobre suministro total (en porcentaje)

Lo que se vislumbraba en el punto anterior se ve con mucha más claridad en la Figura 21. La proporción de energía renovable sobre el total de consumo primario muestra una tendencia decreciente en el caso de Cuba y una tendencia creciente en el caso de España, tal como reflejan las líneas de tendencia. De todas formas, el porcentaje que era muy dispar al comienzo del periodo que se estudia tiende a igualarse, al aumentar el de España y disminuir el de Cuba.

En 1990 el porcentaje de energía renovable sobre el total era del 38% para Cuba (por la contribución de la biomasa y residuos) y sólo del 6,95% para España. Sin embargo, en 2016 los porcentajes correspondientes eran del 13,46% para Cuba y 14,74% para España. En el primer caso sigue pivotando casi exclusivamente sobre la biomasa, mientras que en España es ya más relevante el suministro de energía primaria proveniente de fuentes eólica y solar.

En el caso de Cuba, el mayor porcentaje se alcanza en el año 1992 con el 45% de proporción de renovables y el menor es del 11% en 2010. Para España el máximo porcentaje se alcanza en 2014, con el 15,68% y el mínimo valor en 1999 con el 5,40%.

FIGURA 21. PROPORCIÓN DE RENOVABLES SOBRE SUMINISTRO TOTAL (EN %) EN CUBA Y ESPAÑA, DESDE 1990 HASTA 2016



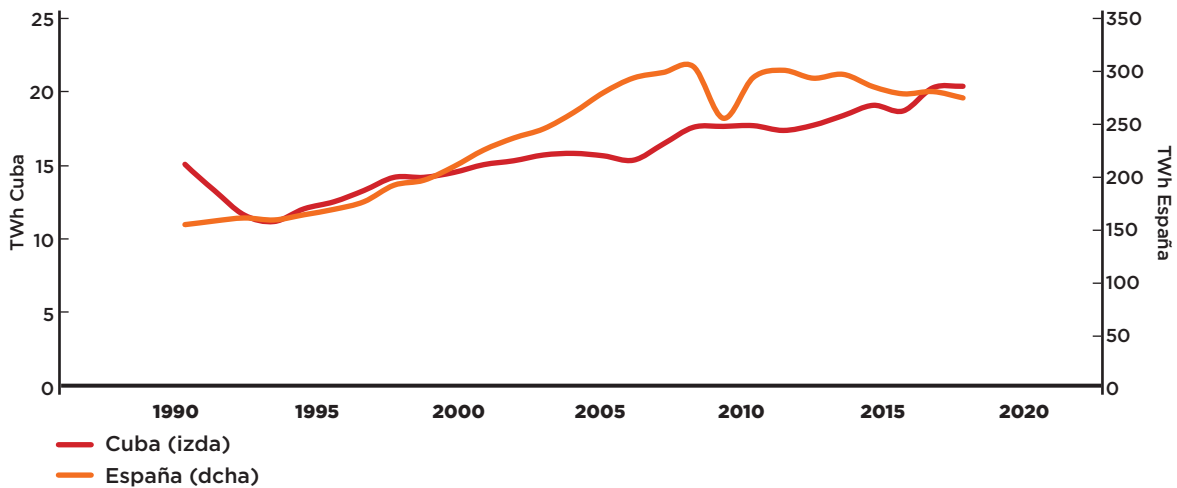
Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

#### 4) Generación de electricidad

En la Figura 22 se presentan los datos para Cuba y España de la generación de electricidad (en TWh) en Cuba y España entre los años 1990 y 2016.

En Cuba la cantidad producida de electricidad disminuye entre los años 1990 y 1994, y a partir de ahí sigue una tendencia creciente en el resto del periodo.

FIGURA 22. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN CUBA Y ESPAÑA (EN TWh ) DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

Es España la tendencia es claramente creciente hasta el año 2007, produciéndose un importante descenso en 2008, como consecuencia del impacto de la crisis económica. Se produce cierta recuperación en los años 2009 y 2010, volviendo a decrecer a partir de dicho año.

En la Tabla 4 se presenta el mix energético correspondiente a la generación de energía eléctrica en Cuba y España para el año 2016. Lo que más llama la atención es la contribución del pe-

tróleo en la generación de electricidad en Cuba, que es del 81,7%, cuando para el mismo año 2016 hemos visto en la Figura 6 que la aportación del petróleo a la generación de energía eléctrica en el mundo es del 3,7%. En el caso de España, la aportación del petróleo es excesiva (del 6,16%), en comparación con el mismo dato a nivel mundial. Ello se debe exclusivamente al uso de fuel en la generación eléctrica en los sistemas eléctricos no peninsulares (Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla), ya que no se usan hidrocarburos líquidos para la generación eléctrica en el territorio peninsular.

Los datos de la Tabla 4 indican que el mix energético correspondiente a la generación de electricidad en España es mucho más variado y equilibrado de lo que lo es en Cuba. Como se señaló con anterioridad, sistemas más grandes y conectados facilitan también un mix de generación más diversificado.

TABLA 4. MIX ENERGÉTICO UTILIZADO EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (EN PORCENTAJE) EN CUBA Y ESPAÑA EN EL AÑO 2016

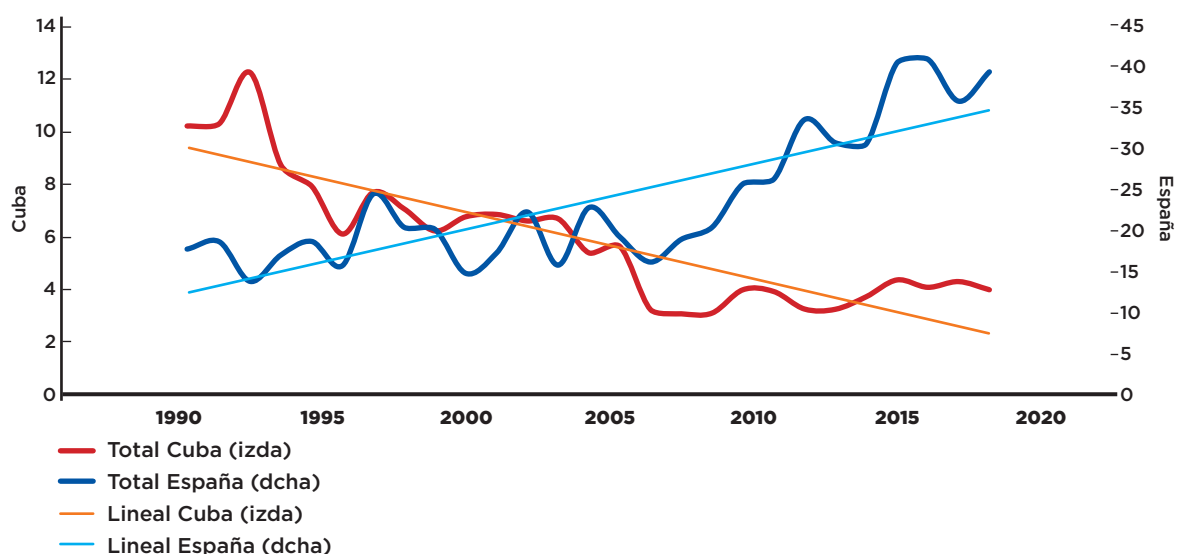
	Cuba	España
<b>Petróleo</b>	81,7%	6,16%
<b>Gas natural</b>	14,3%	19,22%
<b>Biomasa y residuos</b>	3,4%	2,34%
<b>Hidroeléctrica</b>	0,3%	14,51%
<b>Solar</b>	0,2%	4,97%
<b>Eólica</b>	0,1%	17,80%
<b>Carbón</b>	-	13,66%
<b>Nuclear</b>	-	21,34%
<b>Total</b>	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

##### 5) Proporción de electricidad procedente de fuentes renovables sobre el total de electricidad generada (en porcentaje)

Al igual que ocurría con el porcentaje de renovables sobre el suministro total de energía (Figura 21), las líneas de tendencia en la proporción de electricidad procedente de fuentes renovables sobre los TWh de electricidad generados son creciente para España y decreciente para Cuba (Figura 23).

FIGURA 23. PROPORCIÓN DE ELECTRICIDAD PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES SOBRE TOTAL DE ELECTRICIDAD GENERADA EN CUBA Y ESPAÑA DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

En este caso, y a diferencia de la situación que se estudia en el apartado 3 de esta sección, el punto de partida ya es más alto para España (17,7%) que para Cuba (10,3%).

Para Cuba el máximo porcentaje que se alcanza a lo largo del periodo objeto de estudio es del 12,3% en el año 1992, y el mínimo valor es del 3,04% en 2006.

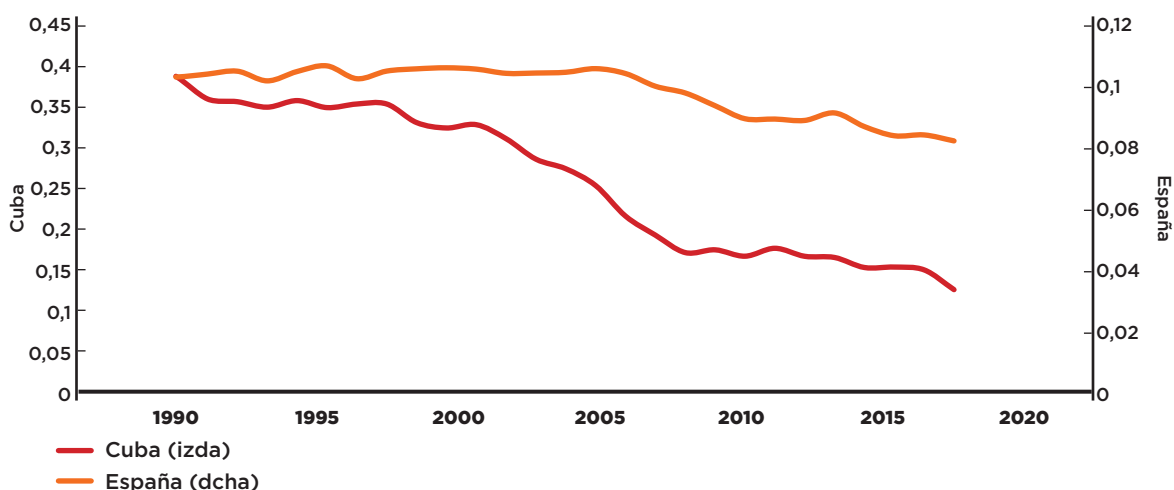
Para España el máximo porcentaje es del 41,2% en 2014 y el mínimo es del 13,7% en el año 1992. La representación gráfica indica que se produce un aumento importante a partir del año 2005, en consonancia con la incorporación de generación eólica (que había comenzado pocos años antes) y solar (tanto fotovoltaica como de concentración o termosolar).

## 6) Intensidad energética

La intensidad energética es un indicador relacionado con la eficiencia con la que una economía utiliza sus recursos energéticos. Se define como la cantidad de energía que se utiliza en una economía dividida por el PIB. Una mejora de eficiencia energética irá acompañada de valores cada vez más pequeños.

La Figura 24 recoge las trayectorias de las respectivas intensidades energéticas de Cuba y España a lo largo del horizonte temporal que se analiza.

FIGURA 24. INTENSIDAD ENERGÉTICA (TEP/PIB (EN MILES DE 2010 USD) EN CUBA Y ESPAÑA DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

Como se puede observar en la Figura 24 el indicador mejora a lo largo del tiempo para los dos países. La mejora es más pronunciada en el caso de Cuba, ya que pasa de un valor de 0,39 en 1990 a 0,12 en 2016. En España se pasa de 0,10 en 1990 a 0,08 en 2016.

Los datos más recientes que ofrece Eurostat para la Unión Europea, referidos al año 2017, indican que España tiene una intensidad energética similar a la que tiene la UE-28 de manera conjunta, más alta que el que tiene el conjunto de países de la zona euro y países como Alemania, Austria, Dinamarca, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo o Reino Unido.

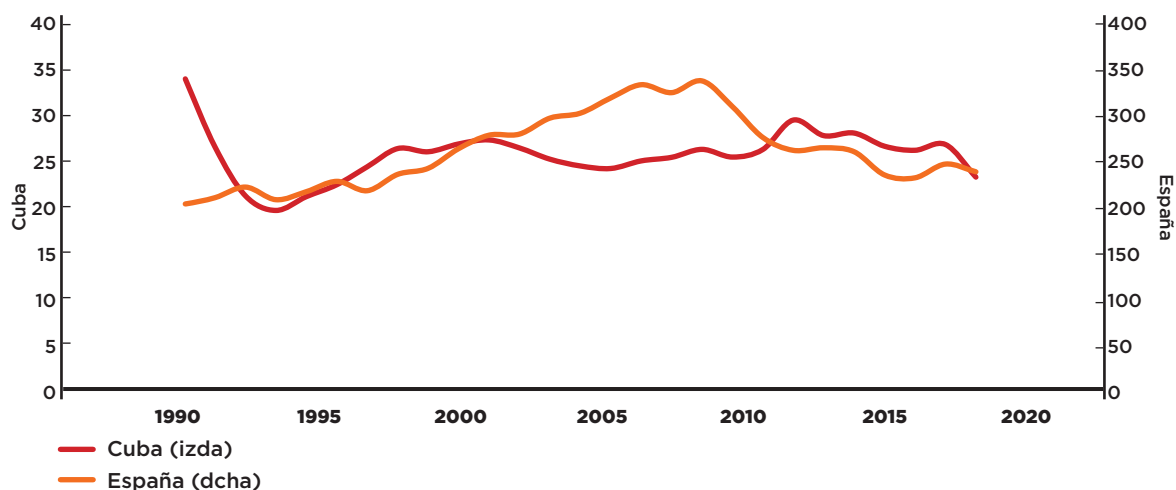
## 7) Emisiones de CO<sub>2</sub> (solo por combustión)

En la Figura 25 se presentan los datos de las emisiones de CO<sub>2</sub> (solo por combustión).

Para Cuba el año con mayor cantidad de emisiones es el inicial de la serie (1990), con 34,12 millones de toneladas, siendo 1993 el año con menor cantidad de emisiones (19,64 Mt).

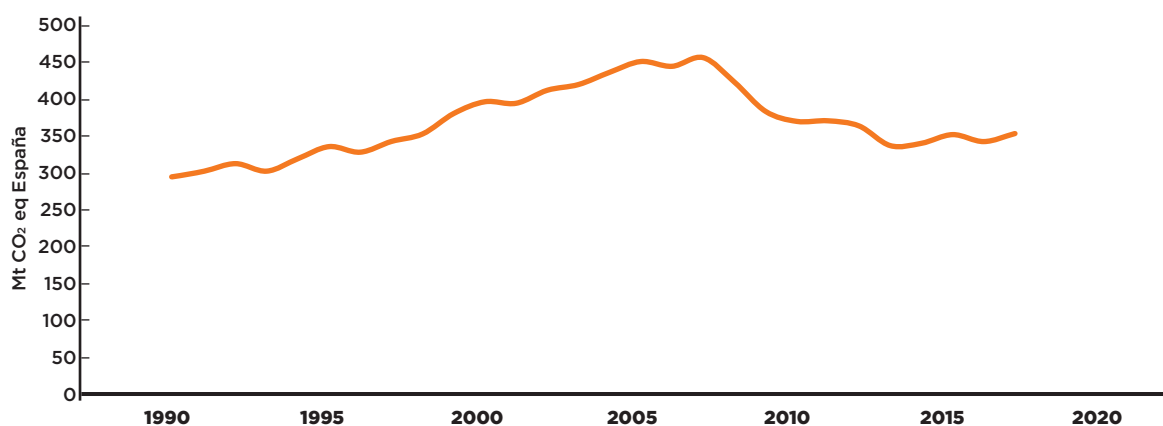
En España estos datos reflejan una vez más el enorme impacto de la crisis económica, que provoca una importante disminución de emisiones a partir del año 2008. Las emisiones crecen hasta 2007 y decrecen a partir de 2008.

FIGURA 25. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> (EN MILLONES DE TONELADAS), SOLO POR COMBUSTIÓN, EN CUBA Y ESPAÑA DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

FIGURA 26. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (EN MILLONES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE) EN ESPAÑA DESDE 1990 HASTA 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat

En la Figura 26 se presentan los datos, obtenidos en Eurostat, de todas las emisiones de gases de efecto invernadero (en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-equivalente) para España entre los años 1990 y 2017.

Las trayectorias de emisiones representadas en las Figuras 25 (parte correspondiente a España) y 26, son muy similares entre los años 1990 y 2016. Los valores correspondientes a gases de efecto invernadero, en el caso de España, se corresponden con los respectivos valores de emisiones de CO<sub>2</sub> (solo por combustión), con un incremento que oscila entre el 39% y el 44%, aproximadamente.

### 8) Emisiones de CO<sub>2</sub> (solo por combustión) por persona

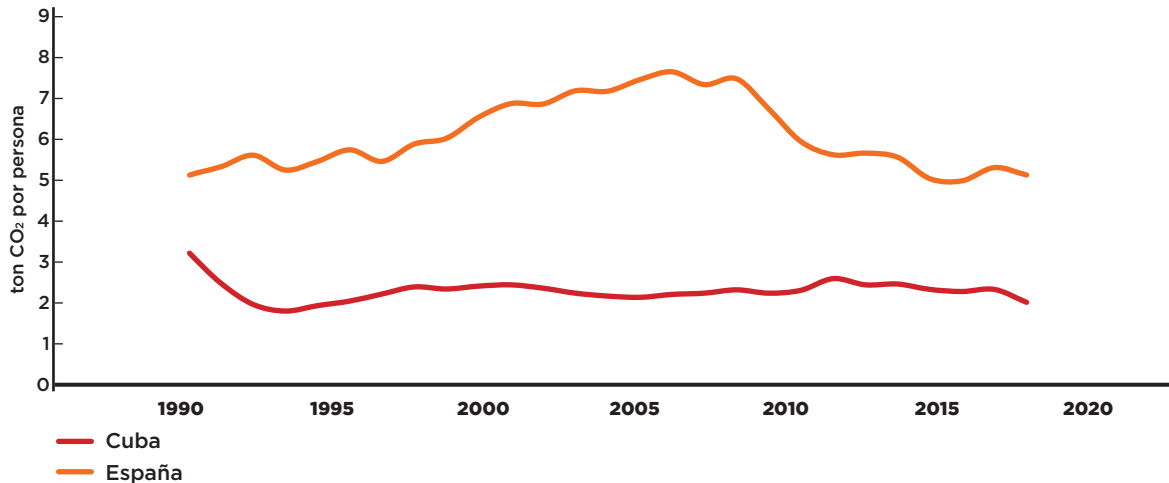
En la Figura 27 se presentan las trayectorias correspondientes a toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por persona (solo por combustión). Las cantidades se han obtenido dividiendo las emisiones por la población.



La trayectoria correspondiente a España es muy similar a las trayectorias observadas en las Figuras 25 (para España) y 26.

La trayectoria correspondiente a Cuba tiene mucho parecido con la trayectoria correspondiente a Cuba de la Figura 25, aunque en este caso aparece más suavizada.

FIGURA 27. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR PERSONA (EN MILLONES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub> POR PERSONA), SOLO POR COMBUSTIÓN, EN CUBA Y ESPAÑA DESDE 1990 HASTA 2016



Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

Si en lugar de dividir las cantidades emitidas por la población dividimos por el PIB, en Kg de CO<sub>2</sub> / 2010 US\$, se obtienen los siguientes resultados:

Para Cuba se empieza con un valor de 0,76 en 1990, desciende hasta 0,6 en 1992, crece hasta alcanzar el valor de 0,77 en 1997 (máximo valor en el periodo), desciende hasta 0,41 en 2008, crece hasta 0,46 en 2010 y decrece hasta alcanzar el valor más bajo en el periodo (0,3 en 2016).

Para España se pasa de 0,23 en 1990 hasta 0,16 en 2016 (siendo éste el valor más bajo en el periodo que se analiza). El valor máximo que se alcanza es de 0,25 en los años 1992 y 2005.

### 9) Intensidad de CO<sub>2</sub> del mix energético

En la Figura 28 se presentan los valores del indicador correspondiente para Cuba y España entre los años 1990 y 2016.

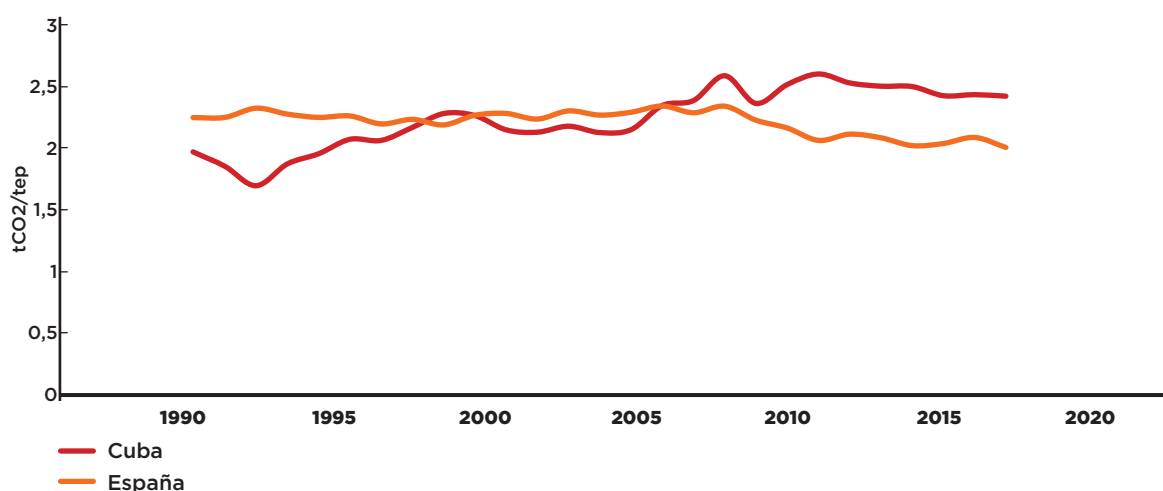
El indicador se obtiene dividiendo la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> (en este caso solo por combustión) por la correspondiente cantidad suministrada de energía. Por tanto, para este indicador, cuanto menor valor alcance, mejor para la economía y el medio ambiente.

El indicador es más estable para España que para Cuba.

En España, el valor que toma el indicador oscila entre 2,35, que se alcanza en el año 2005, y 1,99, que se alcanza en 2016.

En Cuba, el valor del indicador oscila entre 2,60, correspondiente a 2010 y 1,68, que se alcanza en 1999.

Las trayectorias de los indicadores para Cuba y España se cruzan en los años 1997, 1999 y 2005. Al principio del horizonte temporal el indicador es más favorable para Cuba, siendo más favorable para España al final de periodo que se analiza.

FIGURA 28. INTENSIDAD DE CO<sub>2</sub> DEL MIX ENERGÉTICO (EN TCO<sub>2</sub>/TEP) EN CUBA Y ESPAÑA DESDE 1990 HASTA 2016

Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

### COMPARACIÓN DE CUBA CON OTROS PAÍSES DE LA ZONA NO OCDE-AMÉRICAS<sup>4</sup> EN EL AÑO 2016

En esta sección vamos a comparar algunos aspectos referentes a la energía de Cuba con otros países pertenecientes al grupo No OCDE Américas, de acuerdo con la agrupación que establece la *International Energy Agency*. Con ello se pondrá de relieve la variedad de formas distintas que puede tomar el mix energético en diferentes países, incluso pertenecientes al mismo grupo. Los países elegidos son, además de Cuba, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras y República Dominicana. La comparación se hace con datos de la *International Energy Agency* correspondientes al año 2016.

La Tabla 5 presenta el suministro de energía primaria en cada uno de los países que se han considerado en esta sección, descompuesto en porcentajes por fuentes de energía primaria.

TABLA 5. SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA (EN %)

	Costa Rica	Cuba	Ecuador	El Salvador	Honduras	R. Dominicana
<b>Petróleo</b>	47,7	76,26	80,8	52,9	48,5	66,1
<b>Carbón</b>	1,7	0,02	0	0	1,7	11,3
<b>Gas natural</b>	0	9,81	4,2	0	0	9,9
<b>Biomasa y residuos</b>	12,2	13,8	5,4	13	44,1	9,6
<b>Hidroeléctrica</b>	13,6	0,06	9,5	2,5	3,5	1,9
<b>Geotermia, solar y eólica</b>	24,8	0,05	0,1	31,6	2,2	1,2

Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

Como se ha visto en la Figura 2, a nivel mundial el porcentaje del petróleo en el suministro de energía primaria es en 2016 del 31,9%, por lo que todos los países que se estudian en esta sección tienen una participación del petróleo en su mix energético superior al valor correspondiente para todo el mundo. En particular, son muy altos los valores para República Dominicana (66,1%), Cuba (76,26%) y Ecuador (80,8%).

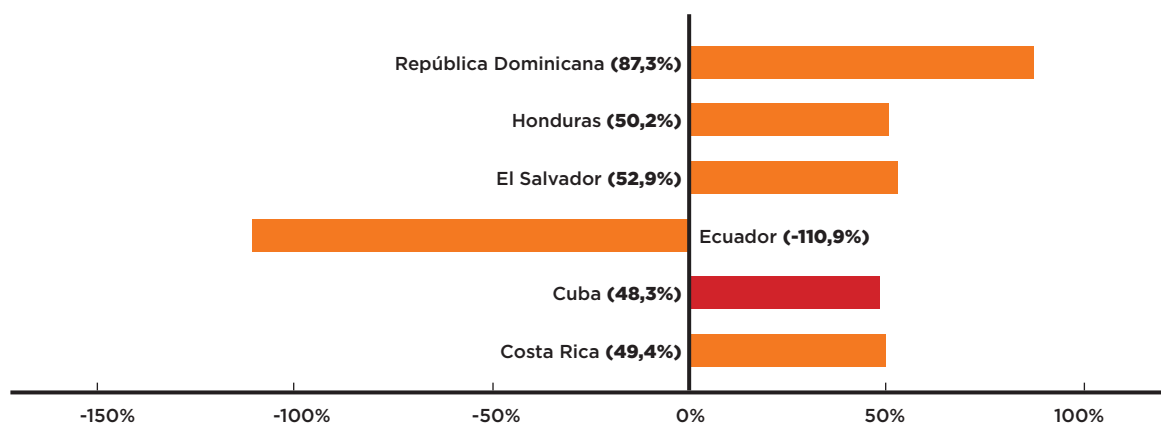
Para todos los países la contribución del carbón es muy baja, excepto en la República Dominicana que, de todas formas, tiene un valor (11,3%) muy por debajo del que se obtiene para el mundo en conjunto (27,1%). También es muy bajo el porcentaje del gas natural, en todos los casos muy por debajo del que se tiene a nivel mundial (22,1%).

4. Países que forman parte de No OCDE Américas: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, País de Curazao, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

En cuanto al peso de las energías renovables destaca el alto porcentaje de la biomasa y residuos en Honduras (44,1%), de la geotermia/solar/eólica en Costa Rica (24,8%) y El Salvador (31,6%), y de la energía hidroeléctrica en Costa Rica (13,6%).

La Figura 29 presenta la dependencia energética de cada uno de los países. Todos ellos son importadores netos de energía, a excepción de Ecuador, que es exportador neto.

FIGURA 29. DEPENDENCIA ENERGÉTICA (EN %)



Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

El país con mayor dependencia energética es República Dominicana, con el 87,3%, seguido de El Salvador (52,9%), Honduras (50,2%), Costa Rica (49,4%) y Cuba (48,3%), que es el país con menor dependencia energética de los que se analizan, exceptuando a Ecuador.

Ecuador es un país exportador de crudo, en cantidades anuales que oscilan entre 8,97 Mtep (en 1990) y 21,26 Mtep en 2014.

La Tabla 6 presenta los datos correspondientes al consumo de energía final. Los países en los que la electricidad tiene un mayor peso en el consumo de energía final son Cuba y República Dominicana, con el 23,4%. El país cuya electricidad tiene un menor peso en el consumo de energía final es Honduras, con el 12,4%, precisamente el país en el que la biomasa y residuos tiene una mayor contribución.

TABLA 6. CONSUMO DE ENERGÍA FINAL (EN %)

	Costa Rica	Cuba	Ecuador	El Salvador	Honduras	R. Dominicana
<b>Petróleo</b>	62	53,8	78	70,65	37,7	55,45
<b>Carbón</b>	1,1	0,03	0	0	1	6,7
<b>Gas natural</b>	0	5,47	0,35	0	0	1,75
<b>Biomasa y residuos</b>	15,1	17,3	4,25	9,85	48,9	12,7
<b>Electricidad</b>	21,8	23,4	17,4	19,5	12,4	23,4

Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

Por último, la Tabla 6 presenta para cada uno de los países el mix energético que se utiliza para generación de electricidad.

Son dignos de destacar los siguientes aspectos:

- Costa Rica genera toda su electricidad utilizando fuentes de energía renovable.
- Cuba sigue destacando por el porcentaje de petróleo utilizado en la generación de electricidad (81,74%).

- Otros países de este grupo, sin llegar al valor de Cuba, también utilizan un porcentaje muy alto de petróleo en la generación de energía eléctrica. Mientras que en el mundo sólo se utiliza en un 3,7% el petróleo para la generación de electricidad (Figura 6), en El Salvador se utiliza el 56,8%, en la República Dominicana el 52,1%, en Honduras el 46,7% y en Ecuador el 29,7%.
- Destaca la importancia de la energía hidroeléctrica en Costa Rica (75,1%), El Salvador (28,6%) y Honduras (26,8%), muy por encima del correspondiente valor a nivel mundial (16,3%).
- Destaca la importancia de la geotermia en Costa Rica (12,54%) y de la energía solar en Honduras (10%).
- El carbón para generar electricidad sólo se utiliza en Honduras (2,5%) y en República Dominicana (12,5%), muy por debajo del valor correspondiente a nivel mundial (38,4%).
- El gas natural para generar electricidad sólo se utiliza en Ecuador (10,1%), Cuba (14,3%) y República Dominicana (12,5%), bastante por debajo del correspondiente valor a nivel mundial (23,2%).

TABLA 7. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD BRUTA (EN % DE GWh)

	Costa Rica	Cuba	Ecuador	El Salvador	Honduras	R. Dominicana
<b>Petróleo</b>	0	81,74	29,7	56,8	46,7	52,1
<b>Carbón</b>	0	0	0	0	2,5	12,5
<b>Gas natural</b>	0	14,3	10,1	0	0	19,7
<b>Biomasa y residuos</b>	1,6	3,35	1,8	14,6	7,5	0,2
<b>Hidroeléctrica</b>	75,1	0,31	58	28,6	26,8	9,8
<b>Eólica</b>	10,73	0,1	0,3	0	6,5	4,1
<b>Solar</b>	0,03	0,2	0,1	0	10	1,6
<b>Geotermia</b>	12,54	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de la *International Energy Agency*

## VISIÓN DE LA ENERGÍA A 2030 EN CUBA Y ESPAÑA

En esta sección se presentan los objetivos para 2030 en materia de energía para Cuba y España.

### Cuba

El 19 de noviembre de 2015 Cuba presentó su “Contribución Nacionalmente Determinada” (INDC, por sus siglas en inglés), en el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

La Contribución Nacional de Cuba tiene elementos específicos de adaptación y de mitigación.

Las medidas específicas propuestas sobre adaptación al cambio climático no están directamente relacionadas con la energía.

Medidas específicas sobre mitigación:

Teniendo como base el potencial de fuentes renovables disponibles en el país, se prevé la instalación de 2.144 MW de potencia conectada a la red eléctrica nacional, que incluye la construcción de:

- 19 bioeléctricas anexas a las centrales azucareras con 755 MW a partir de la biomasa cañera y forestal.
- 13 parques eólicos con 633 MW.
- 700 MW Fotovoltaicos y,
- 74 pequeñas centrales hidroeléctricas.

Se estima que la realización de estos programas permitirá la generación de más de 7 mil GWh al año con fuentes renovables, dejando de emitir a la atmósfera más de 6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Además, se trabaja en otros proyectos que incluyen:

- La instalación de 200 mil m<sup>2</sup> de calentadores solares en los sectores residencial e industrial.
- La instalación de bombas solares en la agricultura.
- El aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de biogás y la obtención de bioabonos que reemplazan fertilizantes químicos coadyuvará a la reducción de las emisiones y a la disminución de la contaminación de cuencas hidrográficas y bahías. Especial atención tienen los residuos de la producción animal, la industria y los sólidos urbanos.

Por otra parte, para incrementar la eficiencia en el uso de la energía, la nueva política energética prevé, entre otras acciones, las siguientes:

- La instalación de tecnología LED con la distribución de 13 millones de lámparas en el sector residencial y de 250 mil luminarias para el alumbrado público.
- La sustitución de 2 millones de cocinas eléctricas de resistencia por cocinas de inducción.

El horizonte de tiempo de la contribución nacional es el año 2030.

Como se ha visto en la Tabla 4, en el año 2016 en Cuba el 4% de la generación de energía eléctrica procede de fuentes renovables, con el siguiente desglose: Biomasa y residuos 3,4%, Hidroeléctrica 0,3%, Solar 0,2% y Eólica 0,1%.

Con las medidas específicas sobre mitigación expresadas en la Contribución Nacionalmente Determinada para Cuba, se estima que en el año 2030, el 24% de la generación de energía eléctrica procederá de fuentes renovables, de acuerdo con la siguiente distribución:

- Biomasa y residuos, 14%.
- Eólica, 5%.
- Solar, 4%.
- Hidroeléctrica, 1%

(Morales Pedraza (2019), Sagastume et al. (2018a), Vázquez et al. (2019)).

### **España**

El marco de la política energética y climática en España está determinada por la Unión Europea. En el año 2016, la Comisión Europea presentó el denominado “paquete de invierno” “Energía limpia para todos los europeos” (COM2016 860 final) que se ha desarrollado a través de diversos reglamentos y directivas. En ellos se incluyen revisiones y propuestas legislativas sobre eficiencia energética, energías renovables, diseño de mercado eléctrico, seguridad de suministro y reglas de gobernanza para la Unión de la Energía, todo ello con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la proporción de renovables en el sistema y mejorar la eficiencia energética en la Unión en el horizonte 2030 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

El marco normativo de la UE fija los siguientes objetivos vinculantes para la UE en 2030:

- 40% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990.
- 32% de renovables sobre el consumo total de energía final bruta, para toda la UE.
- 32,5% de mejora de la eficiencia energética.
- 15% interconexión eléctrica de los Estados miembros.

A ello hay que añadir que la Comisión Europea actualizó el 28 de noviembre de 2018 su hoja de ruta hacia una descarbonización sistemática de la economía con la intención de convertir a la Unión Europea en neutra en carbono en 2050.

En España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima propone los siguientes objetivos para 2030:

- 21% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía.
- 39,6% de mejora de la eficiencia energética.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

En el año 2050 el objetivo es alcanzar la neutralidad climática, con la reducción de al menos un 90% de nuestras emisiones de gases de efecto invernadero y en coherencia con la Comunicación Europea. Además de alcanzar un sistema eléctrico 100% renovable en 2050 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

## CONCLUSIONES

El análisis realizado en este trabajo pone de manifiesto la distinta trayectoria evolutiva del consumo energético entre Cuba y España. La situación en el punto de partida, que en este trabajo se sitúa en 1990, es relativamente similar si se tiene en cuenta, entre otros rasgos, la distinta dimensión y capacidad de interconexión energética de ambos países. Como se ha señalado, sistemas más pequeños aislados tienden a ser sistemas menos diversificados energéticamente, particularmente en el ámbito de la generación eléctrica.

Sin embargo, la evolución registrada desde 1990 difiere notablemente. En Cuba la caída del peso relativo del uso de la biomasa, básicamente aprovechando residuos agrarios, no se ha visto compensada por el aumento de la generación renovable eólica y fotovoltaica, que es prácticamente inexistente. El aspecto positivo de esa situación es que Cuba tiene amplios recursos renovables y podría incorporarlas en un momento en que las tecnologías de generación eólica y, especialmente, fotovoltaica, han reducido extraordinariamente sus costes, convirtiéndose en las tecnologías más competitivas. Además, dada la posibilidad de escalar la generación (desde instalaciones de autoconsumo a grandes instalaciones centralizadas) y los despliegues de red de transporte y distribución que habitualmente se requieren para integrarlas, esas tecnologías resultan especialmente importantes en el caso de Cuba. La generación eléctrica cubana, que sigue pivotando de forma muy mayoritaria en hidrocarburos líquidos, es necesariamente muy emisora de CO<sub>2</sub> y contaminantes ambientales con efectos locales. Este desplazamiento permitiría, pues, un rápido avance en los objetivos de descarbonización.

El caso de España se inserta en el contexto europeo (aunque también en la Unión Europea existen notables diferencias entre países), caracterizado por un compromiso muy sólido en el proceso de descarbonización del consumo energético. La experiencia española no ha estado exenta de problemas, pero muestra un camino a recorrer que puede servir, con las adaptaciones necesarias, al caso de Cuba.

## REFERENCIAS

- Alonso, J.F. y Galliano, R.J. (1999). "Russian oil-for sugar barter deals 1989-1999". *Cuba in Transition*, 9, 335-341.
- Corrales, J., Erikson, D. y Falcoff, M. (2005). "Cuba, Venezuela and the Americas: A Changing Landscape (Working paper)". Cuban Research Institute, Washington DC.
- García, A. y Anaya, B. (2019). "Agro exportaciones en Cuba: potencialidades de inserción en cadenas globales de valor". Presentado en el Seminario *Cuba en el contexto internacional: Reformas económicas y desarrollo sostenible*. Foro Europa-Cuba, La Habana.
- IEA (2018). *Key world energy statistics*. International Energy Agency, Paris.
- Ministerio para la Transición Ecológica (2019). *Borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. Madrid, Febrero de 2019.
- Morales Pedraza, J. (2019). "Solar Energy in Cuba: Current Situation and Future Development". *Journal of Solar Energy Research Updates*, 6, 1-14.
- Piercy, E., Granger, R. y Goodier, C. (2010). "Planning for peak oil: learning from Cuba's "special period"". *Proceedings of the ICE. Urban Design and Planning*, 163 (4), 169-176.

- Sáenz de Miera, G. (2009). "Resultados de la liberalización de la generación eléctrica. Precios, competencia y medio ambiente". *Papeles de Economía Española*, 121, 112-140.
- Sagastume Gutiérrez, A., Cabello Eras, J.J., Huising, D., Vandecasteele, C. y Hens, L. (2018a). "The current potential of low-carbon economy and biomass-based electricity in Cuba. The case of sugarcane, energy cane and marabú (*Dichrostachys cinerea*) as biomass sources". *Journal of Cleaner Production*, 172, 2108-2122.
- Sagastume Gutiérrez, A., Cabello Eras, D., Vandecasteele, C. y Hens, L. (2018b). "Data supporting the assessment of biomass based electricity and reduced GHG emissions in Cuba". *Data in Brief*, 17, 716-723.
- Stolik, D. (2014). "La energía FV: oportunidad y necesidad para Cuba". *Economía y Desarrollo*, 152 (2), 69-86.
- Suarez, J.A., Beaton, P.A., Faxas, R. y Luengo, C.A. (2016). "The estate and prospects of renewable energy in Cuba". *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 11 (2), 111-117.
- UNESA (2010). *El sector eléctrico a través de UNESA (1944-2010)*. UNESA, Asociación española de la industria eléctrica. Segunda Edición. Madrid.
- Vazquez, L., Majanne, Y., Castro, M., Luukkanen, J., Hohmeyer, O., Vilaragut, M. y Díaz, D. (2018). "Energy System Planning towards Renewable Power System: Energy Matrix Change in Cuba by 2030". *IFAC Papers OnLine* 51-28, 522-527.
- Worsham, E. y Vargas Esposito, G. (2017). "Powering the Pearl: A Study of Cuba's Energy Autonomy". *15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. Boca Raton, FL, USA.



