



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Fundación
Naturgy

Curso de verano

J | Els
Juliols

El nuevo consumidor de energía
Barcelona, 9 al 13 Julio 2018
Auditorio Sede de Gas Natural Fenosa

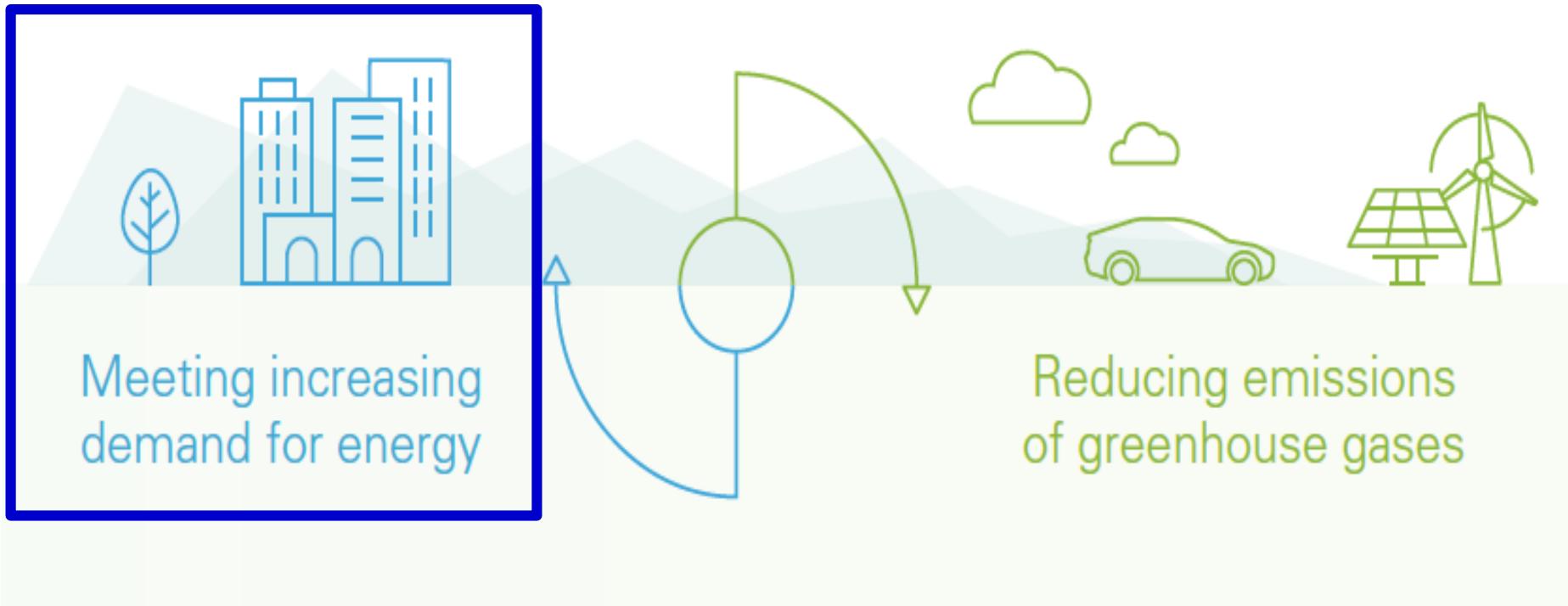
**La era de la diversificación energética:
hacia el *mix* más diverso de la historia**

Mariano Marzo, UB

9-7-2018

EL DOBLE DESAFIO DEL SISTEMA ENERGETICO GLOBAL

The dual challenge



PRINCIPALES TENDENCIAS DEMOGRAFICAS Y ECONOMICAS GLOBALES

(EXXON, 2018 OUTLOOK FOR ENERGY)

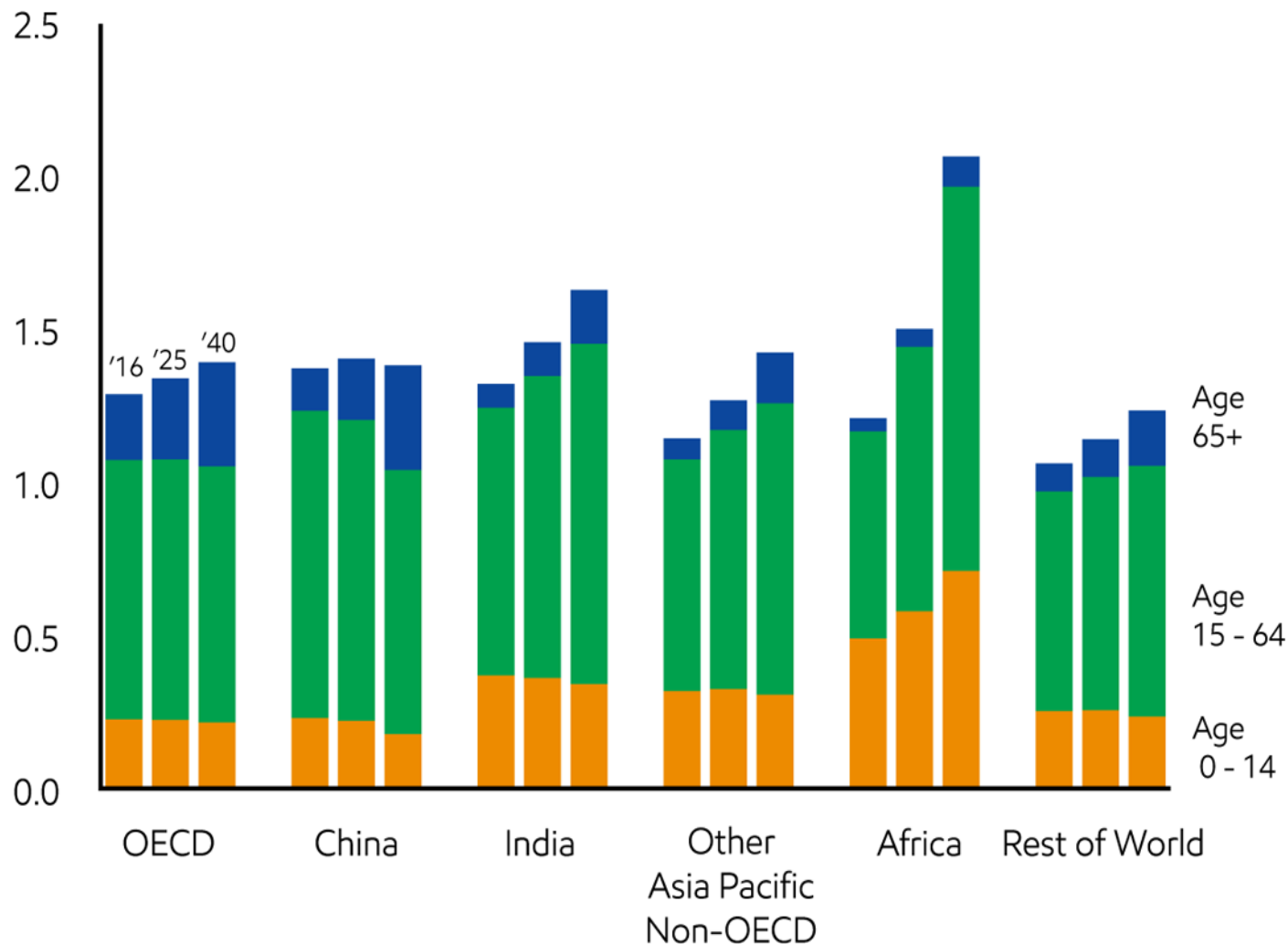
Para 2040, se espera que la población mundial llegue a 9.200 millones de personas, frente a los 7.400 millones actuales

Durante ese mismo período, el PIB mundial probablemente se duplicará. Como resultado, se prevé un aumento significativo del PIB per cápita, particularmente en los países no miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)

Se espera que miles de millones de personas se unan a la clase media global

La demografía mundial cambia

Billions of people



La población mundial crece de 7.4 00 millones hoy a 9.200 millones de personas en 2040

La población de África aumenta al ritmo más rápido en las principales regiones; también tiene la mayor población en edad de trabajar en todas las regiones en 2040

India reemplaza a China como la nación más poblada en 2025, con un aumento significativo de la población en edad de trabajar

La población de China tenderá a disminuir a partir de 2030; su población en edad laboral ya alcanzó su punto máximo, y su porcentaje de población de más de 65 años aumenta rápidamente

La población en edad de trabajar de la OCDE se mantiene plana mientras el grupo de 65+ continúa creciendo

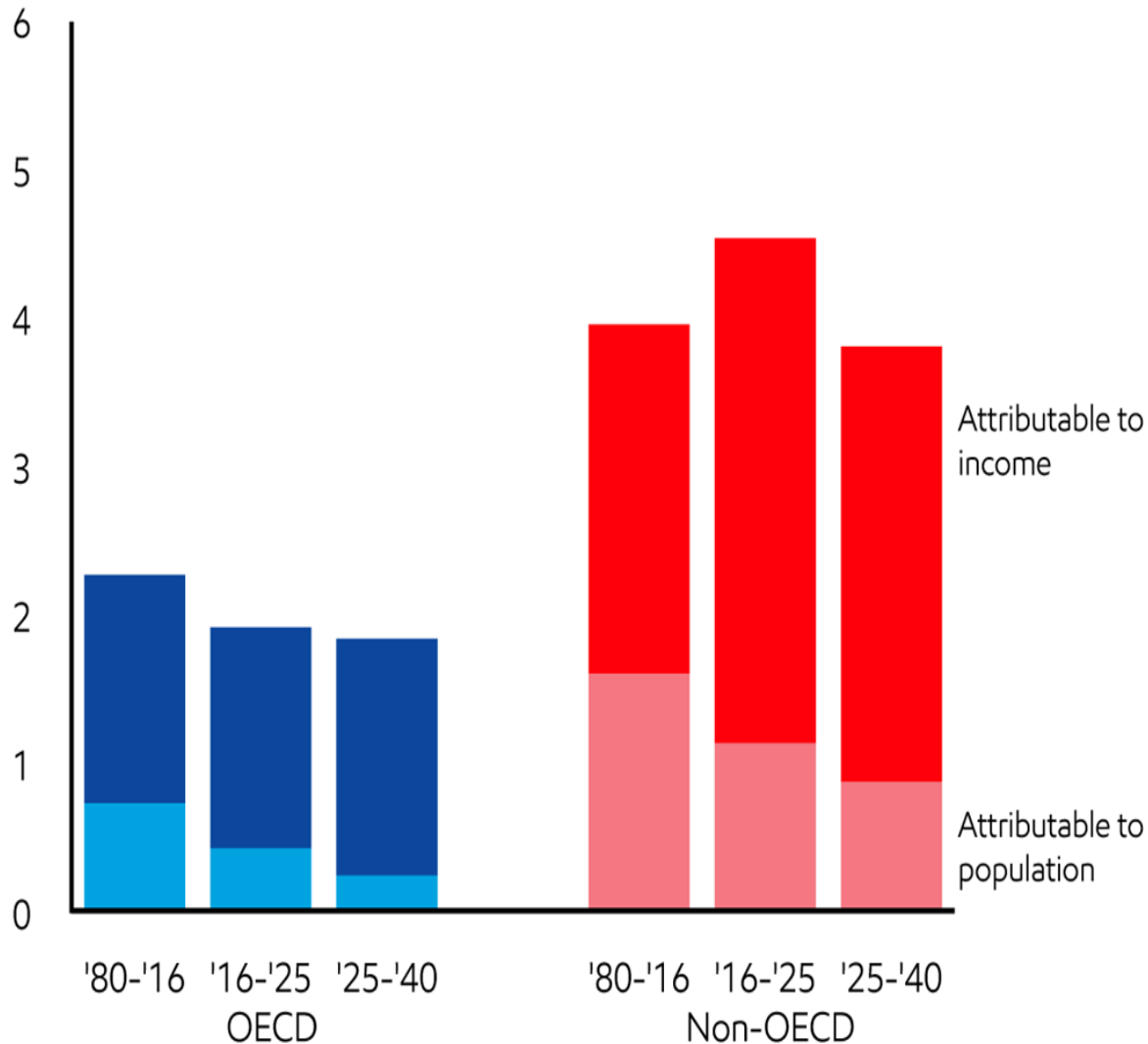
Population assumptions by region IEA, WEO 2017

	Compound average annual growth rate			Population (million)		Urbanisation rate	
	2000-16	2016-25	2016-40	2016	2040	2016	2040
North America	1.0%	0.8%	0.7%	487	570	81%	86%
United States	0.8%	0.7%	0.6%	328	378	82%	86%
Central & South America	1.2%	0.9%	0.7%	509	599	80%	85%
Brazil	1.1%	0.7%	0.5%	210	236	86%	90%
Europe	0.3%	0.1%	0.1%	687	697	74%	80%
European Union	0.3%	0.1%	0.0%	510	511	75%	81%
Africa	2.6%	2.4%	2.2%	1 216	2 063	41%	51%
South Africa	1.5%	0.7%	0.6%	55	64	65%	75%
Middle East	2.3%	1.7%	1.4%	231	321	69%	76%
Eurasia	0.4%	0.3%	0.1%	230	236	63%	67%
Russia	-0.1%	-0.2%	-0.3%	144	133	74%	79%
Asia Pacific	1.1%	0.8%	0.6%	4 060	4 658	47%	59%
China	0.5%	0.3%	0.0%	1 385	1 398	57%	73%
India	1.5%	1.1%	0.9%	1 327	1 634	33%	45%
Japan	0.0%	-0.3%	-0.4%	127	114	94%	97%
Southeast Asia	1.2%	1.0%	0.7%	638	763	48%	60%
World	1.2%	1.0%	0.9%	7 421	9 144	54%	63%

Sources: UN Population Division databases; IEA databases and analysis.

No-OCDE lidera la expansión económica

Year-over-year average percent (%)



El crecimiento económico (PIB) contabiliza tanto el ingreso (medido por el PIB per cápita) como el crecimiento de la población.

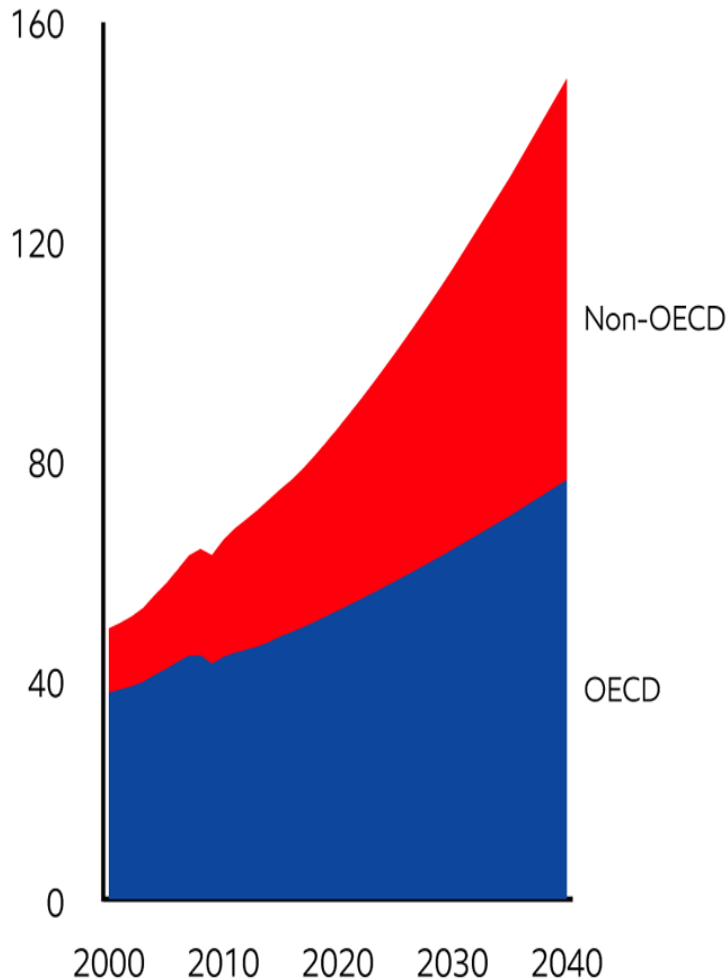
La tendencia proyectada del PIB de la OCDE refleja el descenso del crecimiento de la población y el aumento constante de los ingresos

Hasta 2025, se espera que el crecimiento del PIB de países No-OCDE aumente por encima del promedio histórico, reflejando un mayor crecimiento de los ingresos y un crecimiento más lento de la población

Después de 2025, se prevé que el crecimiento del PIB No-OCDE se modere a medida que el crecimiento de la población se ralentiza aún más, mientras que en gran medida el crecimiento de los ingresos se mantiene

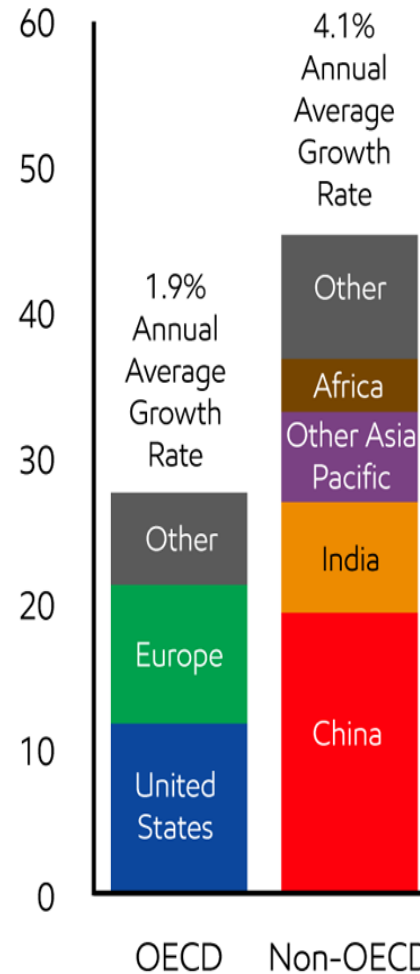
World GDP doubles

Trillions of 2010 dollars



World GDP growth

Trillions of 2010 dollars



El PIB mundial probablemente se duplicará de 2016 a 2040, con un PIB No-OCDE aumentando alrededor del 165% y el de la OCDE creciendo en torno al 60%

El porcentaje No-OCDE del PIB mundial aumentará a cerca del 50% en 2040, frente al 35% en 2016

Es probable que China sea el mayor contribuyente al aumento del PIB, con un crecimiento similar al de Europa-OCDE y Estados Unidos juntos

La India crecerá con fuerza, duplicando su participación en el PIB mundial

Real GDP growth assumptions by region IEA, WEO 2017

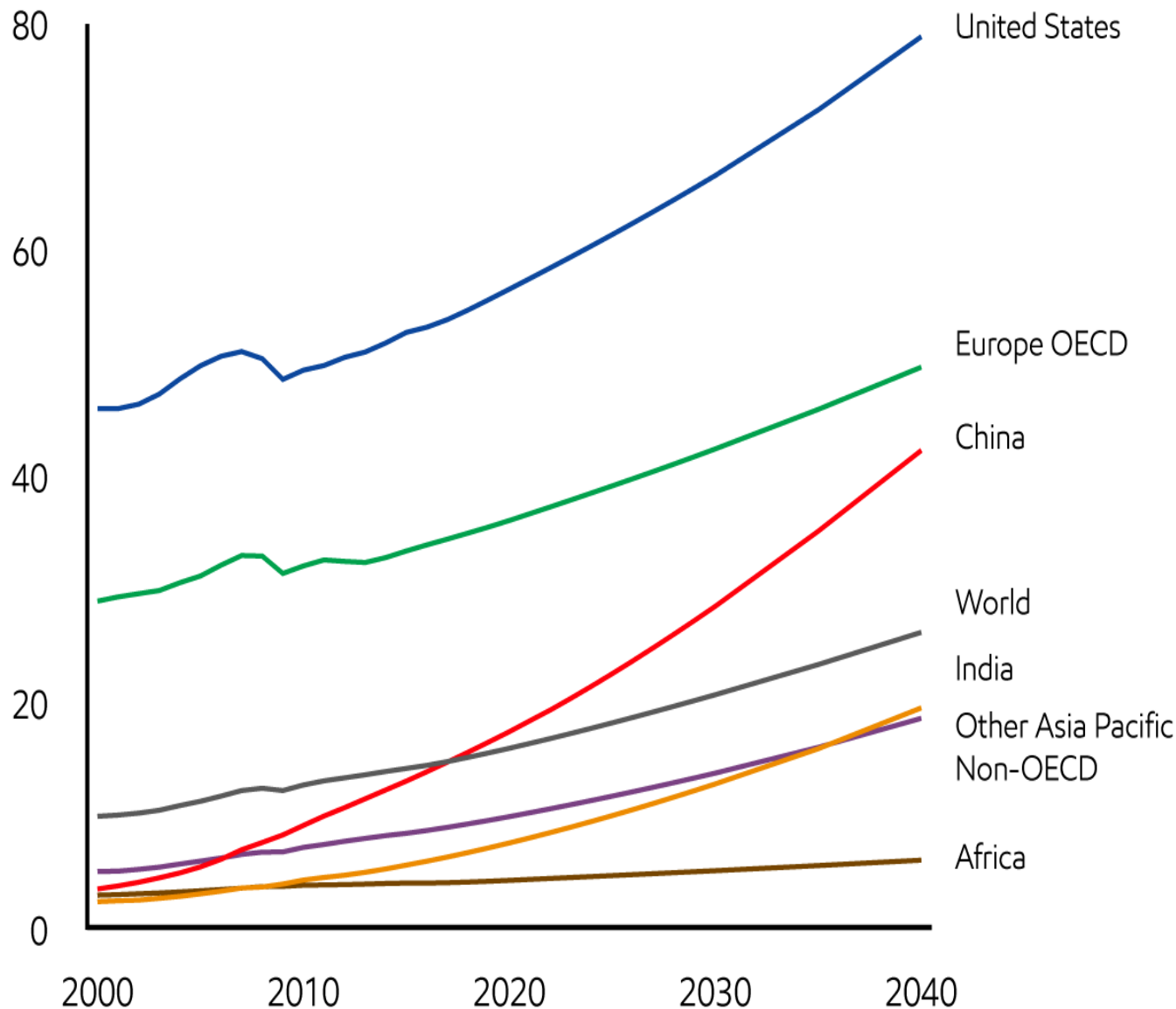
	Compound average annual growth rate			
	2000-16	2016-25	2025-40	2016-40
North America	1.8%	2.1%	2.1%	2.1%
United States	1.8%	2.0%	2.0%	2.0%
Central & South America	2.8%	2.3%	3.0%	2.8%
Brazil	2.4%	1.9%	3.0%	2.6%
Europe	1.7%	1.9%	1.6%	1.7%
European Union	1.4%	1.7%	1.4%	1.5%
Africa	4.4%	4.1%	4.4%	4.3%
South Africa	2.9%	2.1%	2.9%	2.6%
Middle East	4.4%	3.0%	3.5%	3.3%
Eurasia	4.1%	2.3%	2.7%	2.6%
Russia	3.4%	1.7%	2.4%	2.1%
Asia Pacific	6.0%	5.4%	4.0%	4.5%
China	9.2%	5.8%	3.7%	4.5%
India	7.2%	7.7%	5.7%	6.5%
Japan	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%
Southeast Asia	5.2%	5.1%	4.0%	4.5%
World	3.6%	3.7%	3.3%	3.4%

Notes: Calculated based on GDP expressed in year-2016 dollars in purchasing power parity (PPP) terms. See Annex C for composition of regional groupings.

Sources: (IMF, 2017); World Bank databases; IEA databases and analysis.

El poder de compra crece

GDP per capita – thousands of purchasing power parity dollars



Todas las regiones muestran mejoras significativas de los ingresos en 2040. El PIB per cápita en los países de la OCDE promedio aproximadamente cuatro veces el de las economías No-OCDE

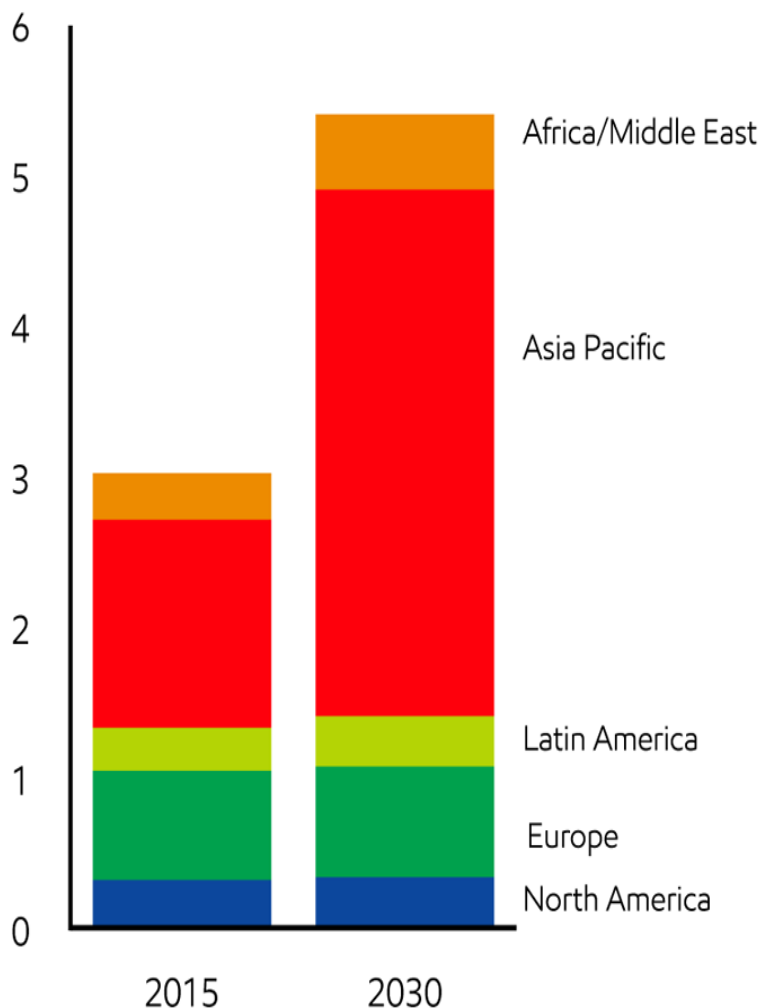
El PIB per cápita de China probablemente se triplique a más de 40,000 \$ en 2040, un nivel similar al de la OCDE-Europa en 2030

Se espera que el PIB per cápita de la India se triplique, aunque será menos de la mitad del nivel de China en 2040.

Se espera que el PIB per cápita de África aumente en un 50%, todavía por detrás de otros mercados emergentes

Un crecimiento de la clase media sin precedentes

Global middle class – billions of people



La clase media se expandirá globalmente, creciendo cerca del 80 % en 2030 y superando los 5000 millones de personas; la mayor parte del crecimiento proviene de países No- OCDE

La clase media en ascenso significa miles de millones de personas con mejor calidad de vida, más longevas y más sanas

La región de Asia-Pacífico absorbe el mayor incremento, con India y China alcanzando, cada una, más de 1000 millones de ciudadanos de clase media

También se espera que aumente en África / Medio Oriente y América Latina, mientras que América del Norte y Europa mantienen estable su población de clase media

PRINCIPALES TENDENCIAS DE LA DEMANDA ENERGETICA GLOBAL (EXXON, 2018 OUTLOOK FOR ENERGY)

La mejora del nivel de vida implica el acceso a fuentes modernas y fiables de energía

Sagrada Familia 1882



PRINCIPALES TENDENCIAS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA GLOBAL (EXXON, 2018 OUTLOOK FOR ENERGY)

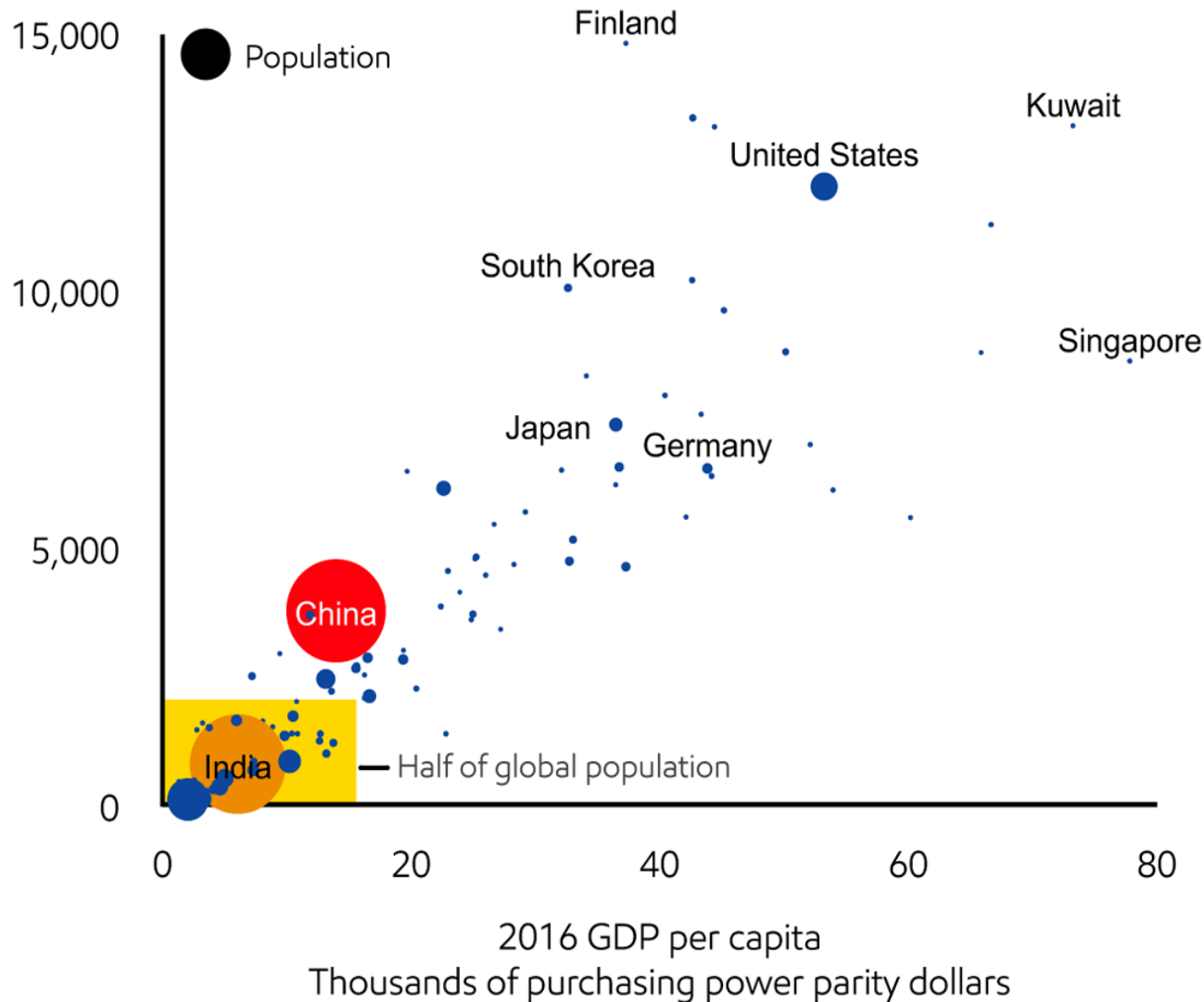
La mejora del nivel de vida implica el acceso a fuentes modernas y fiables de energía

Combinando crecimiento económico y demográfico, las previsiones son que en 2040 la demanda mundial de energía haya aumentado aproximadamente en un 25%. Eso equivale, a agregar América del Norte y América Latina a la actual demanda energética del mundo

El mundo necesitará de todas las fuentes de energía disponibles a precios asequibles para cubrir el crecimiento de la demanda

Energía y nivel de vida

2016 Electricity demand per capita
Kilowatt-hour (kWh) per person



La energía juega un papel fundamental en la mejora del nivel de vida en todo el mundo

El consumo de electricidad per cápita es una medida importante del consumo de energía

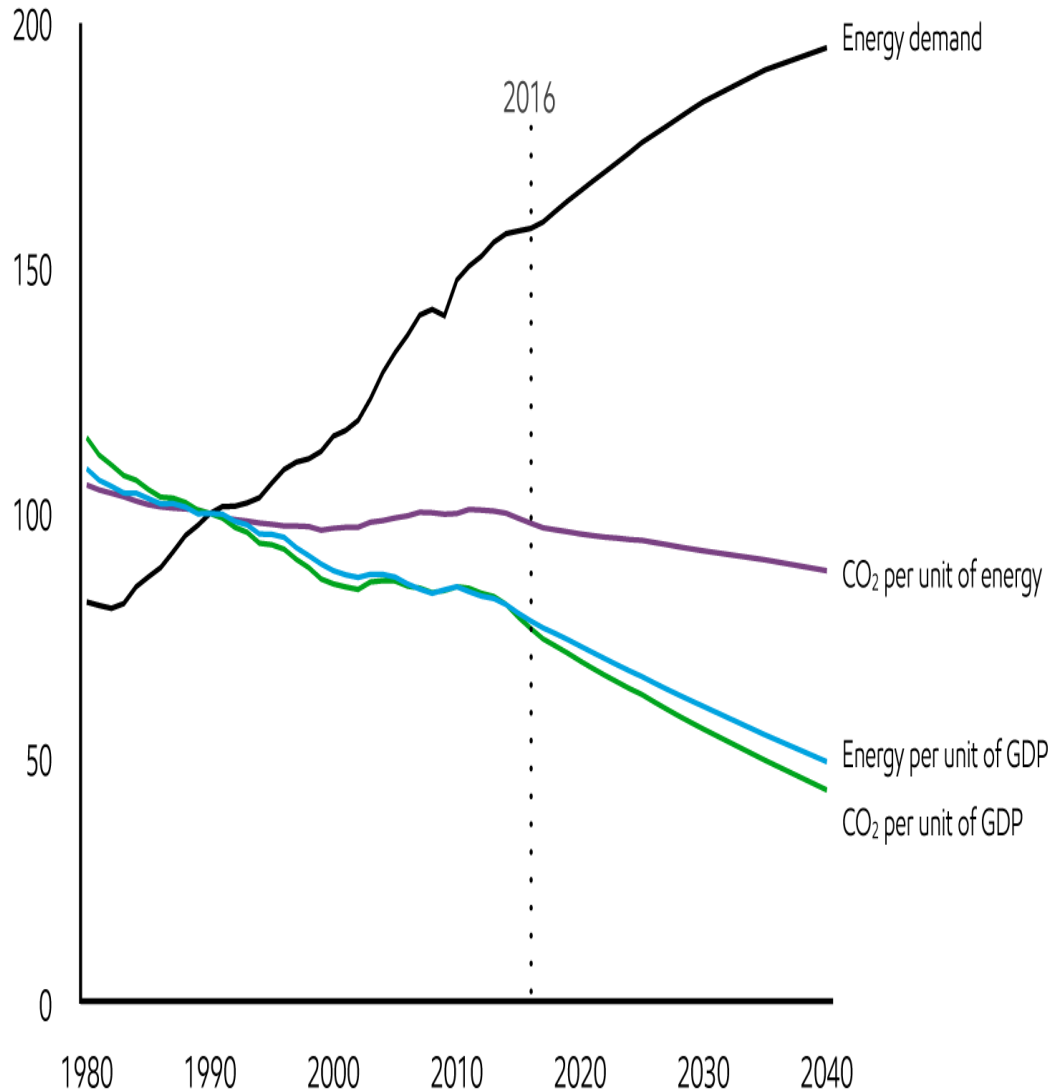
El consumo de electricidad per cápita de un país correlaciona bien con su nivel de ingresos

Alrededor de la mitad de la población mundial reside en países donde la demanda promedio de electricidad por persona es menor que el consumo anual de electrodomésticos básicos

Cerca de mil millones de personas carecen de acceso a la electricidad

La tecnología nos ayuda a hacer más con menos

Index, 1990=100



La demanda mundial de energía crece más lentamente que el PIB mundial, lo que implica una disminución de la intensidad energética (cantidad de energía utilizada para producir una unidad del PIB)

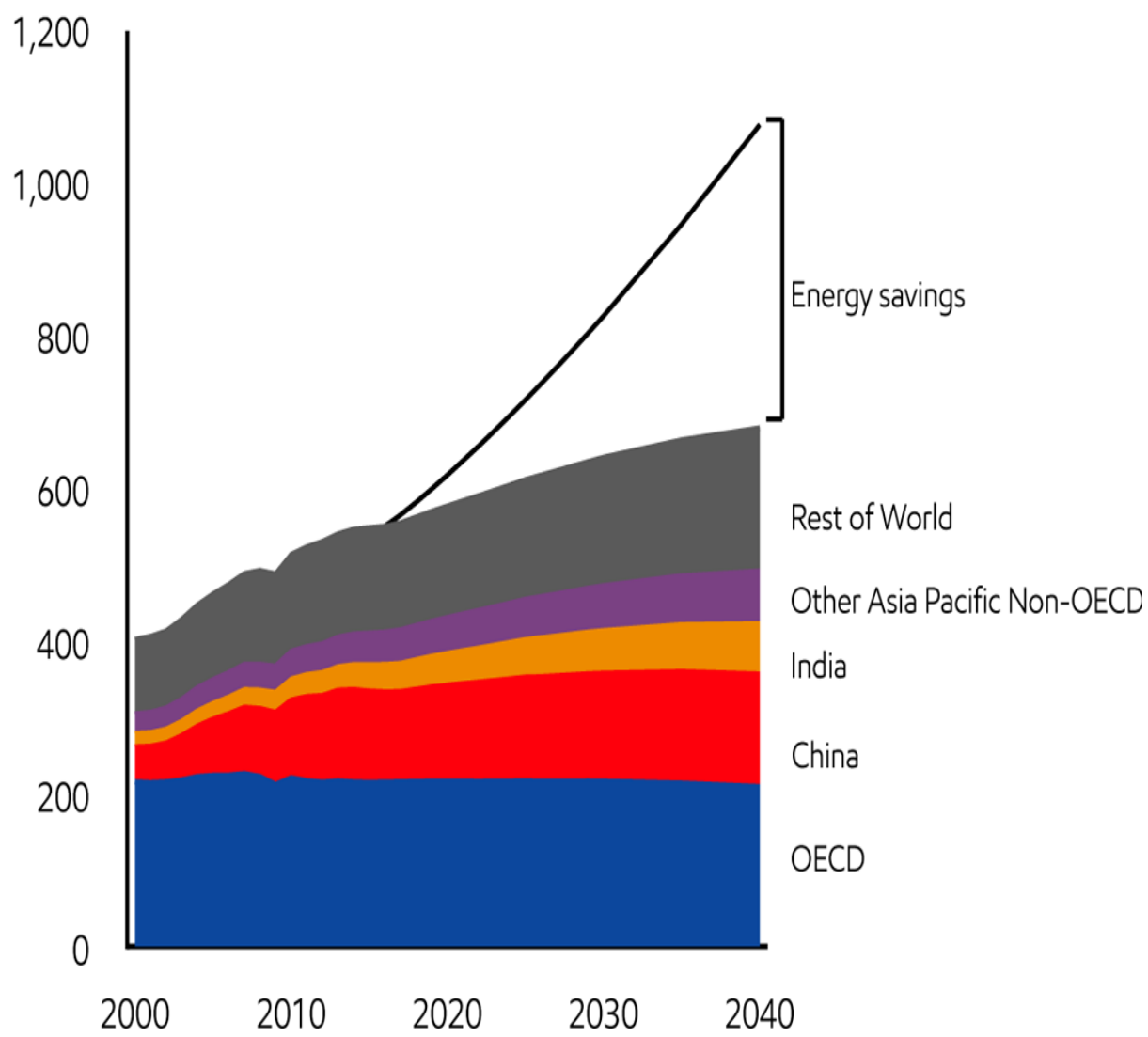
De 2000 a 2016, la intensidad energética disminuyó alrededor del 1% anual, y la tasa de mejora de 2016 a 2040 es probable que se acerque al 2% por año

Mientras tanto, la intensidad de carbono de la energía (contenido de CO₂ por unidad de energía utilizada) muestra un perfil relativamente plano; el ritmo de mejora es probable que aumente desde 2016 hasta 2040

El efecto combinado se refleja en la disminución de la intensidad de carbono de la economía mundial (toneladas de CO₂ por unidad de PIB), que se espera que sea aproximadamente un 40% más baja en 2040, mientras que la demanda mundial de energía aumenta en un 25%

La eficiencia global limita el aumento de la demanda

Energy demand – quadrillion British thermal units (BTUs)



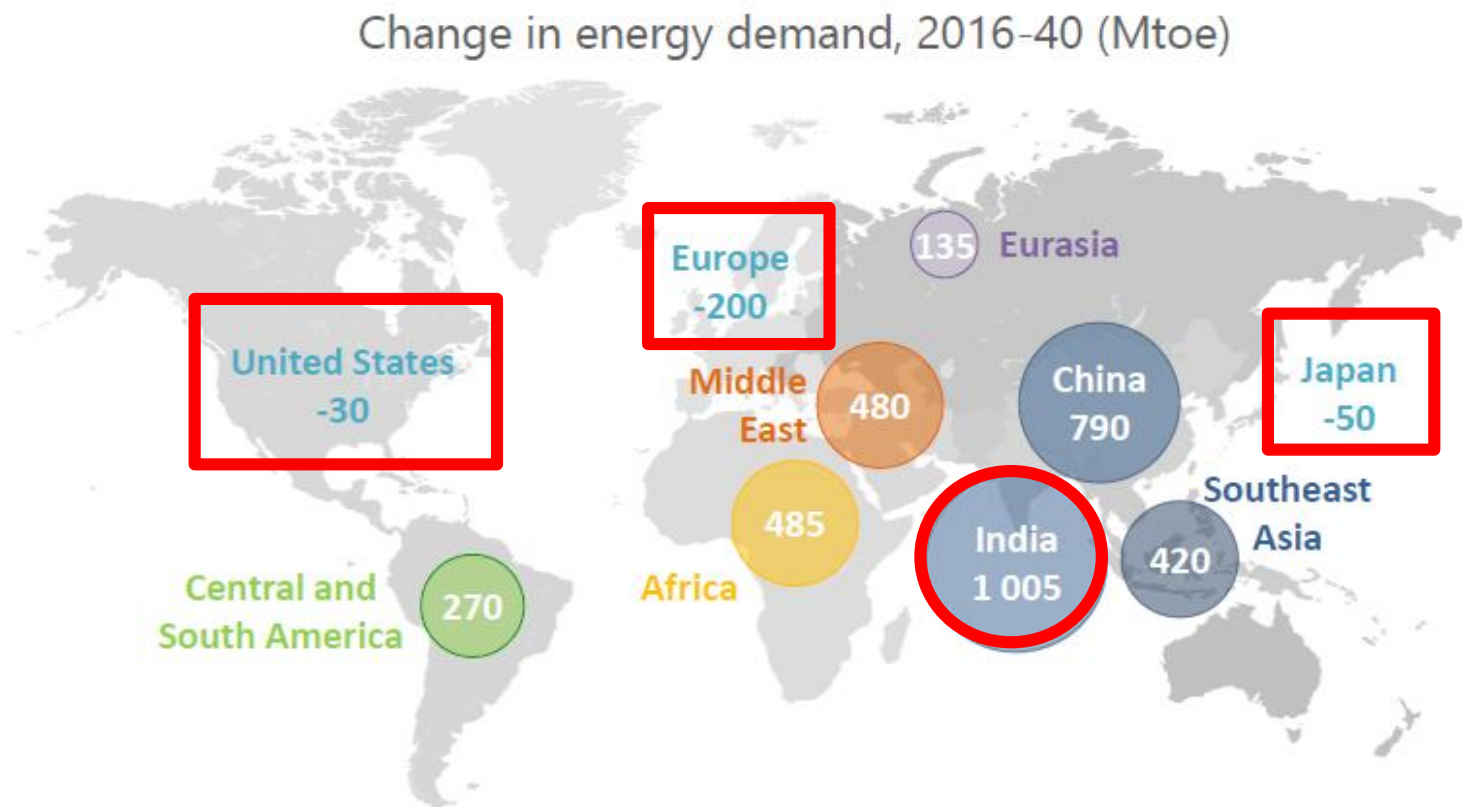
A pesar del crecimiento de la población, se espera que la demanda mundial de energía aumente alrededor del 25% entre 2016 y 2040, lo que refleja un gran ahorro debido a las mejoras en la eficiencia.

Sin ahorro por mejoras en la eficiencia energética de la economía mundial, la demanda mundial de energía casi podría duplicarse en 2040

El aumento de la demanda provendrá de países No-OCDE, liderados por China e India, donde se espera que el uso de energía aumente cerca del 40%.

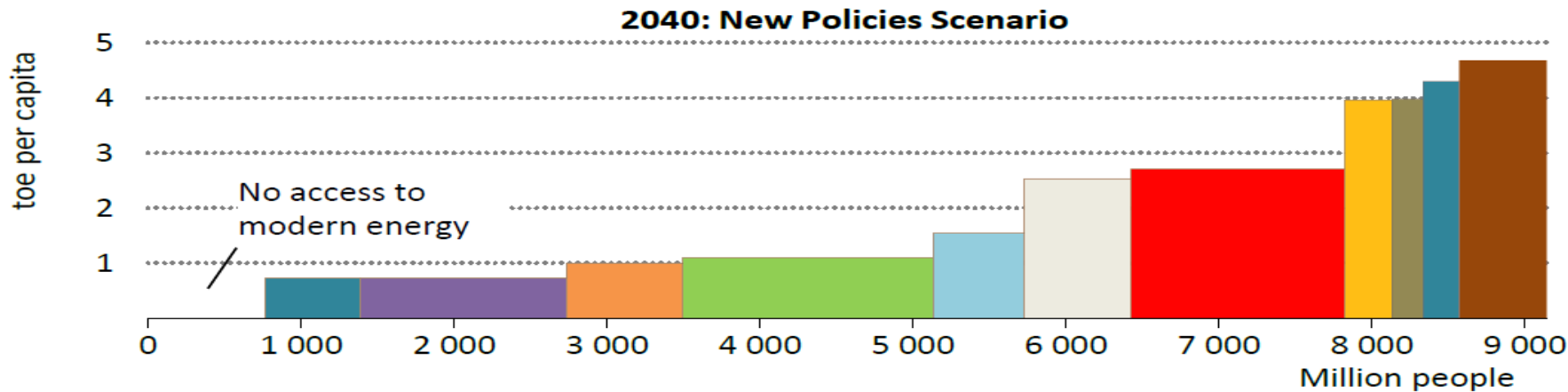
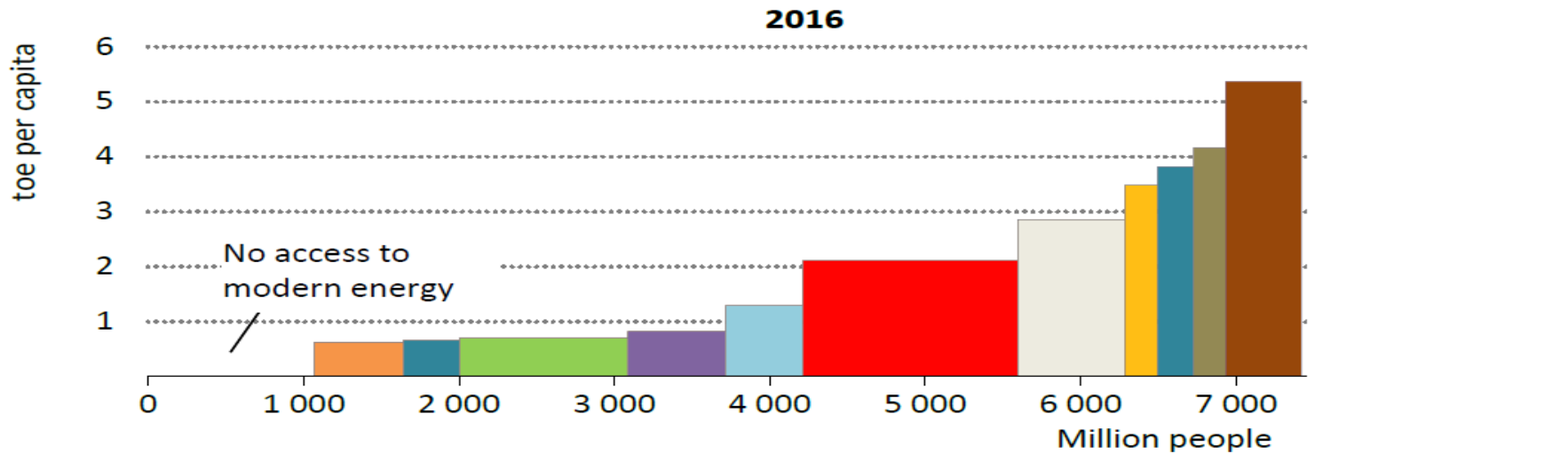
También se prevé un fuerte aumento de la demanda en otros países de Asia-Pacífico, África, Oriente Medio y América Latina

IEA, WEO 2017, NPS: las necesidades energéticas mundiales crecen más lentamente que en el pasado, pero todavía aumentan un 30% de aquí a 2040, lo que equivale a añadir otra China y otra India a la actual demanda mundial



Adiós a las viejas formas de entender el mundo de la energía. Los países cambian de rol: Oriente Medio se está convirtiendo en un importante consumidor de energía y los EEUU en un importante exportador

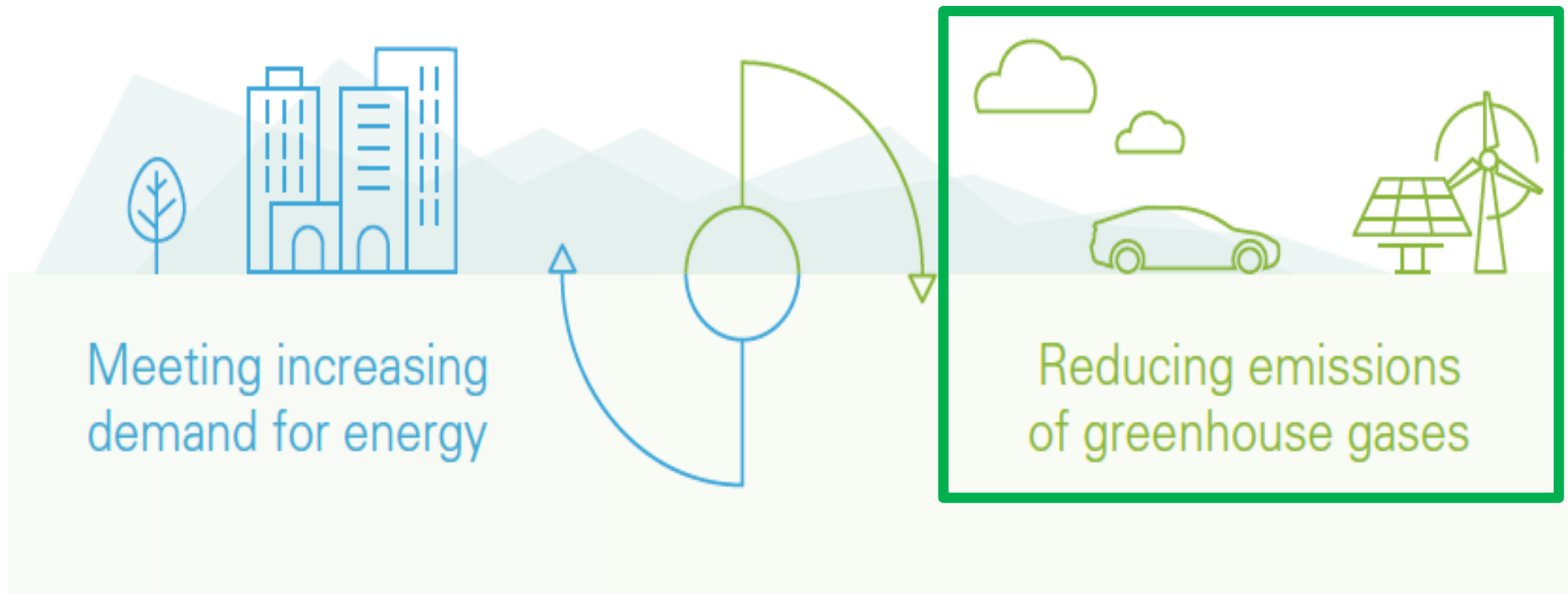
Evolución de la demanda de energía primaria per cápita, NPS



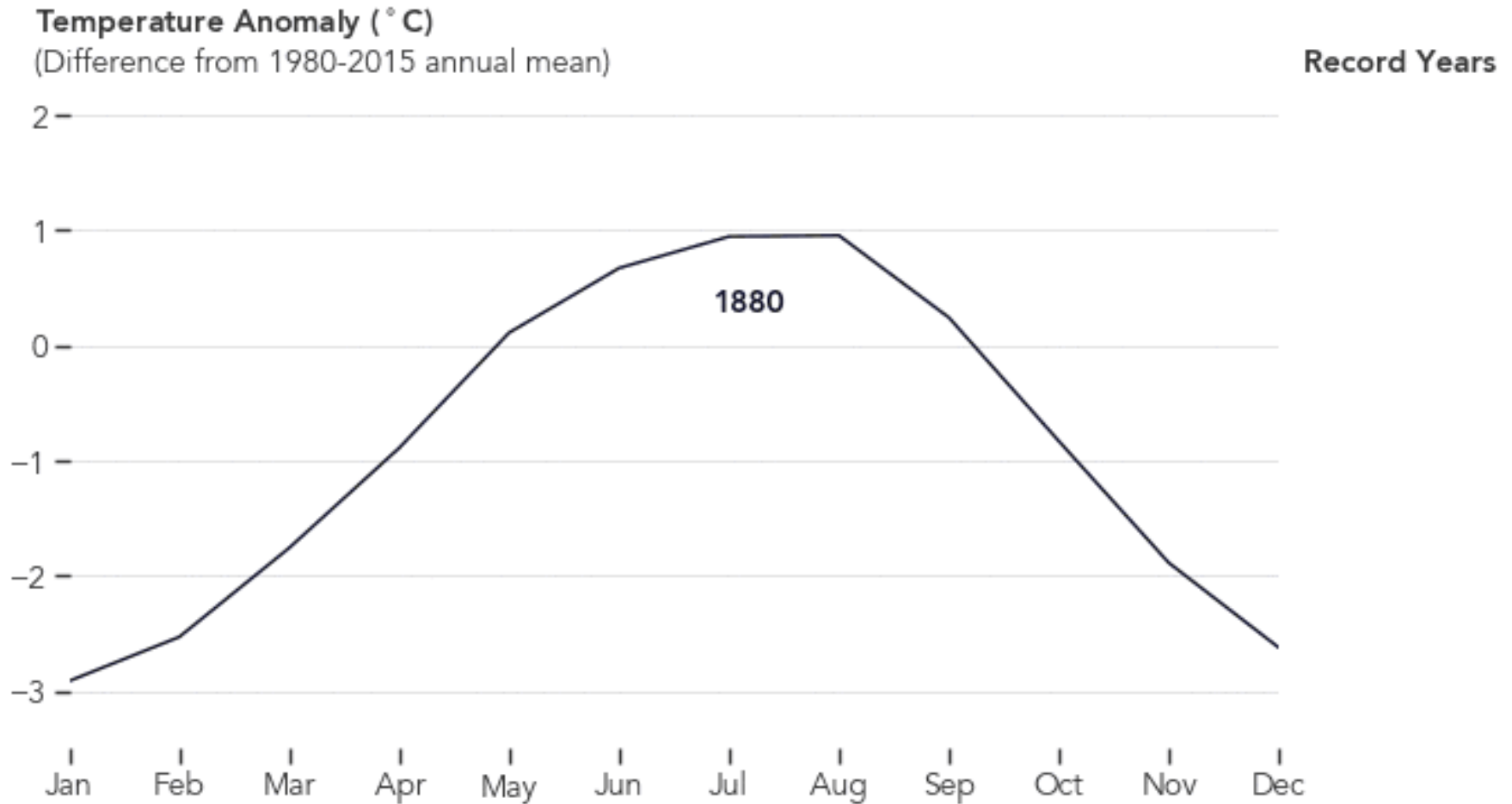
- Africa
 - Southeast Asia
 - Europe
 - Eurasia
- Other developing Asia
 - Central & South America
 - Middle East
 - North America
- India
 - China
 - Developed Asia Pacific

EL DOBLE DESAFIO DEL SISTEMA ENERGETICO GLOBAL

The dual challenge

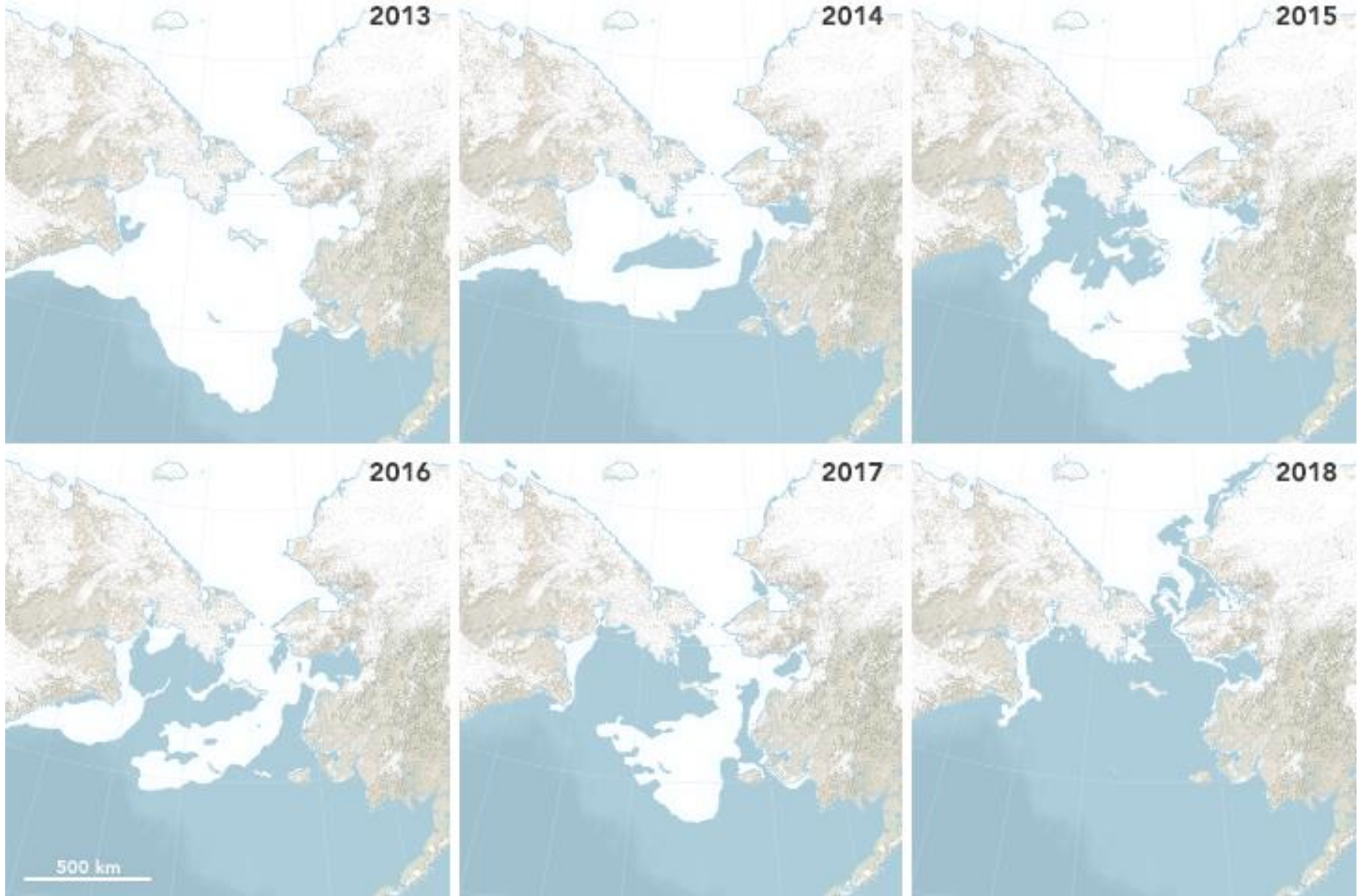


2017 fue el segundo año más cálido del registro NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS)



Hielo en el Mar de Bering en mínimos históricos

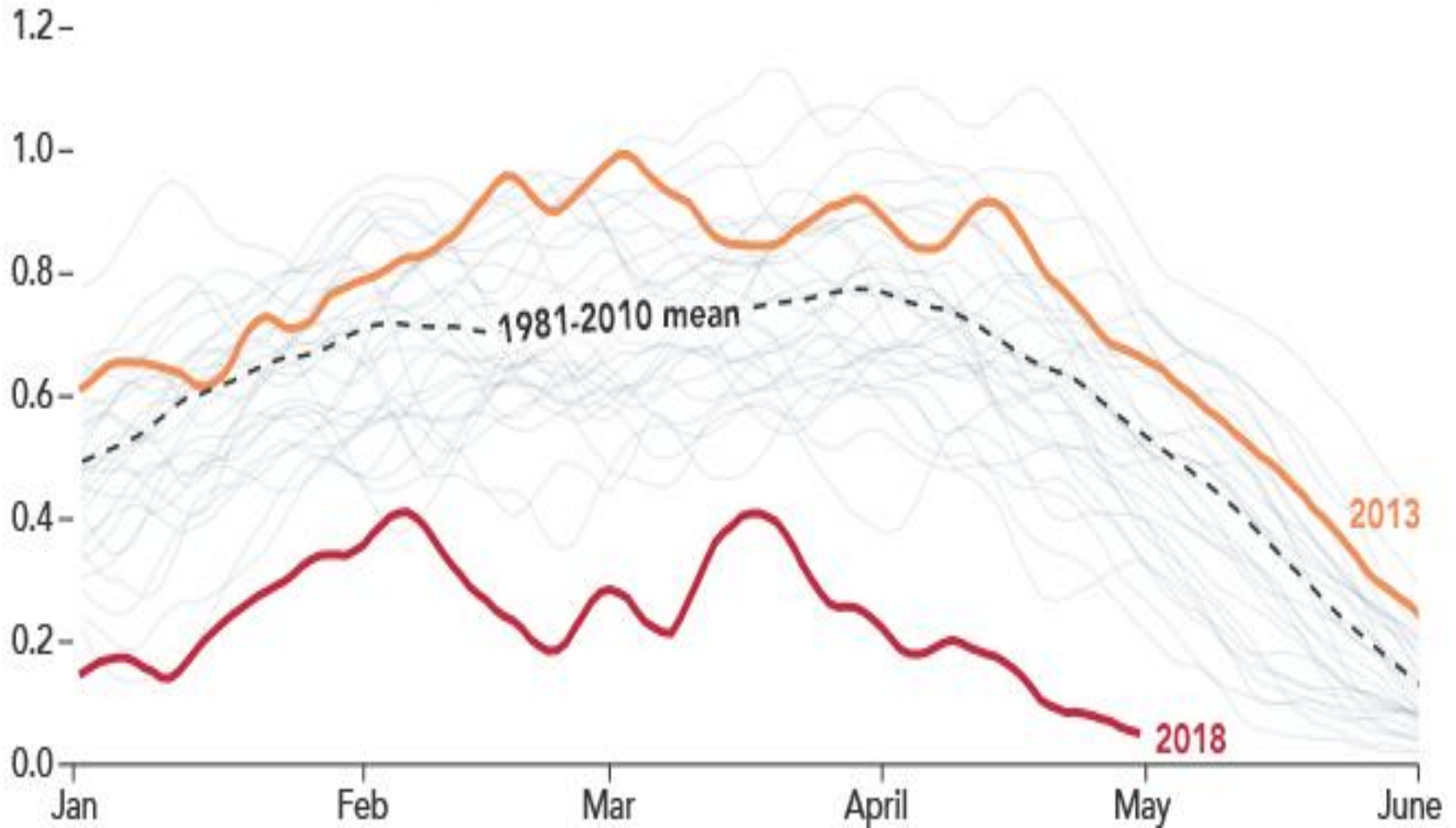
NASA, Earth Observatory 3-5-2018



Hielo en el Mar de Bering en mínimos históricos

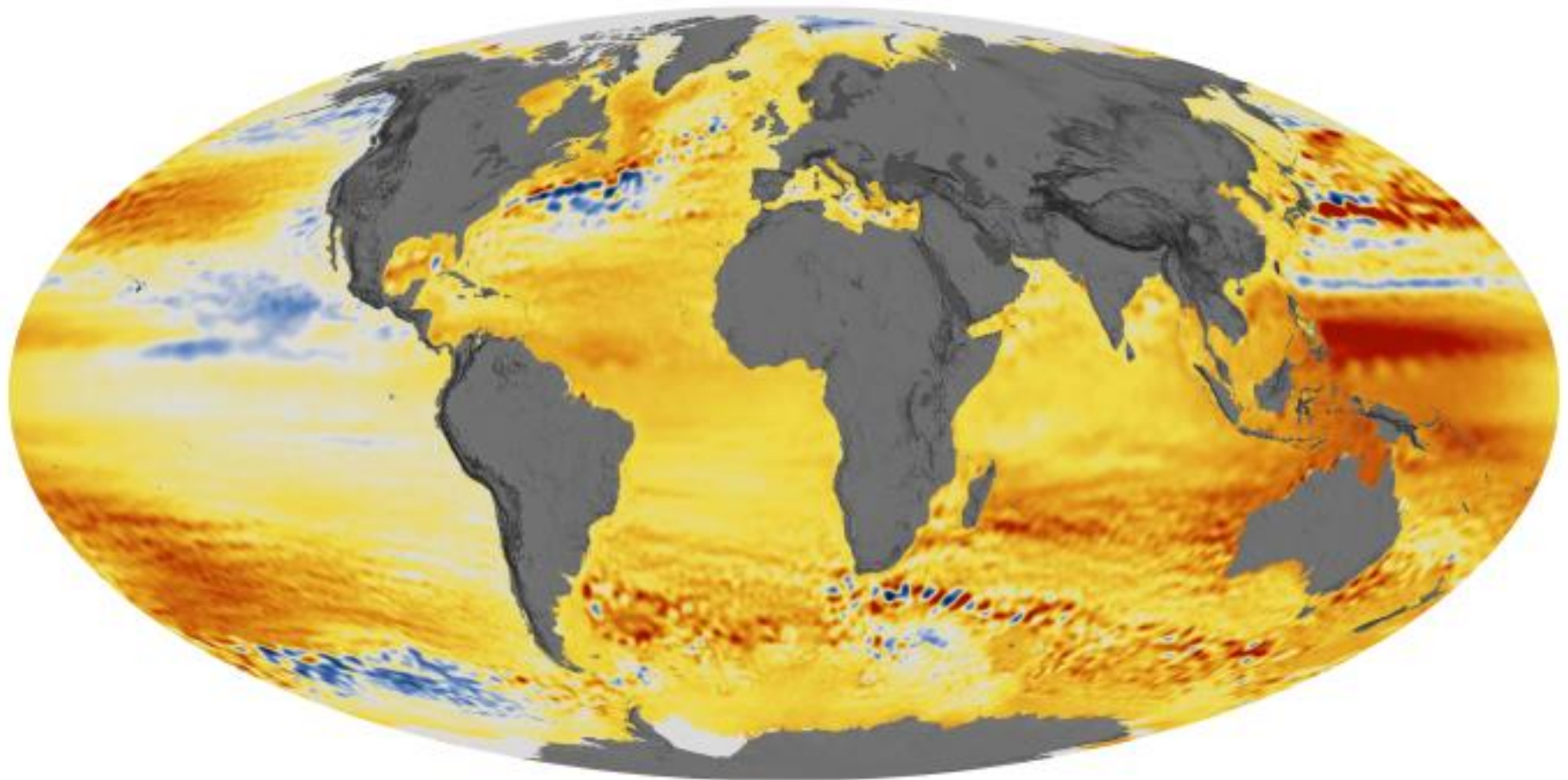
NASA, Earth Observatory 3-5-2018

Ice Extent in the Bering Sea (millions of km²)



El ascenso del nivel del mar se acelera

NASA Earth Observatory 20-2-2018



El camino que tenemos por delante

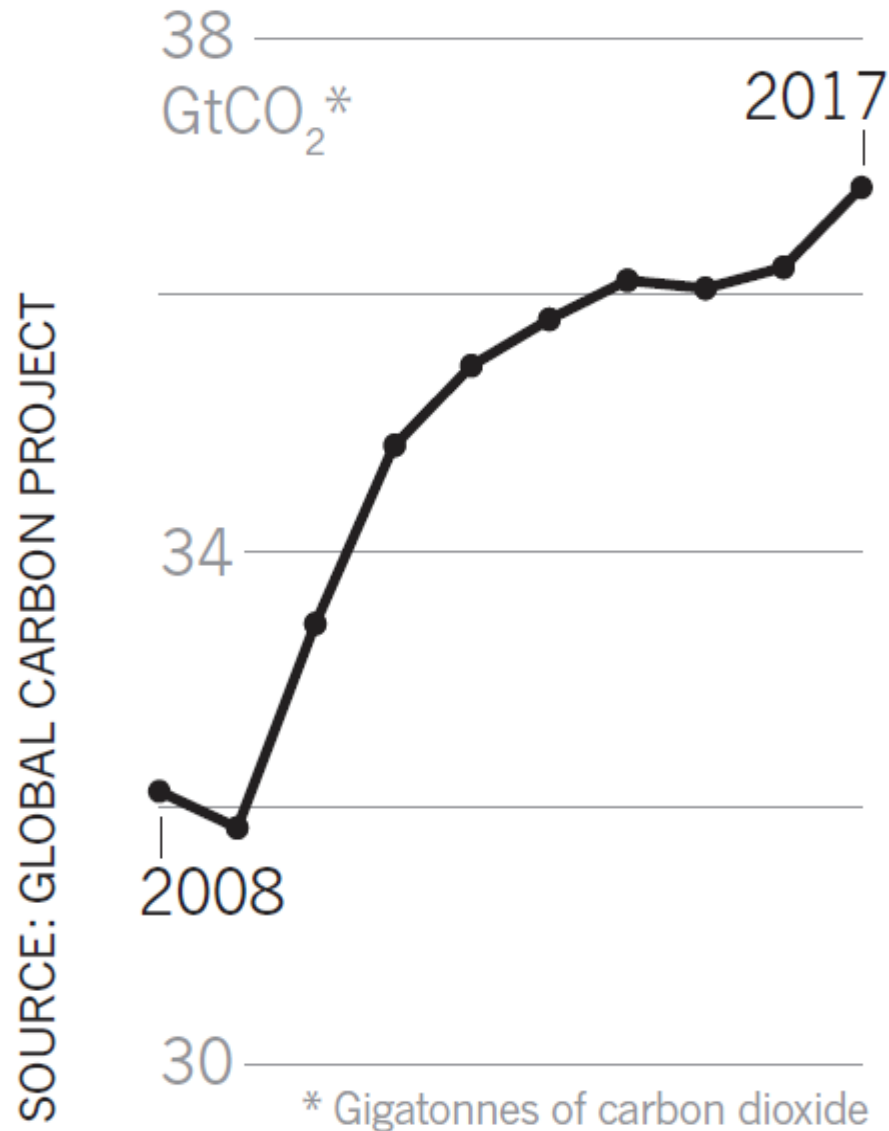
Carbon`s Future in Black and White, Nature 26-4-2018

Para limitar el calentamiento global a 1,5° C o 2° C, se necesitan reducciones masivas de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, de las cuales el dióxido de carbono es el mayor componente

Con los precios cayendo en picado, las tecnologías de energía limpia como la solar, eólica y los vehículos eléctricos podrían jugar un papel muy significativo

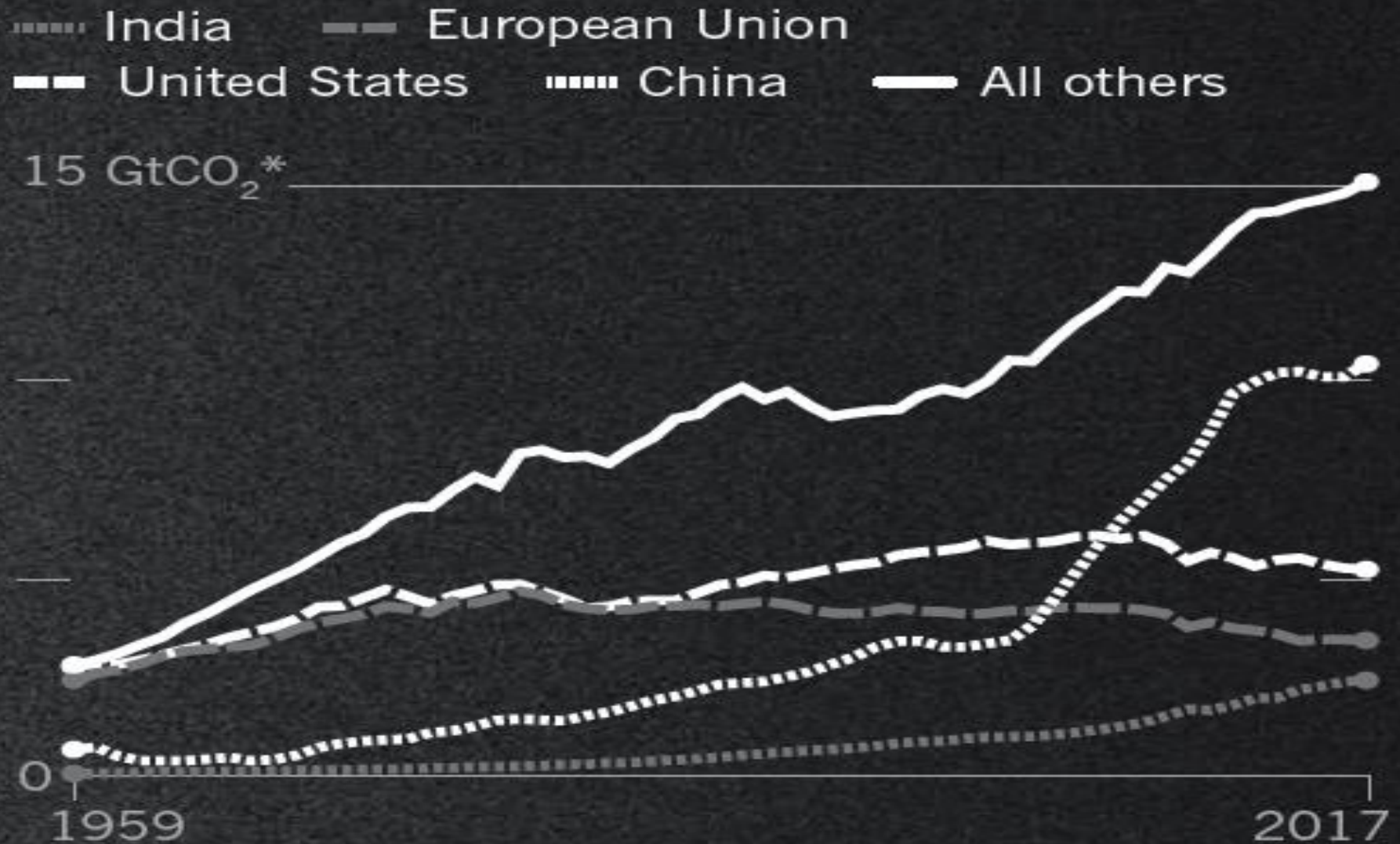
Pero la escala del consumo mundial de combustibles fósiles plantea dudas sobre si llegaremos a tiempo y, por tanto, sobre la viabilidad del objetivo

La emisiones globales de CO₂ se estancaron entre 2014 y 2016 para volver a aumentar un 1,5% en 2017



Los grandes emisores

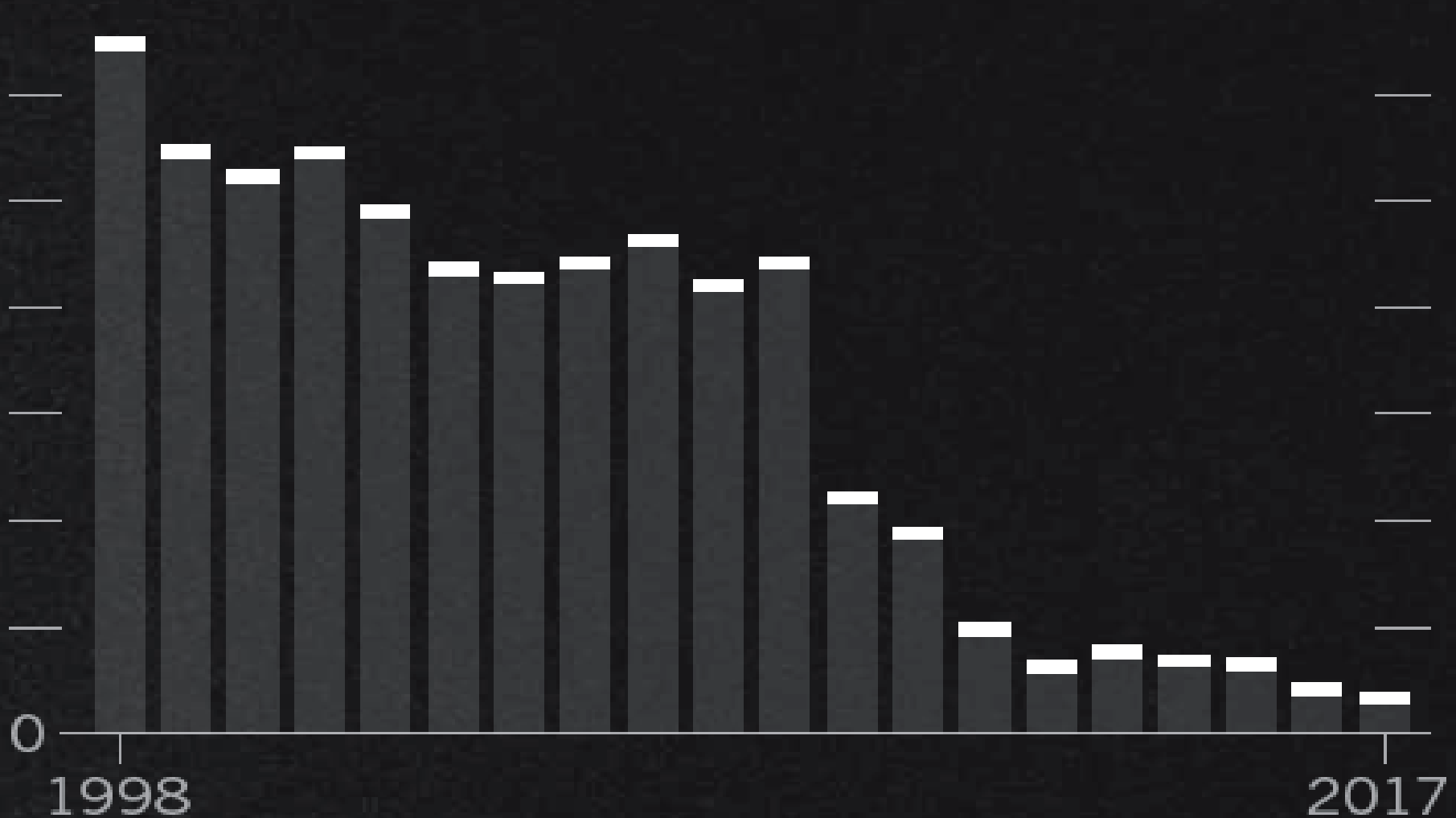
Un pequeño número de países son responsables del grueso de las emisiones anuales de CO₂ y las emisiones del resto del mundo están aumentando



El germen de una revolución

El coste de la electricidad generada por paneles solares ha declinado significativamente en los últimos 20 años

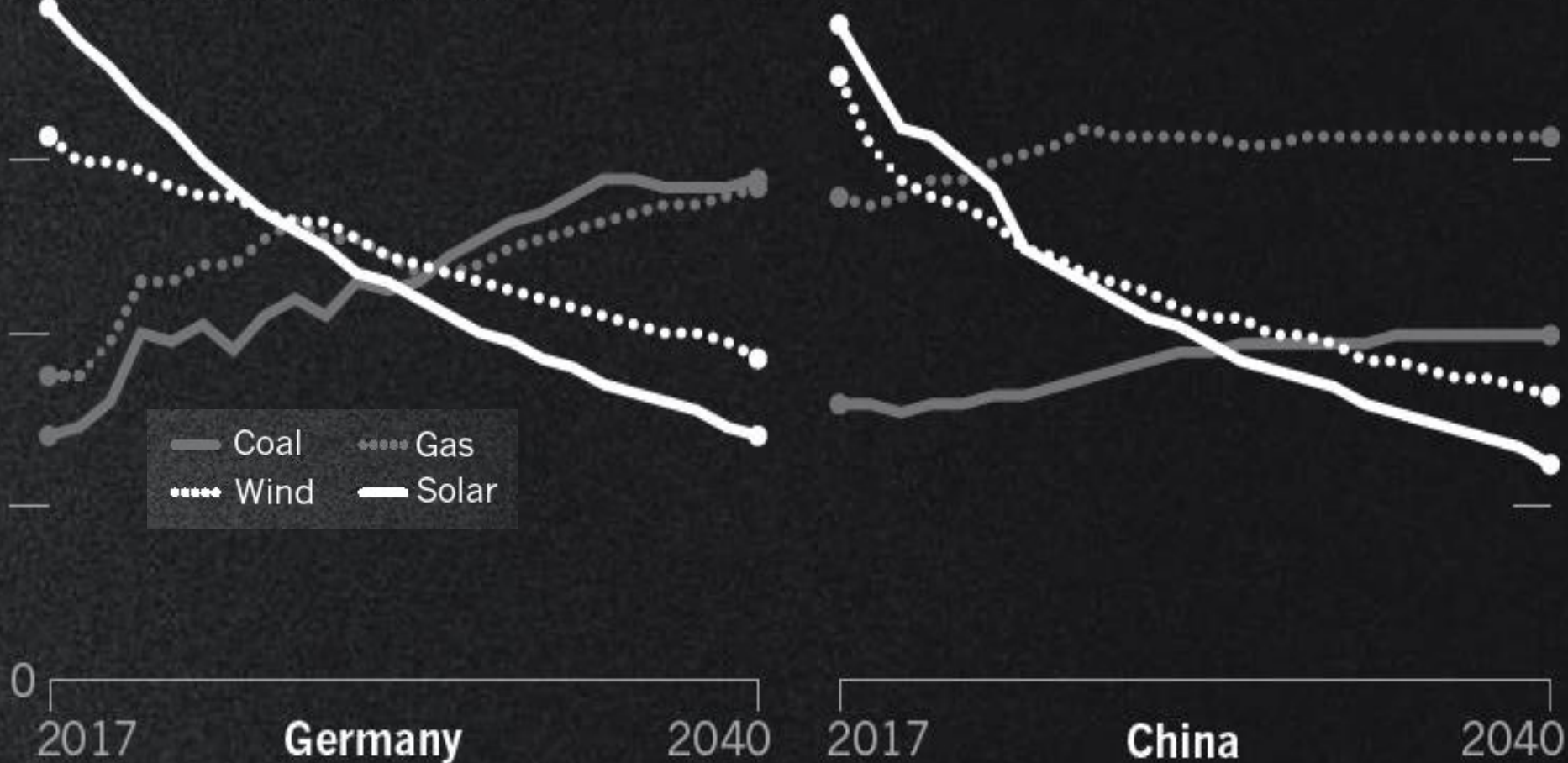
7 US\$ per watt



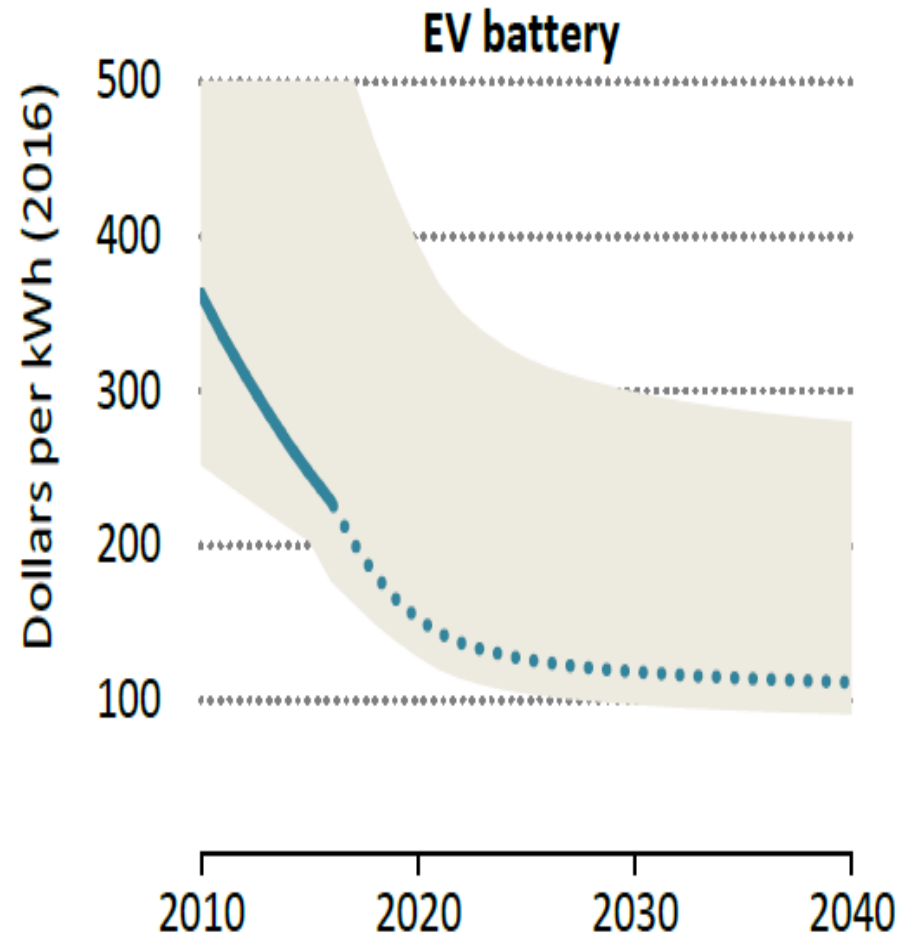
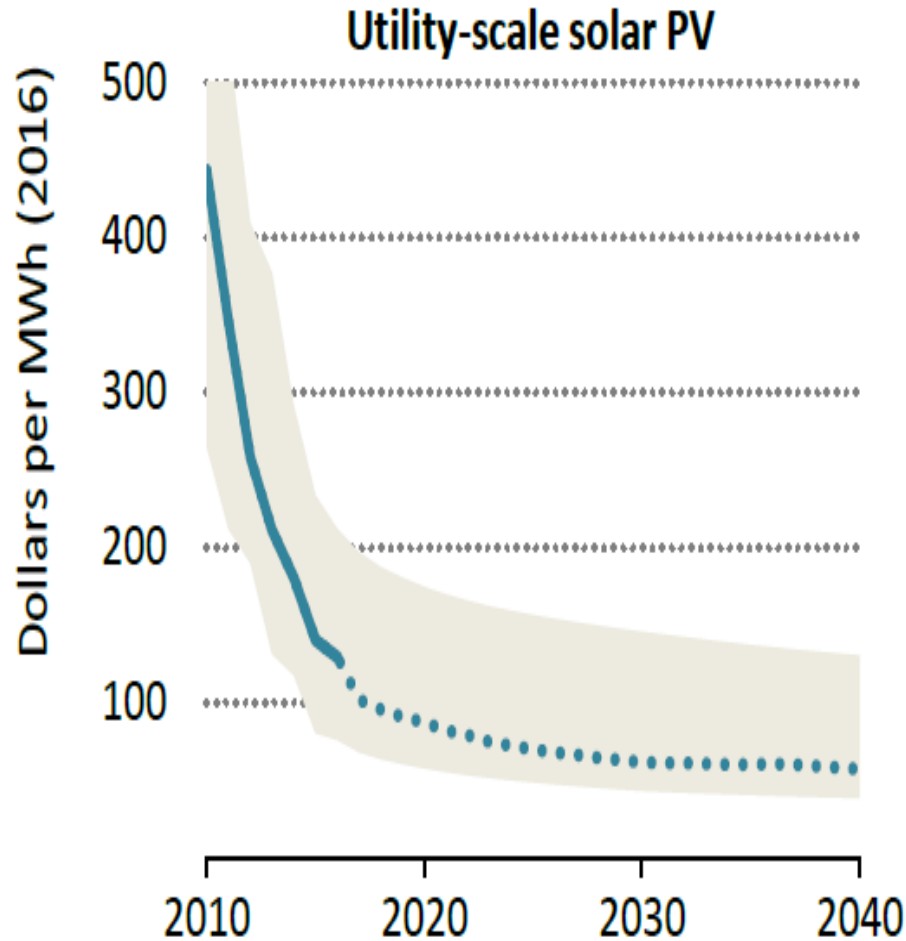
El punto de inflexión de la solar

Para la próxima década se espera que el coste de construcción de una planta solar caiga por debajo del coste de operar una planta de carbón en Alemania, China y otros países

80 US\$ per megawatt hour



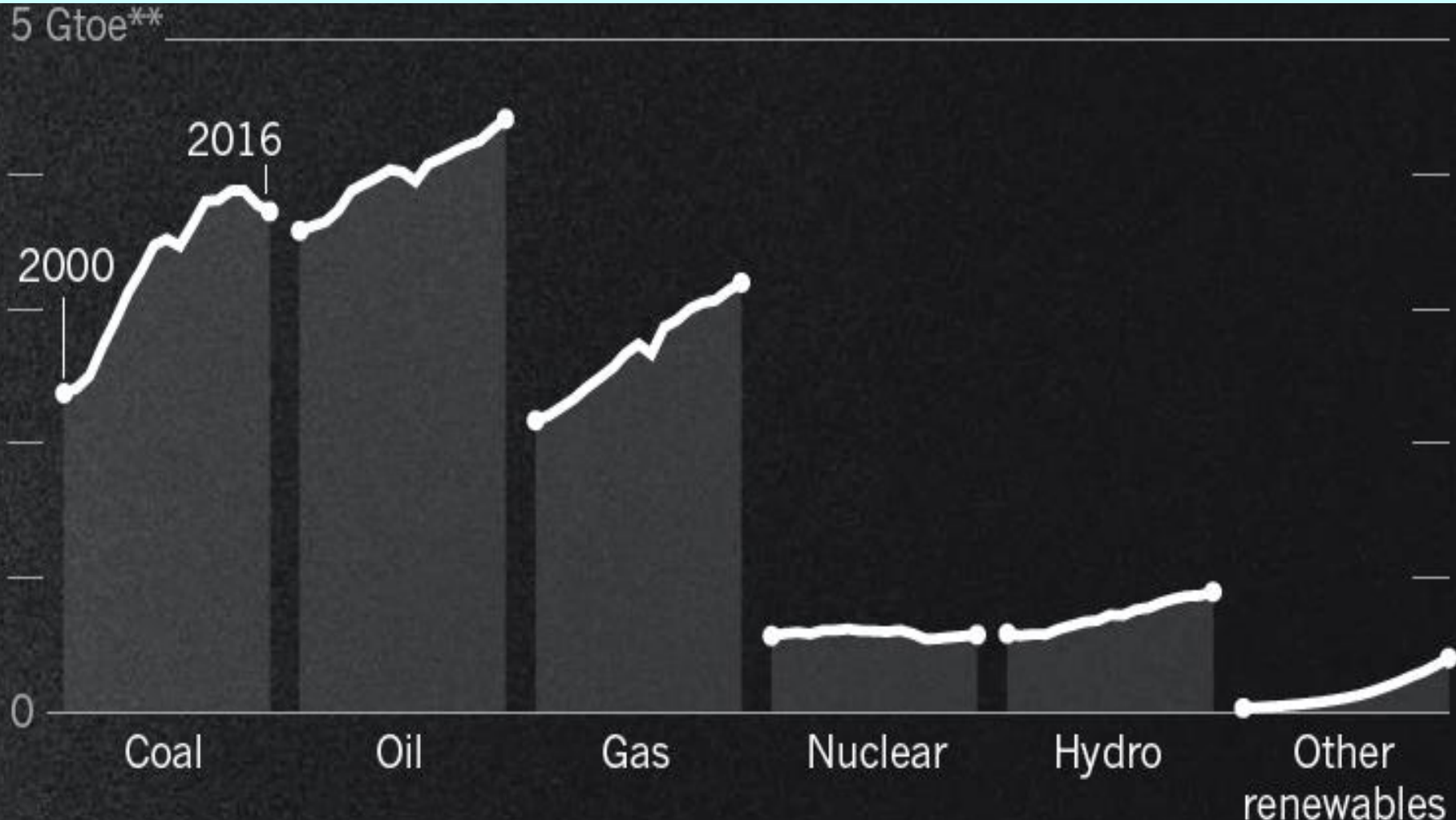
Evolución de los costes promedios globales de la solar PV y de las baterías del VE, IEA, WEO 2017, NPS



La reducción de costes en algunas tecnologías clave continuará imprimiendo un fuerte impulso a la transición energética

¡Cuidado con la gigantesca dimensión del desafío!

El consumo global de energía está abrumadoramente dominado por los combustibles fósiles. Una pequeña fluctuación de un año a otro en el uso del carbón puede borrar de un plumazo los efectos de una expansión aparentemente importante de las renovables



THE REALIST

Vaclav Smil analiza la historia para dilucidar el futuro de la energía. Lo que deduce es aleccionador

By Paul Voosen

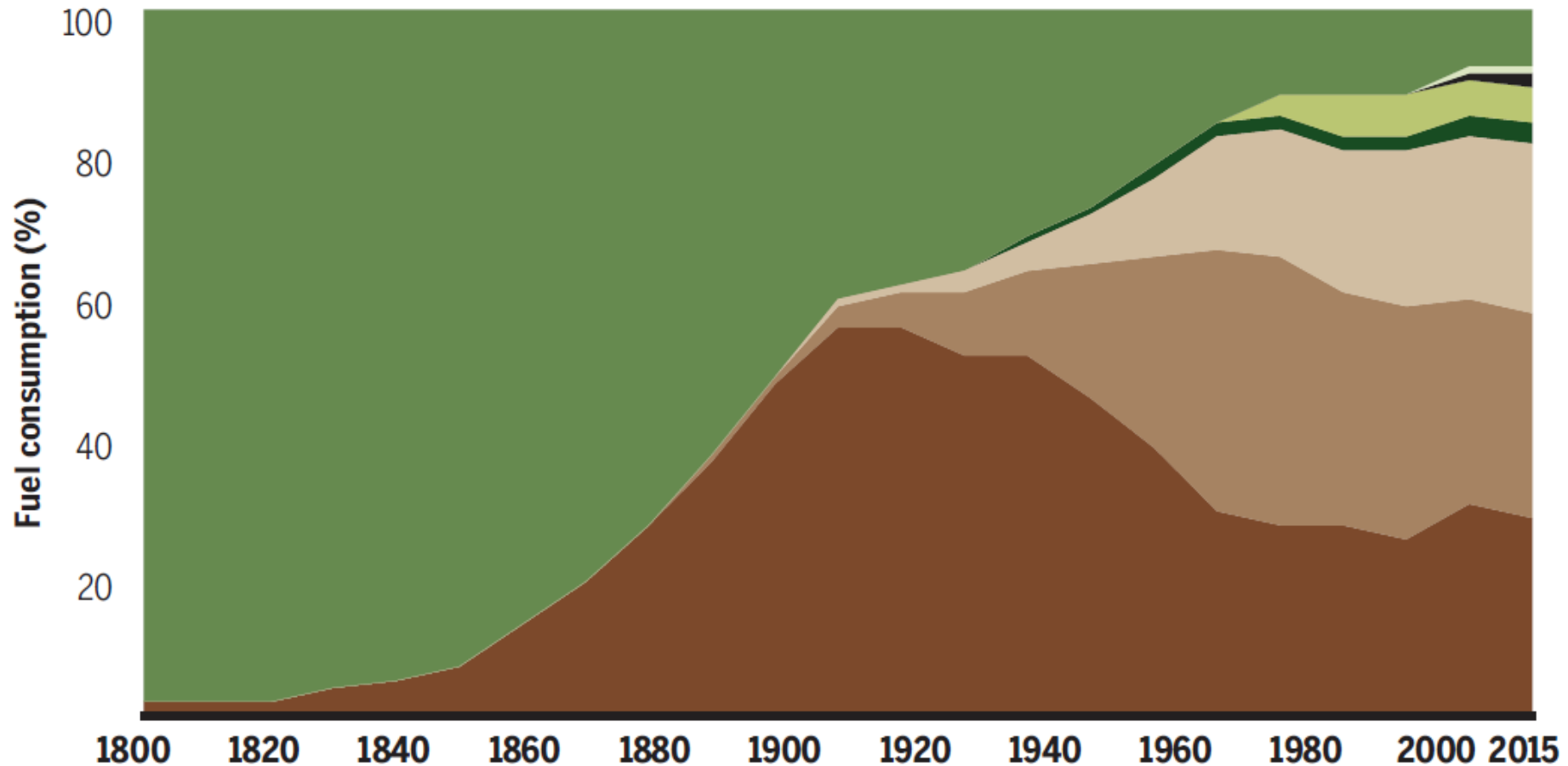
SCIENCE 23 MARCH 2018 • VOL 359 ISSUE 6382



Microsoft co-founder Bill Gates is an avid reader of Vaclav Smil's books, including *Energy and Civilization*, at the bottom of this stack. "I learn more by reading [him] than just about anyone else," Gates has written.

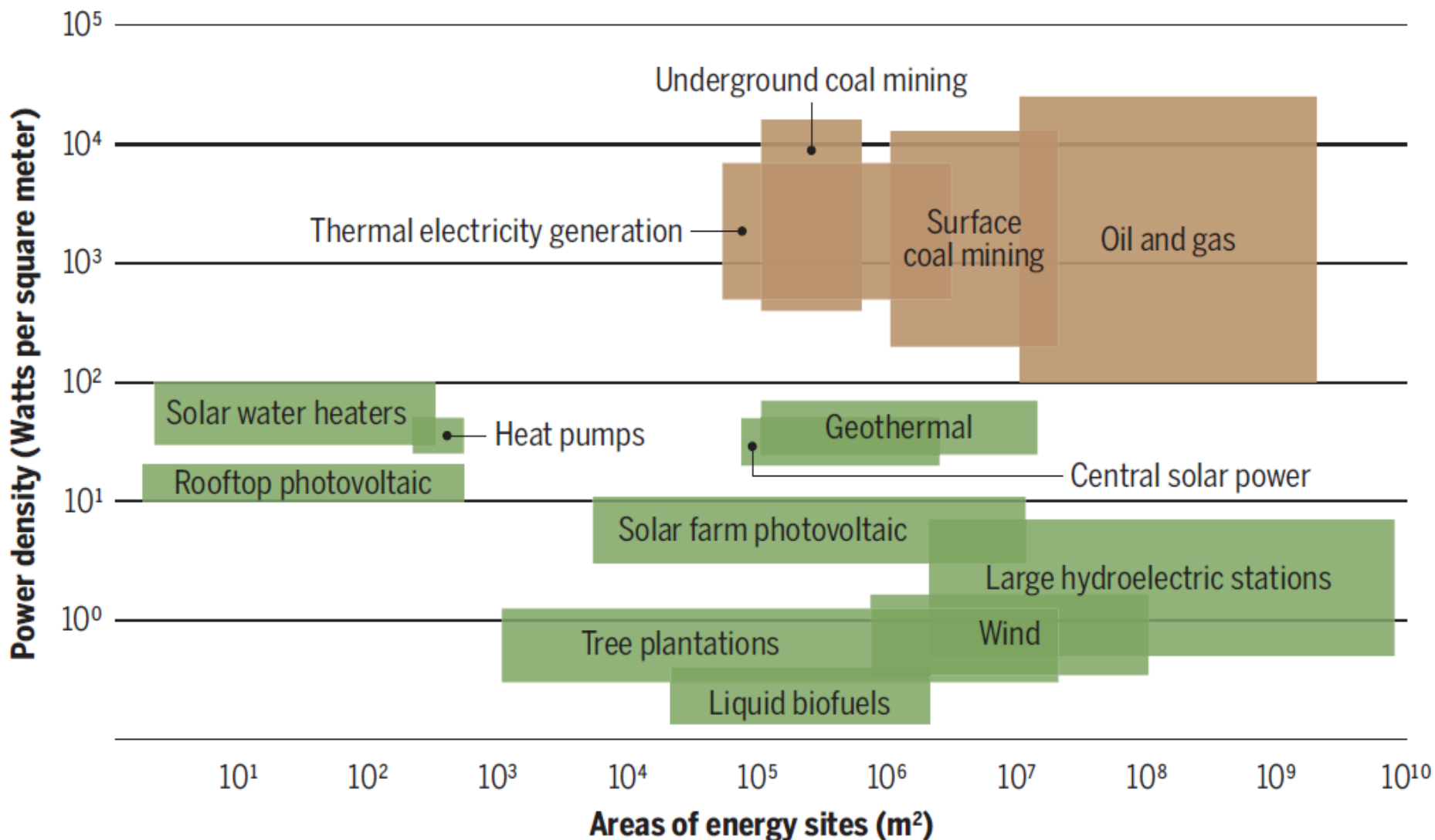
Inercia energética

La transición de la madera a los combustibles fósiles -primero el carbón, después el petróleo y el gas natural- llevó mas de un siglo. Hoy en día la energía fósil es dominante, con la eólica y la solar representando una pequeñísima fracción del mix global. El ritmo de las transiciones energéticas del pasado sugiere que el cambio a gran escala a las renovables será lento.



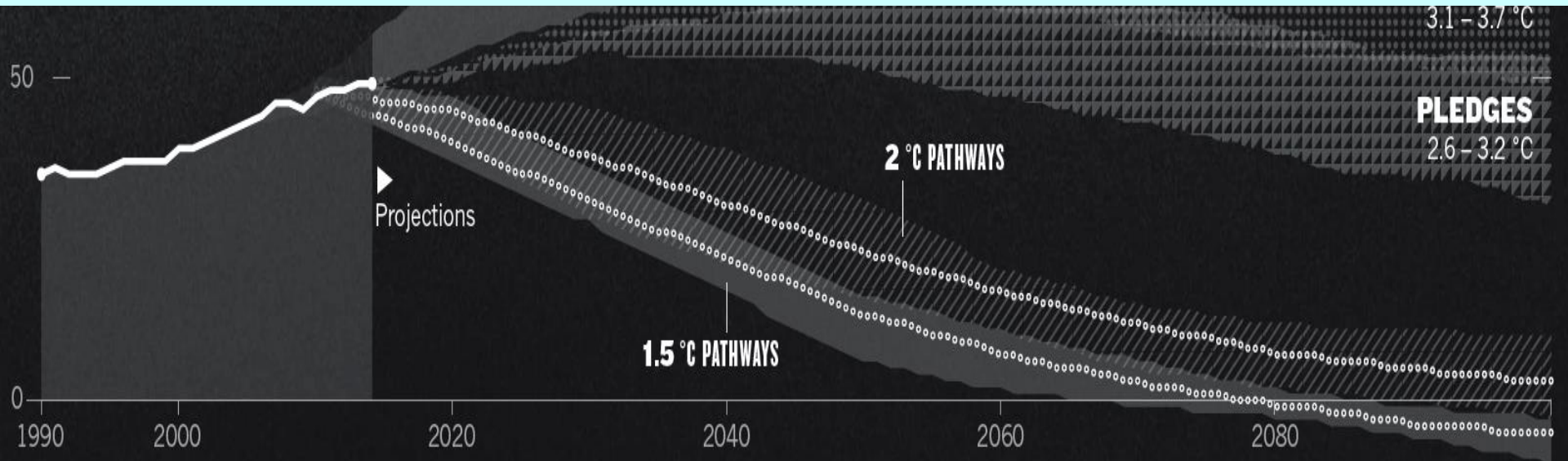
Descendiendo la escalera de la densidad

En el pasado, la humanidad ha adoptado las fuentes de energía que tienen mayor “densidad de potencia”, aquellas con mas impacto por gramo y que requieren menos terreno para la generación. Sin embargo, las renovables (en verde) tienen menor densidad que los combustibles fósiles (en marrón). Esto significa que un cambio a las renovables, sin una gran expansión de la nuclear, podría incrementar la huella de la producción energética global sobre la ocupación del territorio.



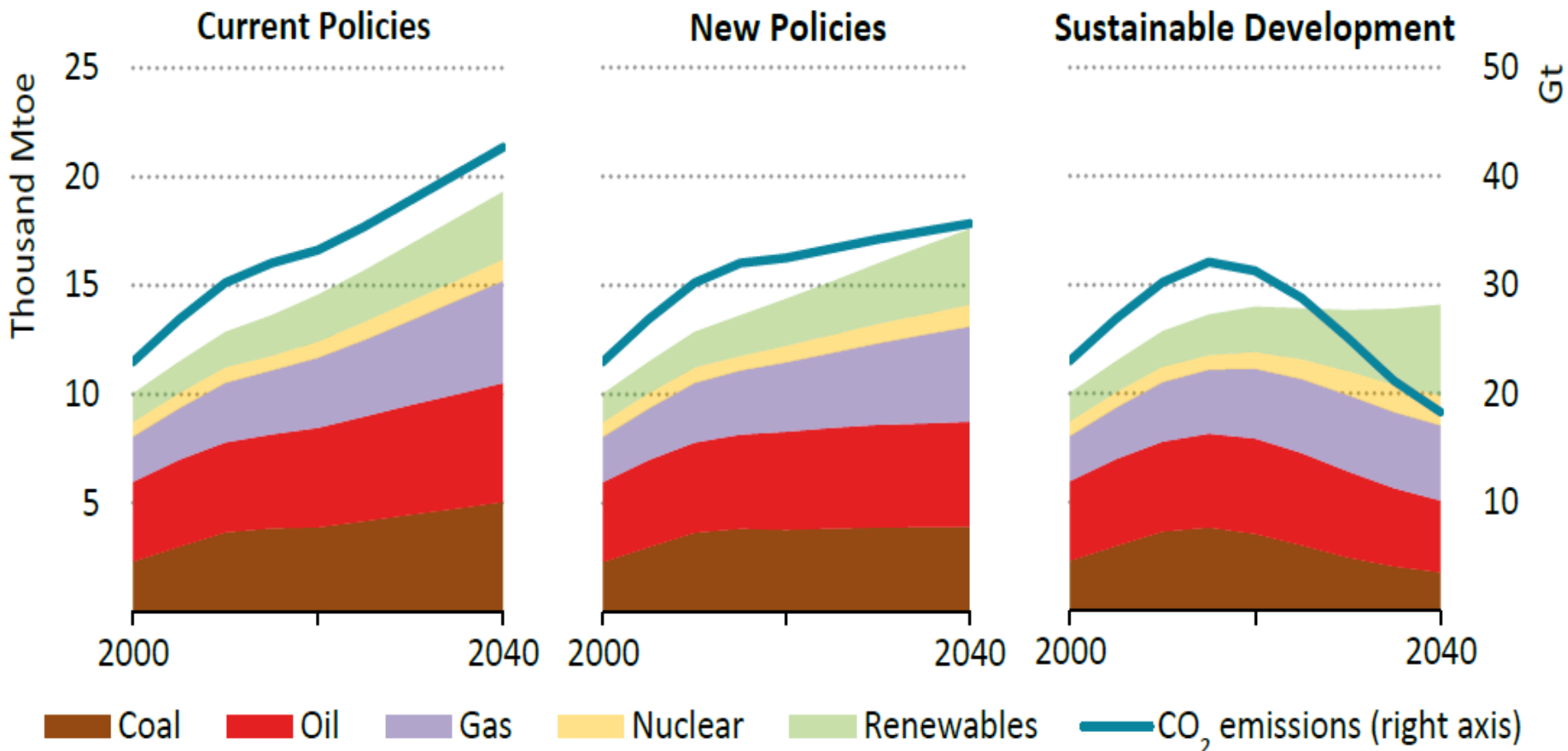
Dibujando el futuro

Las emisiones de GEI podrían seguir trayectorias diversas en los próximos años, lo que comportaría diferentes niveles de calentamiento respecto a los niveles preindustriales. Gracias a las políticas implementadas por los gobiernos en todo el mundo, no se espera que las temperaturas asciendan en 2100 tanto como lo habrían hecho sin tales políticas. Pero para alcanzar los objetivos de 1,5°C y 2°C del Acuerdo de Paris (2015) se necesitarían reducciones todavía más agresivas



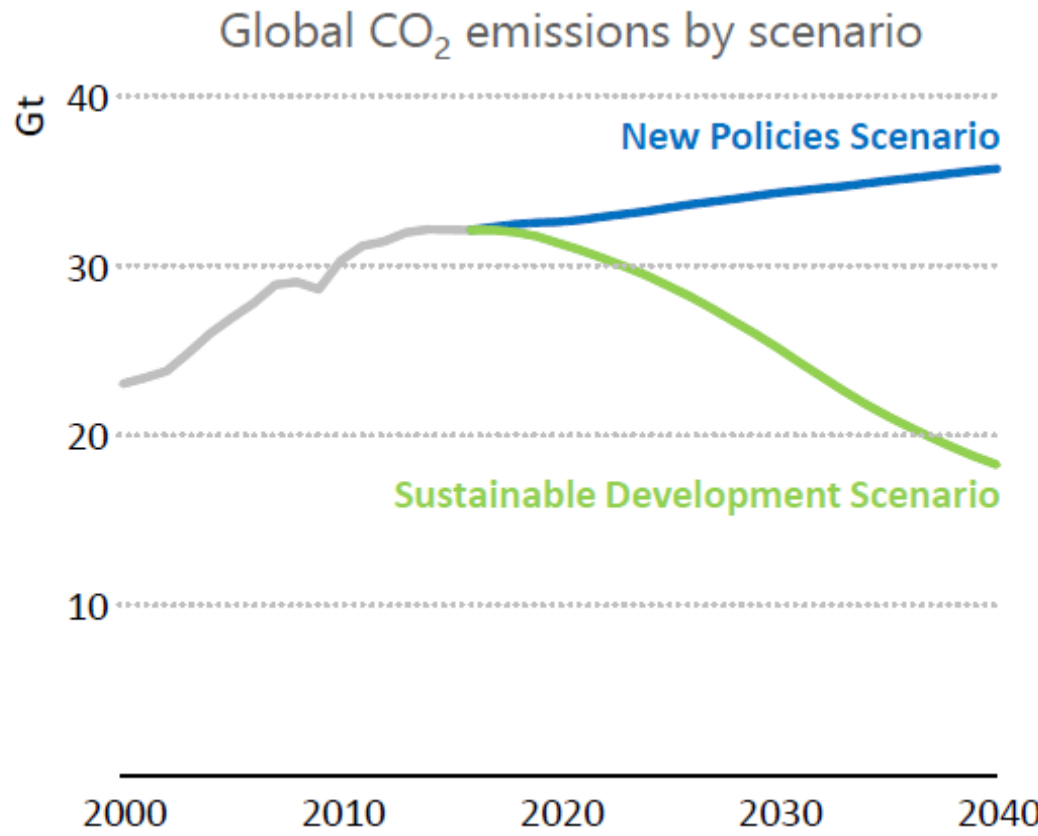
¿Qué nuevos pasos hay que dar para reducir las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía?

Demanda mundial de energía primaria por combustible y emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en tres escenarios, IEA, WEO 2017

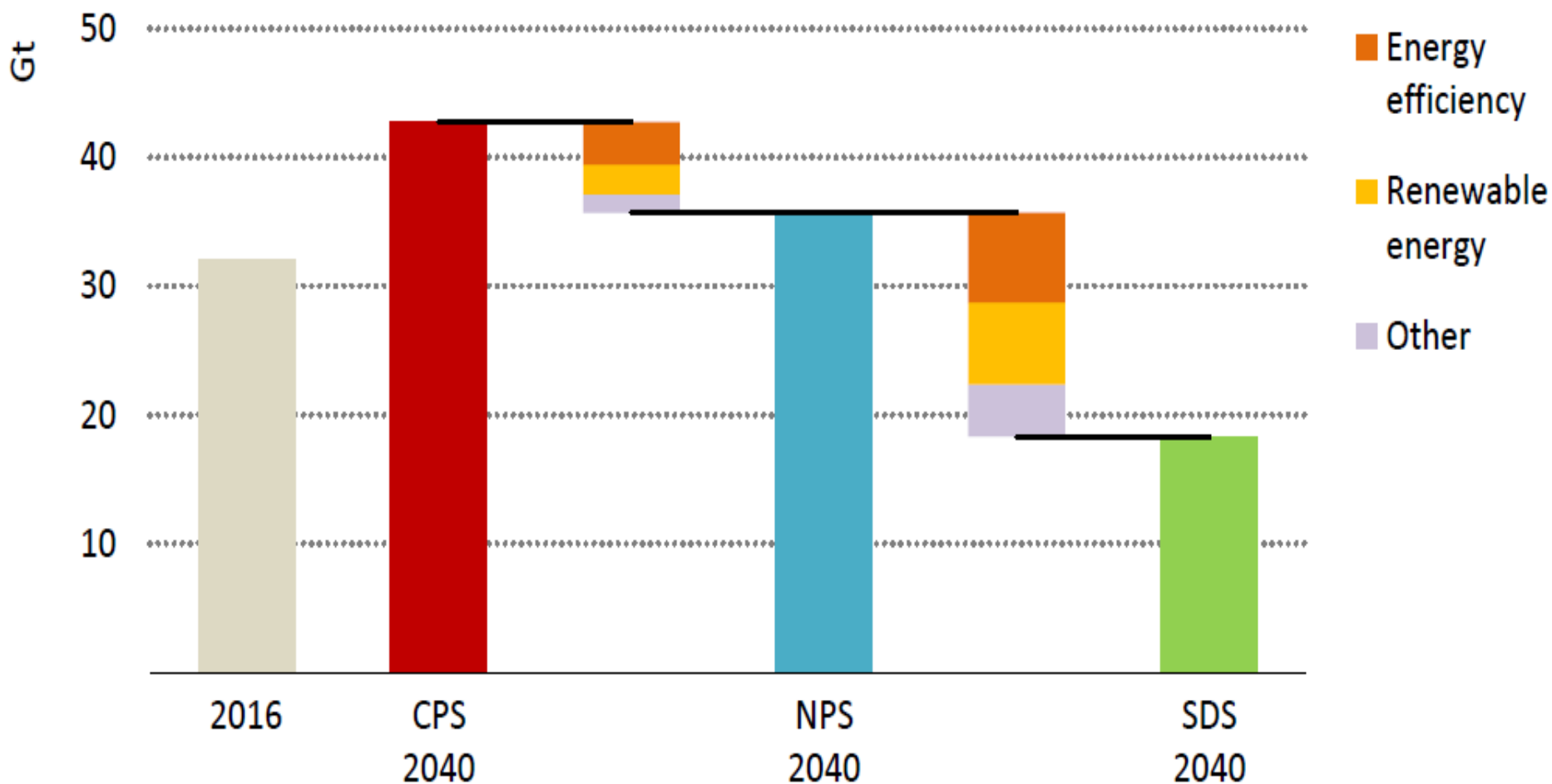


En el Escenario de Nuevas Políticas, el estancamiento de las emisiones en 2014-2016 representaría una pausa en el contexto de un ascenso más lento, y un punto de inflexión en el Escenario de Desarrollo Sostenible.

El escenario de desarrollo sostenible reduce las emisiones de CO₂ de acuerdo con los objetivos del Acuerdo de París, al tiempo que aborda la contaminación del aire y logra el acceso universal a la energía



Contribución de la eficiencia energética y las energías renovables a la reducción global de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía por escenario



La gran diferencia en 2040 en los niveles de emisiones en los tres escenarios se explica en su mayor parte por la aplicación de diferentes políticas de eficiencia y renovables

Demanda mundial de energía primaria por fuente y escenario (mtoe)

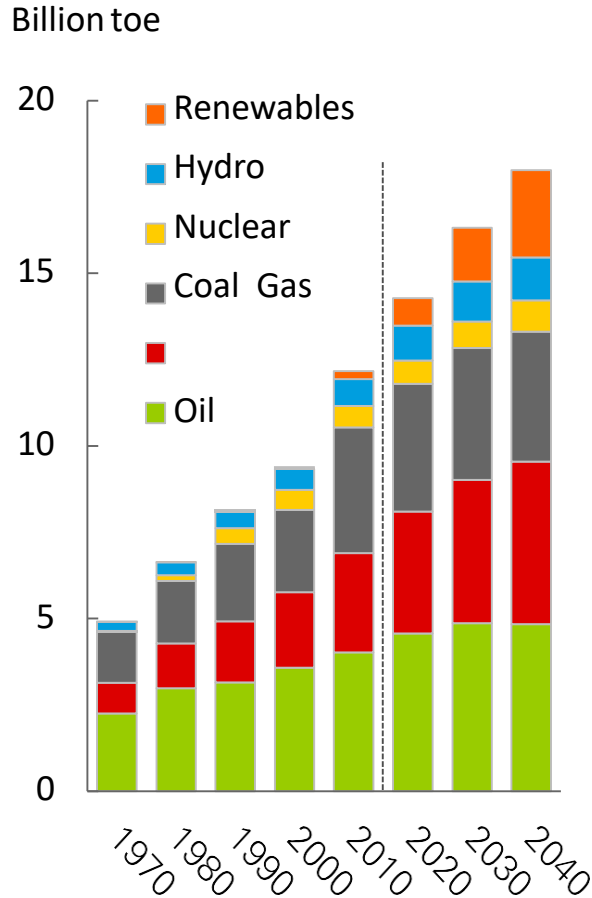
	2000	2016	New Policies		Current Policies		Sustainable Development	
			2025	2040	2025	2040	2025	2040
Coal	2 311	3 755	3 842	3 929	4 165	5 045	3 023	1 777
Oil	3 670	4 388	4 633	4 830	4 815	5 477	4 247	3 306
Gas	2 071	3 007	3 436	4 356	3 514	4 682	3 397	3 458
Nuclear	676	681	839	1 002	839	997	920	1 393
Hydro	225	350	413	533	409	513	429	596
Bioenergy*	1 023	1 354	1 530	1 801	1 507	1 728	1 272	1 558
Other renewables	60	225	490	1 133	441	856	633	1 996
Total	10 035	13 760	15 182	17 584	15 690	19 299	13 921	14 084
<i>Fossil-fuel share</i>	<i>80%</i>	<i>81%</i>	<i>78%</i>	<i>75%</i>	<i>80%</i>	<i>79%</i>	<i>77%</i>	<i>61%</i>
CO₂ emissions (Gt)	23.0	32.1	33.4	35.7	35.4	42.7	28.8	18.3

* Includes the traditional use of solid biomass and modern use of bioenergy.

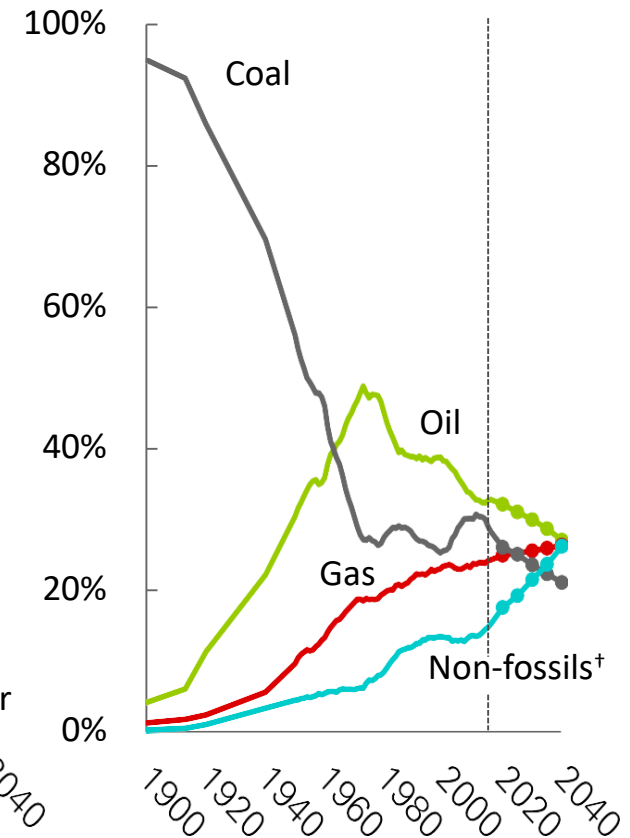
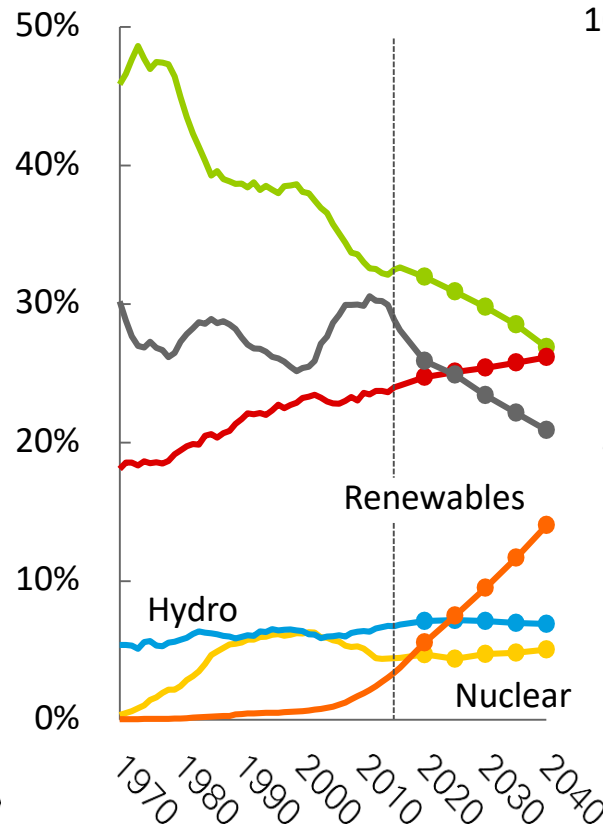
Hacia el *mix* de energías primarias más diverso de la historia

BP Energy Outlook, 2018: the transition to a lower carbon fuel mix continues....

Primary energy consumption by fuel



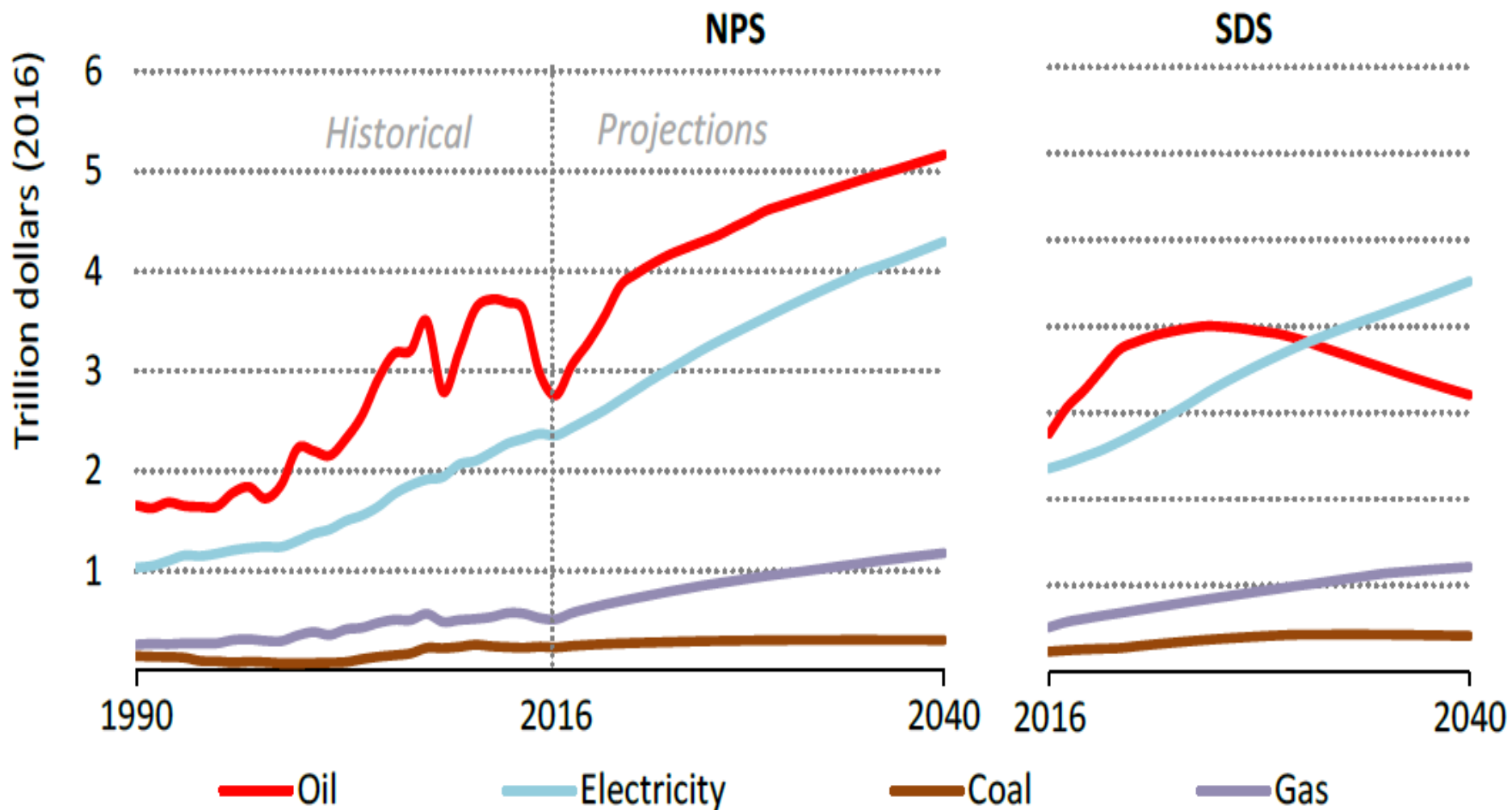
Shares of primary energy



† Non-fossils includes renewables, nuclear and hydro

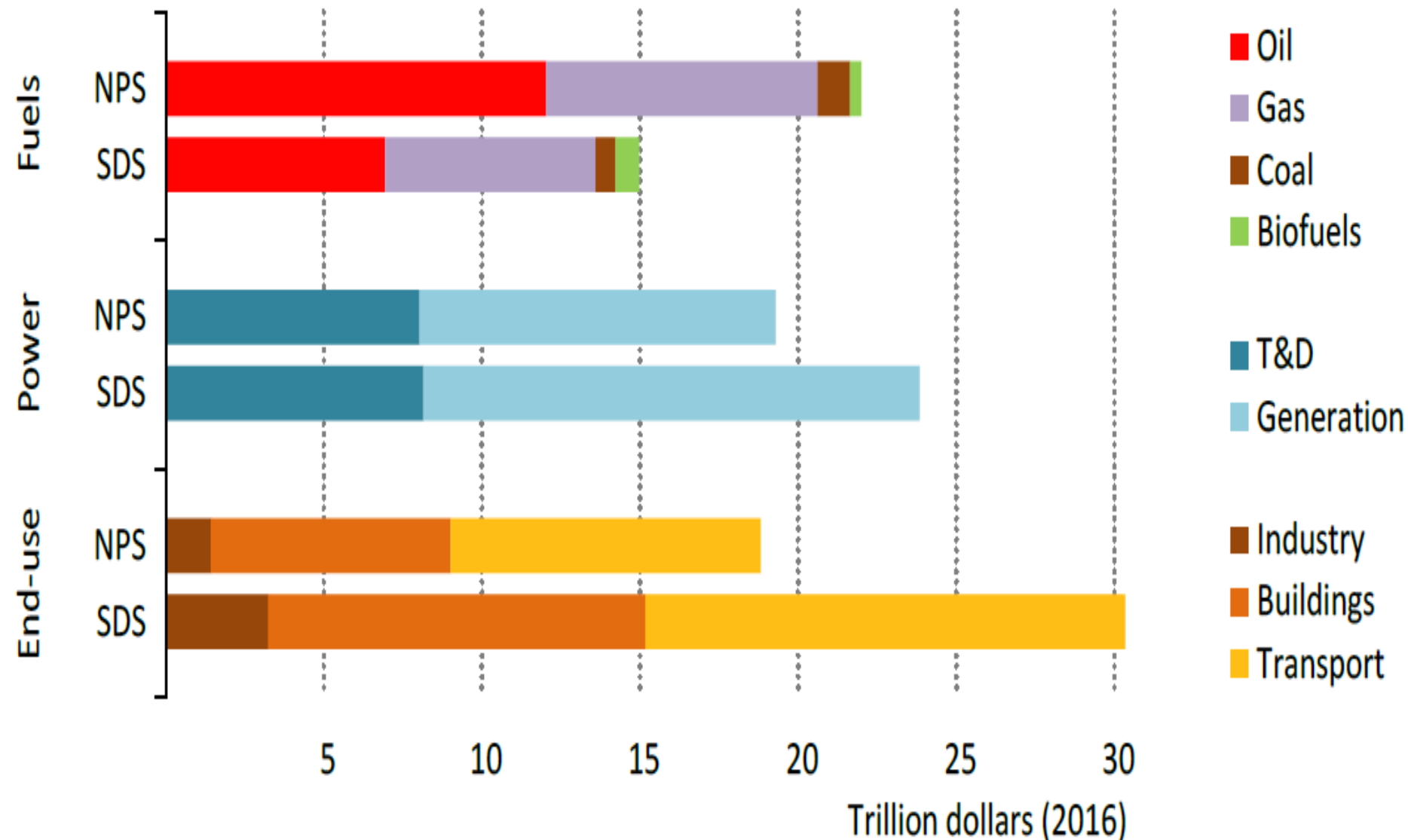
Un futuro cada vez más eléctrico

Gasto global en energía del usuario final, por fuente y por escenario



En el Escenario de Desarrollo Sostenible, la electricidad se convierte en el principal componente del gasto global en energía de los usuarios finales, tomando la delantera a los productos derivados del petróleo.

Inversión acumulada global en energía, 2017-2040



En el Escenario de Desarrollo Sostenible, la inversión en el sector de la electricidad es sustancialmente mayor que la correspondiente al suministro de petróleo y gas.

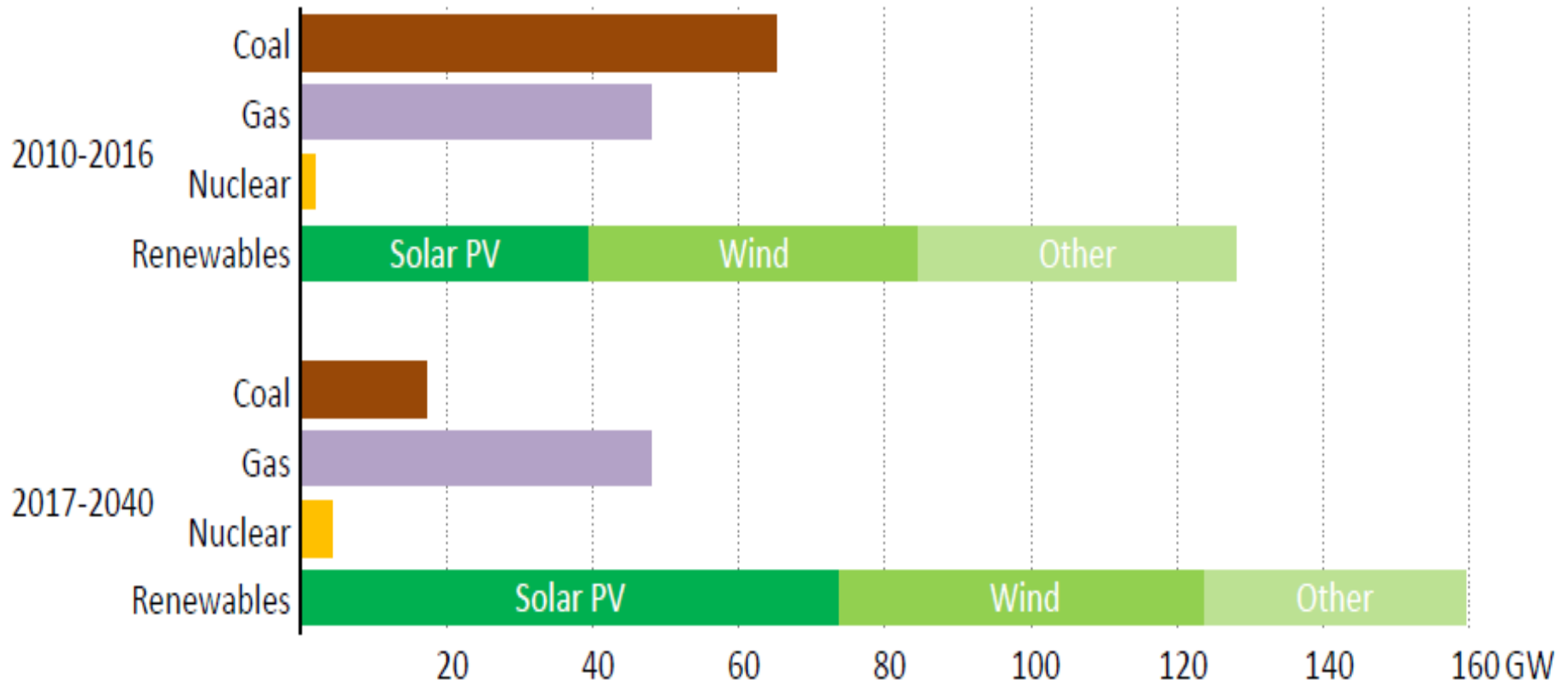
Inversión energética global por tipo y escenario, 2017-2040 (en miles de millones de \$ USA de 2016)

	2010-16	New Policies		Current Policies		Sustainable Development	
	Per year	Cumulative	Per year	Cumulative	Per year	Cumulative	Per year
Fossil fuels	1 103	24 713	1 007	29 932	1 247	15 496	646
Renewables	297	7 950	331	6 350	265	12 828	534
T&D	236	8 025	334	8 524	355	8 145	339
Other low-carbon	14	1 127	47	1 095	46	2 325	97
Supply	1 650	41 276	1 720	45 901	1 913	38 795	1 616
<i>Power sector share</i>	41%		47%		41%		63%
<i>Oil and gas share</i>	54%		50%		55%		35%
End-use	295	18 809	784	11 912	496	30 340	1 264

Notes: The methodology for efficiency investment derives from a baseline of efficiency levels in different end-use sectors in 2015; the historical value for end-use spending includes only 2016. T&D = transmission and distribution. Other low-carbon includes nuclear and CCS. Oil and gas share includes upstream, transportation and refining. The elements not covered by the percentages for oil and gas and power shares include biofuels supply and coal mining and transportation.

La solar fotovoltaica sigue su progresión en el mix de generación eléctrico global. Escenario de Nuevas Políticas

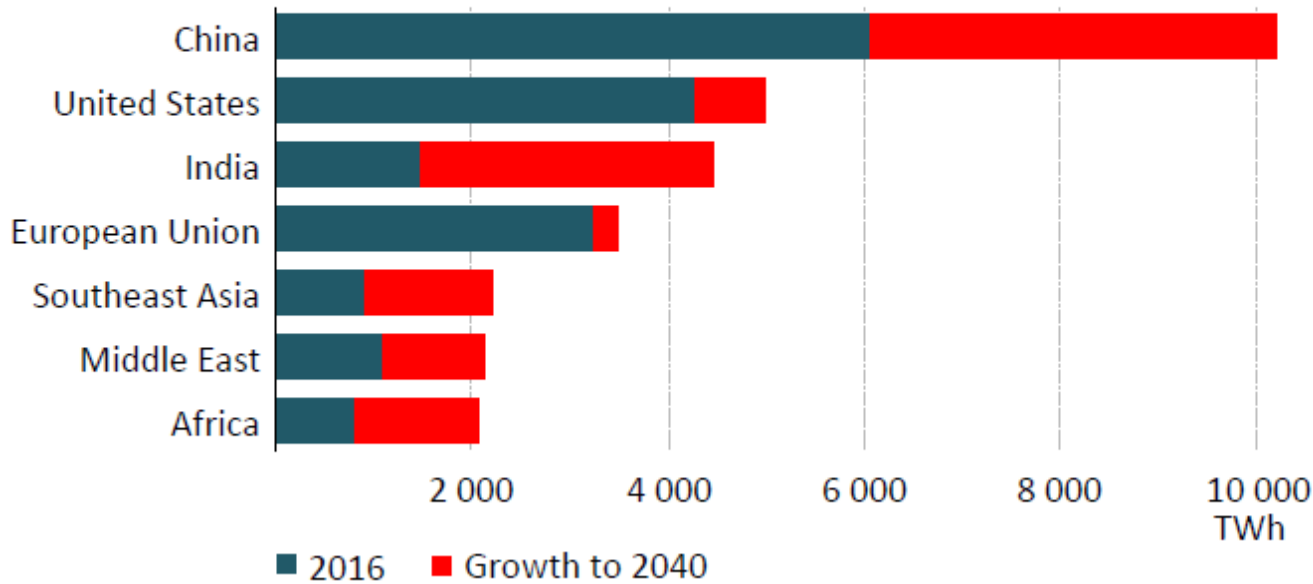
Global average annual net capacity additions by type



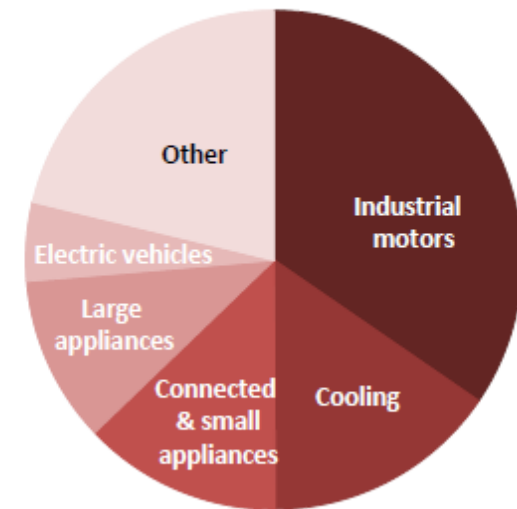
China, India y EEUU lideran los avances en la energía solar fotovoltaica, mientras que Europa es pionera en la generación de energía eólica terrestre y marítima.

NPS: un futuro electrizante

Electricity generation by selected region



Sources of global electricity demand growth



En 2040, India habrá agregado a su generación de electricidad el equivalente a la actual de la Unión Europea, mientras que China agregará el equivalente a la de EEUU.

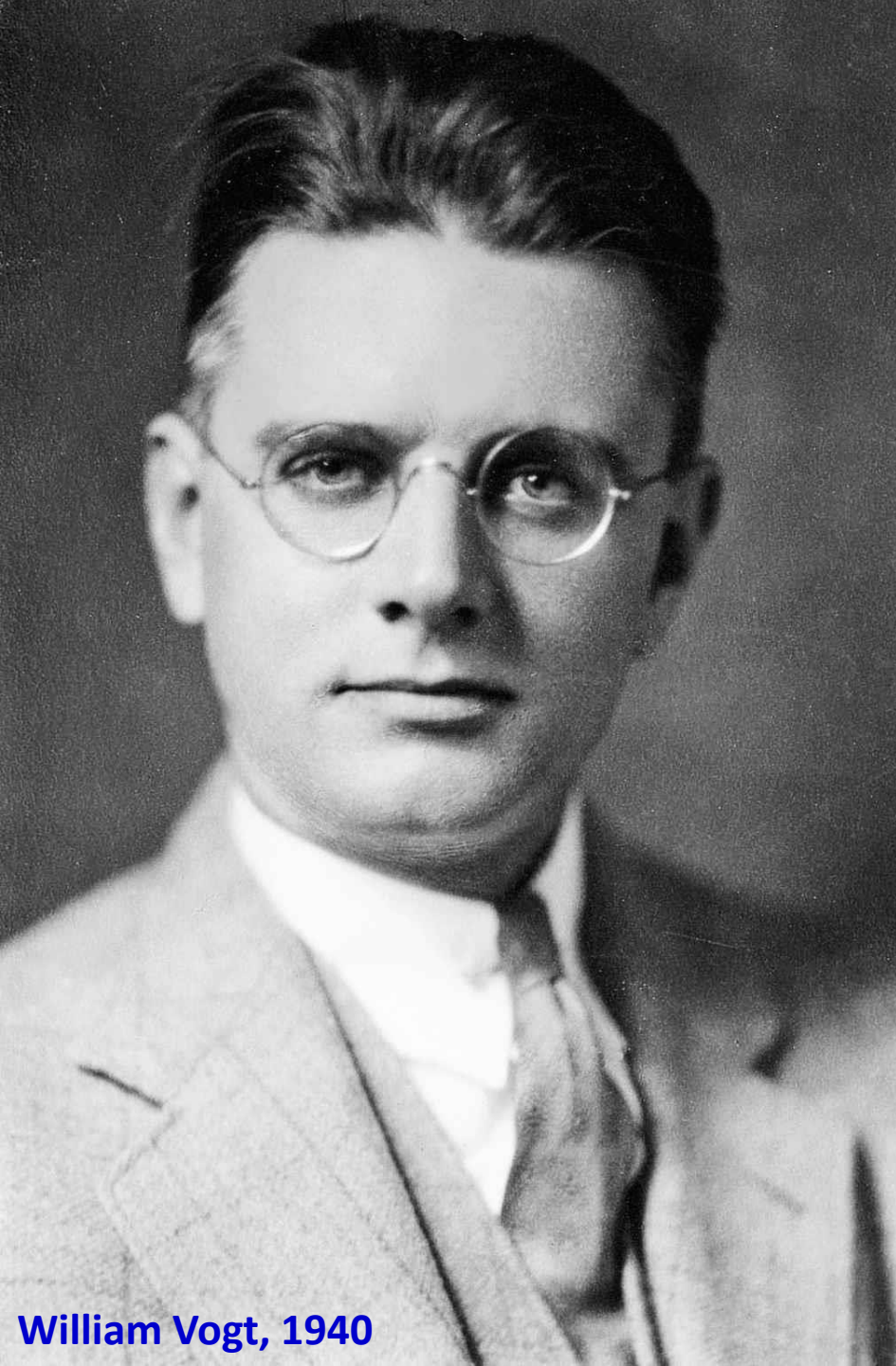
CHARLES C. MANN

Author of 1491

THE
WIZARD
AND THE
PROPHET



TWO REMARKABLE SCIENTISTS
and THEIR DUELING VISIONS *to*
SHAPE TOMORROW'S WORLD



William Vogt, 1940



Norman Borlaug, 1944

Negative-emissions technology

What they don't tell you about climate change

Stopping the flow of carbon dioxide into the atmosphere is not enough. It has to be sucked out, too



Jon Berkeley

The Economist 16-11-2017

Sucking up carbon

Greenhouse gases must be scrubbed from the air

Cutting emissions will not be enough to keep global warming in check

The Economist 16-11-2017



GEOENGINEERING

Price of sucking CO₂ from air plunges

Technology moves closer to economic viability.

BY JEFF TOLLEFSON

Siphoning carbon dioxide from the atmosphere could be more than an expensive last-ditch strategy for averting climate catastrophe. A detailed economic analysis published last week suggests that the geoengineering technology is inching closer to commercial viability.

The study was conducted by researchers at Carbon Engineering in Calgary, Canada, which has been operating a pilot CO₂-extraction plant in British Columbia since 2015. That plant — based on a concept called direct air capture — provided the basis for the economic analysis, which includes cost estimates from commercial vendors of all of the major components (D. W. Keith *et al.* *Joule* <http://doi.org/cqj>; 2018).

Depending on a variety of design options and economic assumptions, the cost of pulling 1 tonne of CO₂ from the atmosphere ranges from US\$94 to \$232. By contrast, the previous comprehensive analysis of the technology, conducted by the American Physical Society in 2011, estimated that it would cost \$600 per tonne (see go.nature.com/2xuauq7).

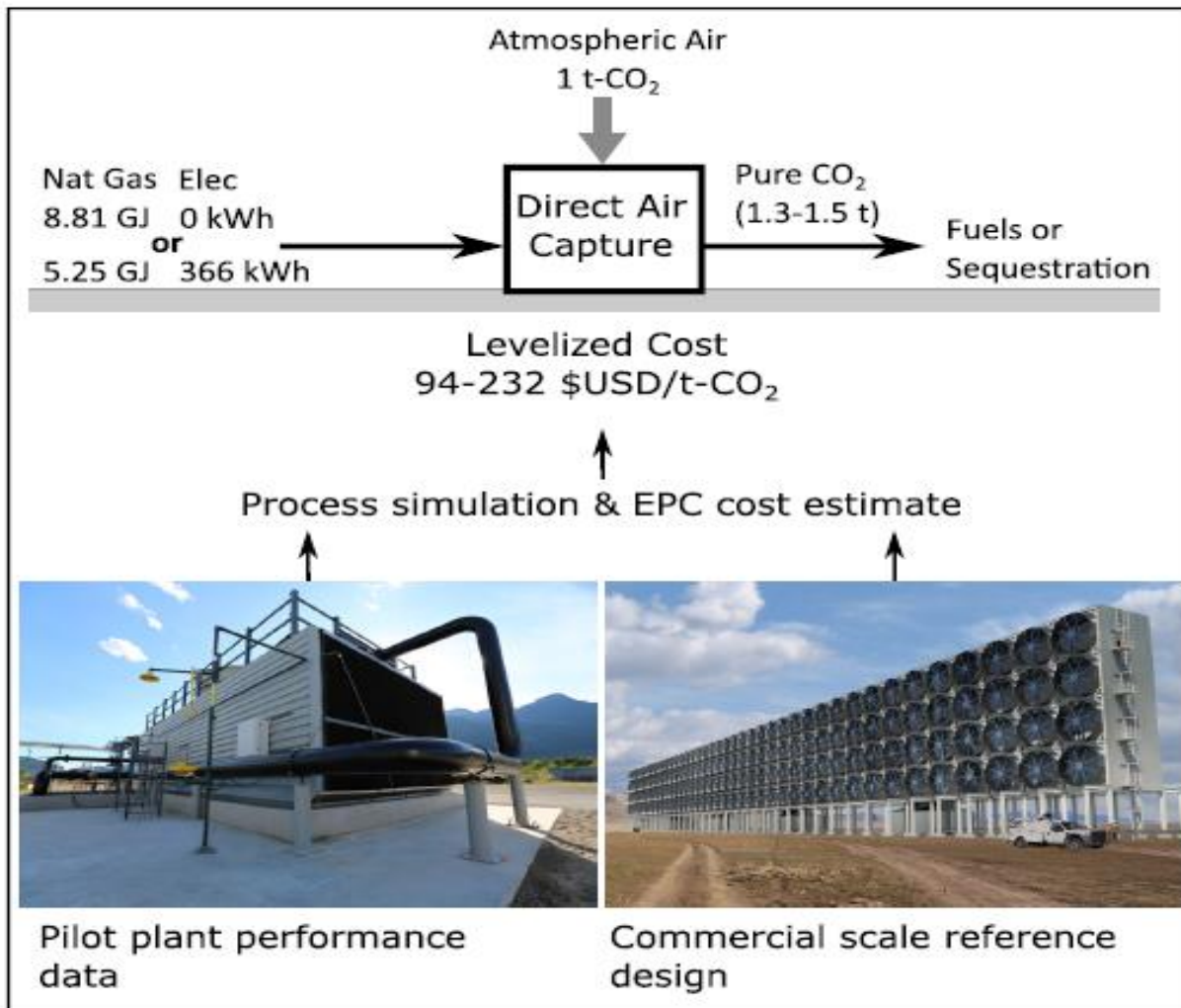
Carbon Engineering, which was founded in 2009, says that it published the paper to advance discussions about the approach's cost and potential. "We're really trying to commercialize direct air capture in a serious way," says David Keith, the company's acting chief scientist and a climate physicist at Harvard University in Cambridge, Massachusetts.

"It's great to see human ingenuity marshalling around a problem that at first pass seemed

to be intractable," says Stephen Pacala, co-director of the carbon-mitigation initiative at Princeton University in New Jersey. He gives the Carbon Engineering team credit for publishing its results and subjecting its proprietary technology to public scrutiny.

The company's design blows air through towers that contain a solution of potassium hydroxide, which reacts with CO₂ to form potassium carbonate. The result, after further processing, is a calcium carbonate pellet that can be heated to release the CO₂. That CO₂ could then be pressurized, put into a pipeline and disposed of underground, but the company is planning instead to use it to make synthetic, low-carbon fuels. Keith says that Carbon Engineering can produce these for a cost of about \$1 per litre. When the company configured the air-capture plant for this purpose, it was able to bring costs down to as low as \$94 per tonne of CO₂.

Klaus Lackner, a pioneer in the field who heads Arizona State University's Center for Negative Emissions in Tempe, says that Carbon Engineering has taken a "brute-force" approach to driving down costs using known technologies. "They are coming within striking distance of making this interesting economically," he says. ■



David W. Keith, Geoffrey Holmes, David St. Angelo, Kenton Heidel

keith@carbonengineering.com

HIGHLIGHTS

Detailed engineering and cost analysis for a 1 Mt-CO₂/year direct air capture plant

Levelized costs of \$94 to \$232 per ton CO₂ from the atmosphere

First DAC paper with commercial engineering cost breakdown

Full mass and energy balance with pilot plant data for each unit operation

A process for capturing CO₂ from the atmosphere

**Keith et al.,
Joule 2, 1–22
August 15, 2018**

First direct air capture paper for which all major components are either drawn from well-established commercial heritage or described in sufficient detail to allow assessment by third parties. Includes energy and materials balances, commercial engineering cost breakdown, and pilot plant data. When CO₂ is delivered at 15 MPa, the design requires either 8.81 GJ of natural gas, or 5.25 GJ of gas and 366 kWhr of electricity, per ton of CO₂ captured. Levelized cost per t-CO₂ from atmosphere ranges from 94 to 232 \$/t-CO₂.

<https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006>

In a fizz

Shortages of carbon dioxide in Europe may get worse

It has affected the production of beer, fizzy drinks and even crumpets





UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Fundación
Naturgy

Curso de verano

J | Els
Juliols

El nuevo consumidor de energía
Barcelona, 9 al 13 Julio 2018
Auditorio Sede de Gas Natural Fenosa

**La era de la diversificación energética:
hacia el *mix* más diverso de la historia**

Mariano Marzo, UB

9-7-2018

World Energy Outlook 2017

**Informe anual de l'Agència Internacional de
l'energia sobre prospectiva energètica.
Aspectes rellevants.**

Mariano Marzo Carpio (UB)
Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya
Barcelona 19-2-2018

iea.org/weo/



**International
Energy Agency**
Secure
Sustainable
Together

WORLD ENERGY OUTLOOK 2017

OBJETIVOS

PERSPECTIVAS DE LOS MERCADOS MUNDIALES DE LA ENERGÍA . HORIZONTE 2040.

IMPLICACIONES PARA LA SEGURIDAD ENERGÉTICA, LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO ECONÓMICO.

PROPORCIONAR A RESPONSABLES POLÍTICOS, INDUSTRIA Y OTROS AGENTES SOCIALES INTERESADOS: DATOS, ANÁLISIS E INFORMACIÓN PARA TOMAR DECISIONES EN MATERIA ENERGÉTICA.

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

“NO HAY UNA HISTORIA ÚNICA SOBRE EL FUTURO GLOBAL DE LA ENERGÍA”.

**APROXIMACIÓN BASADA EN “ESCENARIOS”:
PROYECCIONES CUANTITATIVAS DE TENDENCIAS ENERGÉTICAS A LARGO PLAZO.**

MODELIZACIÓN: WORLD ENERGY MODEL (WEM).

WORLD
ENERGY
MODEL
DOCUMENTATION

[https://www.iea.org/media/weowebiste/2017/
WEM_Documentation_WEO2017.pdf](https://www.iea.org/media/weowebiste/2017/WEM_Documentation_WEO2017.pdf)

2017 VERSION

WEM:

**HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN
A GRAN ESCALA.**

**DESARROLLADA POR LA IEA
DURANTE MÁS DE 20 AÑOS.**

**SIMULA CÓMO FUNCIONAN
LOS MERCADOS DE LA
ENERGÍA.**

**SE ACTUALIZA Y MEJORA
CADA AÑO.**

3 ESCENARIOS PRINCIPALES

1.- NUEVAS POLÍTICAS (NEW POLICIES SCENARIO):

ESCENARIO DE REFERENCIA, INCORPORA LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS EN CURSO, ASÍ COMO UNA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS QUE PROBABLEMENTE PUEDEN OBTENERSE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE COMPROMISOS YA ANUNCIADOS, EN PARTICULAR DE LOS COMPROMISOS CLIMÁTICOS (NDCs) DEL ACUERDO DE PARIS.

2.- POLÍTICAS ACTUALES (CURRENT POLICIES SCENARIO):

SOLO CONSIDERA AQUELLAS POLÍTICAS FIRMEMENTE ESTABLECIDAS A MEDIADOS DE 2017; ES UN PUNTO DE REFERENCIA PARA MEDIR EL IMPACTO DEL NPS.

3.- SUSTAINABLE DEVELOPMENT SCENARIO (NOVEDAD):

MUESTRA UNA SENDA PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS RELACIONADOS CON LA ENERGIA DE LA AGENDA SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE DE NACIONES UNIDAS:

- 1) ACCESO UNIVERSAL A LA ENERGIA MODERNA EN 2030,**
- 2) ACCION URGENTE PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMATICO
(EN LINEA CON LOS ACUERDOS DE PARIS)**
- 3) MEDIDAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE.**

OTROS 6 ESCENARIOS REFERIDOS EN EL WEO 2017

- **FASTER TRANSITION SCENARIO:** SENDA PARA LOGRAR EN 2060 “CERO EMISIONES NETAS DE CO₂” DEL SECTOR ENERGÉTICO (MENOS EMISIONES QUE EL SDS EN 2040).
- **LOW OIL PRICE CASE:** EXPLORA LAS CONDICIONES QUE MANTENDRÍAN EL PRECIO DEL PETRÓLEO “LOWER FOR LONGER”.
- **ENERGY FOR ALL CASE:** PRESENTA UNA SENDA PARA LOGRAR EL SUMINISTRO UNIVERSAL DE ENERGÍA MODERNA (COMPARACIÓN CON NPS Y SDS).
- **450 SCENARIO:** SENDA PARA LIMITAR, CON UN 50% DE PROBABILIDADES, EL CALENTAMIENTO GLOBAL A LARGO PLAZO A 2° C POR ENCIMA DE LOS NIVELES PREINDUSTRIALES. PRINCIPAL ESCENARIO DE DESCARBONIZACIÓN.
- **CLEAN AIR SCENARIO:** PRESENTA UNA ESTRATEGIA ECONÓMICAMENTE EFECTIVA, BASADA EN TECNOLOGÍAS EXISTENTES Y POLÍTICAS PROBADAS, PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES EN 2040 EN MÁS DE LA MITAD RESPECTO AL NPS.
- **BRIGE SCENARIO:** PRESENTA UNA ESTRATEGIA PARA EL SECTOR ENERGÉTICO, BASADA EN CINCO MEDIDAS ESPECÍFICAS, PARA LOGRAR ADELANTAR SIGNIFICATIVAMENTE EL PUNTO MÁXIMO (“PEAK”) DE EMISIONES DE CO₂.

INPUTS PARA LA MODELIZACIÓN

1.-POLÍTICAS ENERGÉTICAS: LAS POLÍTICAS QUE SE SUPONE SON APLICADAS POR LOS GOBIERNOS DE TODO EL MUNDO (ANEXO B). VARÍAN SEGÚN EL ESCENARIO Y EXPLICAN LAS PRINCIPALES DIVERGENCIAS ENTRE LOS RESULTADOS DE ESTOS.

2.- POLÍTICAS DE PRECIOS (PRECIOS PAGADOS POR EL CONSUMIDOR FINAL): VARÍAN SEGÚN REGIÓN Y ESCENARIO.

3.- PRECIOS DE LAS EMISIONES DE CO₂: VARÍAN SEGÚN REGIÓN Y ESCENARIO.

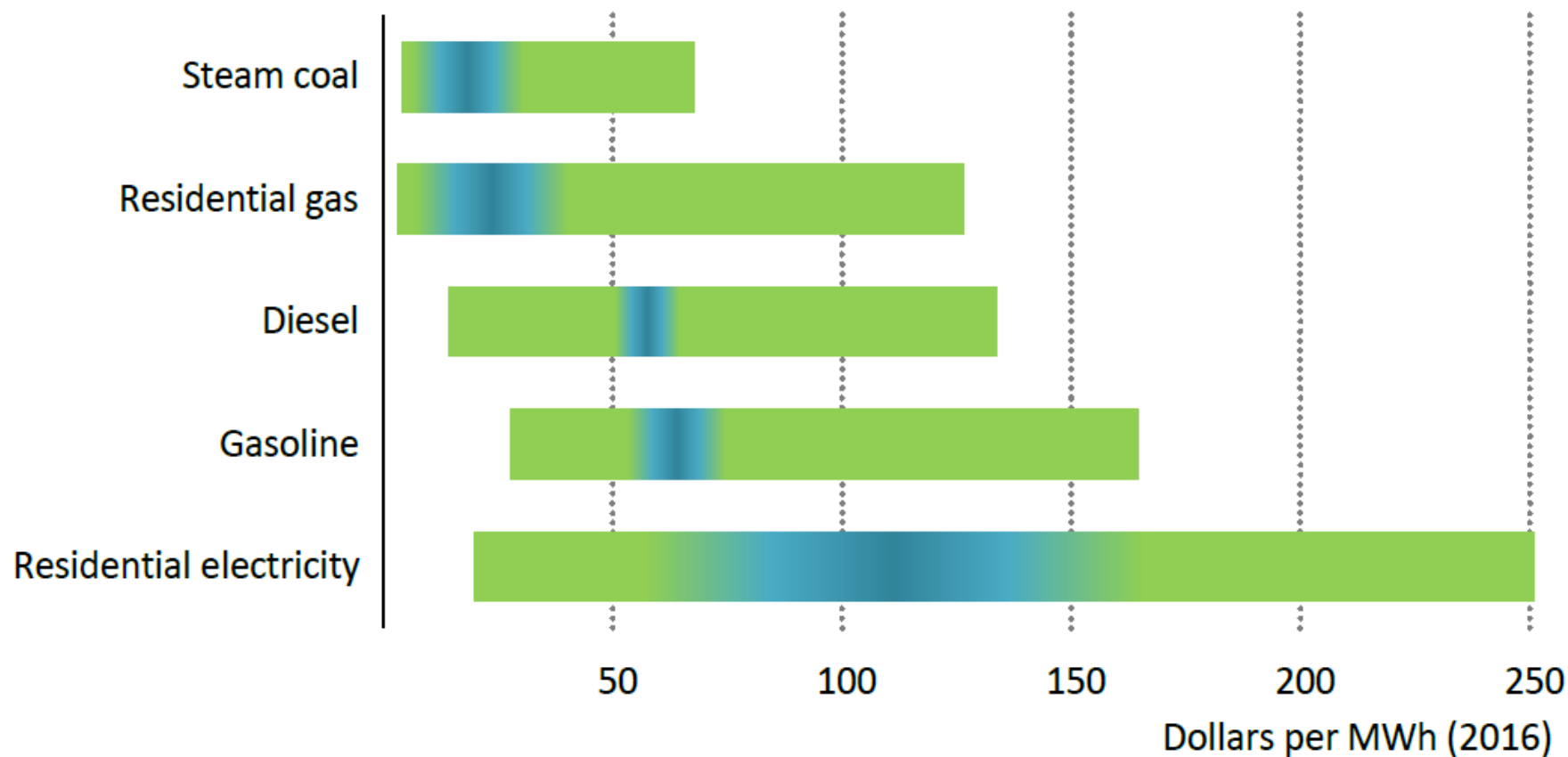
4.- CRECIMIENTO ECONÓMICO: CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL PIB MUNDIAL. EL MISMO PARA TODOS LOS ESCENARIOS.

5.- TENDENCIAS DEMOGRÁFICAS: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO MEDIO ANUAL. EL MISMO PARA TODOS LOS ESCENARIOS.

6.- PRECIOS DE LA ENERGÍA (PETRÓLEO, GAS, CARBÓN): VARÍAN SEGÚN REGION Y ESCENARIO.

7.- INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, DESPLIEGUE Y COSTES (LOW-CARBON Y CF): VARÍAN SEGÚN REGION Y ESCENARIO.

Range of prices paid by consumers for final energy, 2015



End-user prices for energy carriers vary widely around the world, due to underlying variations in delivered costs but also subsidies, taxes and other charges

Notes: MWh = megawatt-hour. The areas shaded in blue represent the range of reference prices used for the purposes of calculating energy consumption subsidies. Variations in quality may explain a part of the variations in price, especially for electricity where differences in reliability of services mean that it is not a homogenous product across countries.

CO₂ price in selected regions by scenario (\$2016 per tonne)

	Region	Sector	2025	2040
Current Policies Scenario	Canada	Power, industry, aviation	15	31
	European Union	Power, industry, aviation	22	40
	Korea	Power, industry	22	40
New Policies Scenario	South Africa	Power, industry	10	24
	China	Power, industry, aviation	17	35
	Canada	All sectors	25	45
	European Union	Power, industry, aviation	25	48
	Korea	Power, industry	25	48
Sustainable Development Scenario	Brazil, China, Russia, South Africa	Power, industry, aviation*	43	125
	Advanced economies	Power, industry, aviation*	63	140

* Coverage of aviation is limited to the same regions as in the New Policies Scenario.

Real GDP growth assumptions by region

	Compound average annual growth rate			
	2000-16	2016-25	2025-40	2016-40
North America	1.8%	2.1%	2.1%	2.1%
United States	1.8%	2.0%	2.0%	2.0%
Central & South America	2.8%	2.3%	3.0%	2.8%
Brazil	2.4%	1.9%	3.0%	2.6%
Europe	1.7%	1.9%	1.6%	1.7%
European Union	1.4%	1.7%	1.4%	1.5%
Africa	4.4%	4.1%	4.4%	4.3%
South Africa	2.9%	2.1%	2.9%	2.6%
Middle East	4.4%	3.0%	3.5%	3.3%
Eurasia	4.1%	2.3%	2.7%	2.6%
Russia	3.4%	1.7%	2.4%	2.1%
Asia Pacific	6.0%	5.4%	4.0%	4.5%
China	9.2%	5.8%	3.7%	4.5%
India	7.2%	7.7%	5.7%	6.5%
Japan	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%
Southeast Asia	5.2%	5.1%	4.0%	4.5%
World	3.6%	3.7%	3.3%	3.4%

Notes: Calculated based on GDP expressed in year-2016 dollars in purchasing power parity (PPP) terms. See Annex C for composition of regional groupings.

Sources: (IMF, 2017); World Bank databases; IEA databases and analysis.

Population assumptions by region

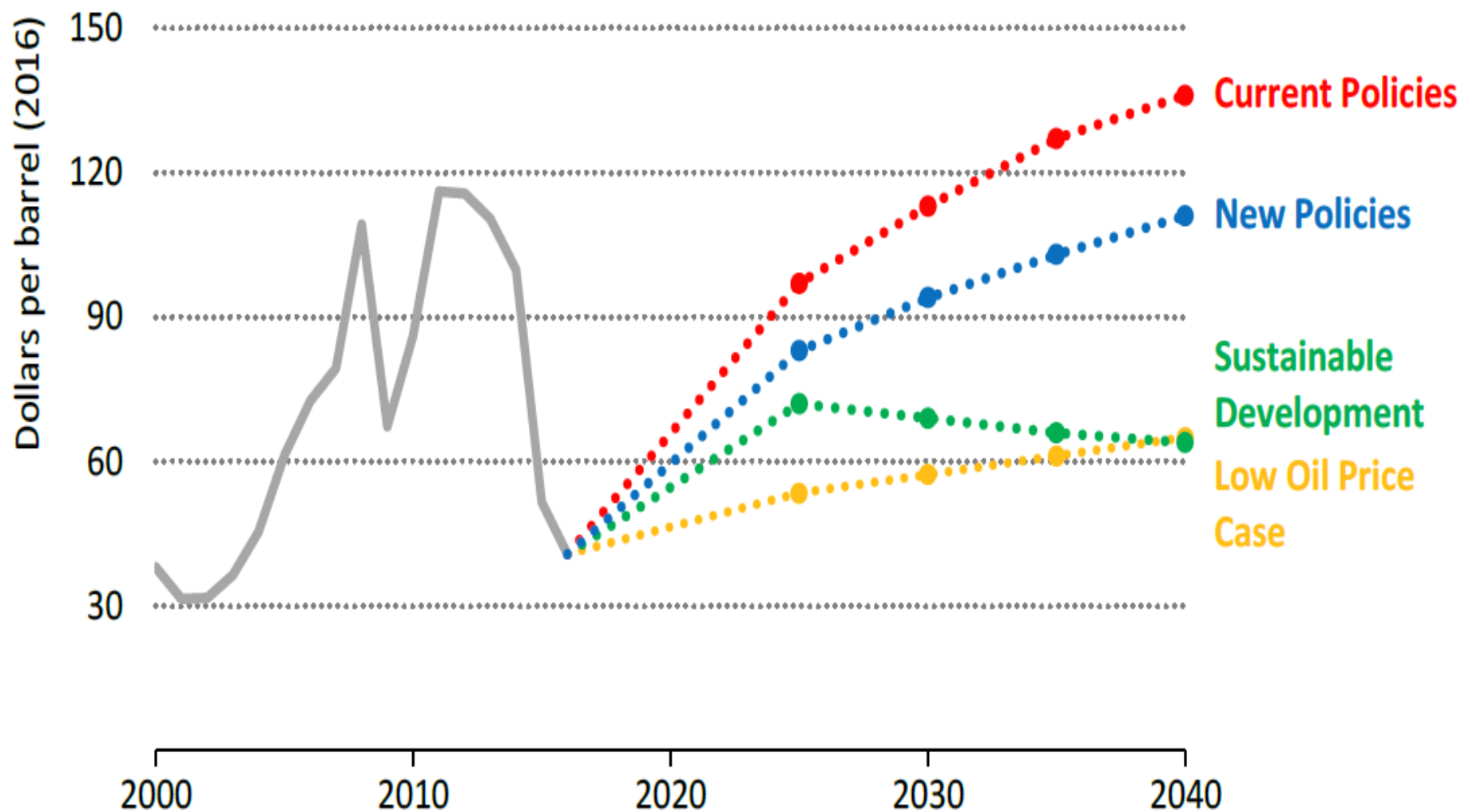
	Compound average annual growth rate			Population (million)		Urbanisation rate	
	2000-16	2016-25	2016-40	2016	2040	2016	2040
North America	1.0%	0.8%	0.7%	487	570	81%	86%
United States	0.8%	0.7%	0.6%	328	378	82%	86%
Central & South America	1.2%	0.9%	0.7%	509	599	80%	85%
Brazil	1.1%	0.7%	0.5%	210	236	86%	90%
Europe	0.3%	0.1%	0.1%	687	697	74%	80%
European Union	0.3%	0.1%	0.0%	510	511	75%	81%
Africa	2.6%	2.4%	2.2%	1 216	2 063	41%	51%
South Africa	1.5%	0.7%	0.6%	55	64	65%	75%
Middle East	2.3%	1.7%	1.4%	231	321	69%	76%
Eurasia	0.4%	0.3%	0.1%	230	236	63%	67%
Russia	-0.1%	-0.2%	-0.3%	144	133	74%	79%
Asia Pacific	1.1%	0.8%	0.6%	4 060	4 658	47%	59%
China	0.5%	0.3%	0.0%	1 385	1 398	57%	73%
India	1.5%	1.1%	0.9%	1 327	1 634	33%	45%
Japan	0.0%	-0.3%	-0.4%	127	114	94%	97%
Southeast Asia	1.2%	1.0%	0.7%	638	763	48%	60%
World	1.2%	1.0%	0.9%	7 421	9 144	54%	63%

Sources: UN Population Division databases; IEA databases and analysis.

Fossil-fuel import prices by scenario

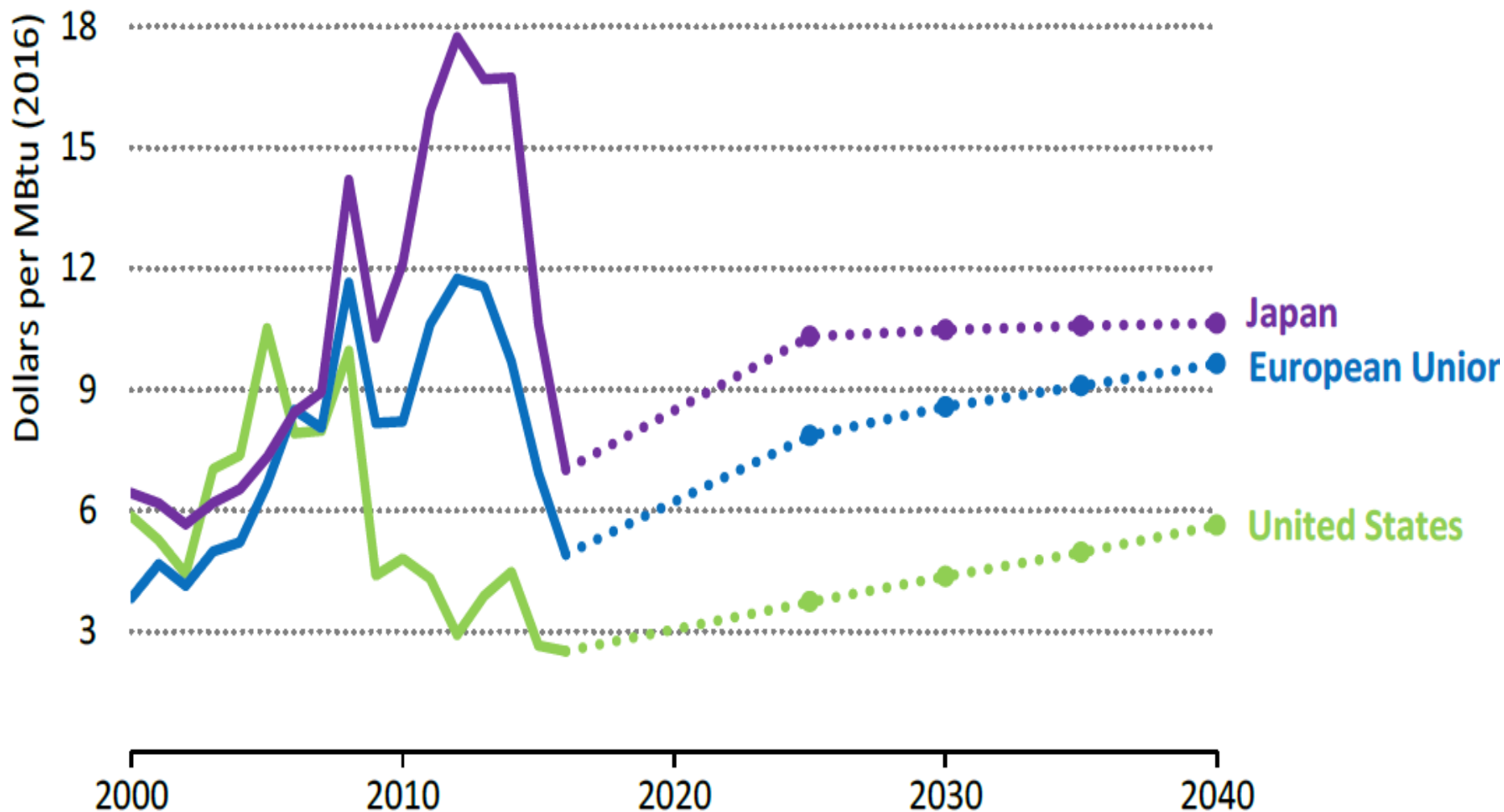
Real terms (\$2016)	New Policies							Current Policies		Sustainable Development	
	2000	2010	2016	2025	2030	2035	2040	2025	2040	2025	2040
IEA crude oil (\$/barrel)	38	86	41	83	94	103	111	97	136	72	64
Natural gas (\$/MBtu)											
United States	5.9	4.8	2.5	3.7	4.4	5.0	5.6	4.3	6.5	3.4	3.9
European Union	3.8	8.2	4.9	7.9	8.6	9.1	9.6	8.2	10.5	7.0	7.9
China	3.5	7.4	5.8	9.4	9.7	10.0	10.2	10.4	11.1	8.2	8.5
Japan	6.4	12.1	7.0	10.3	10.5	10.6	10.6	10.8	11.5	8.6	9.0
Steam coal (\$/tonne)											
United States	37	63	49	61	61	62	62	62	67	56	55
European Union	46	101	63	77	80	81	82	81	95	67	64
Japan	44	118	72	82	85	86	87	86	101	71	68
Coastal China	34	127	80	87	89	90	91	90	101	78	77

Average IEA crude oil import price by scenario and case



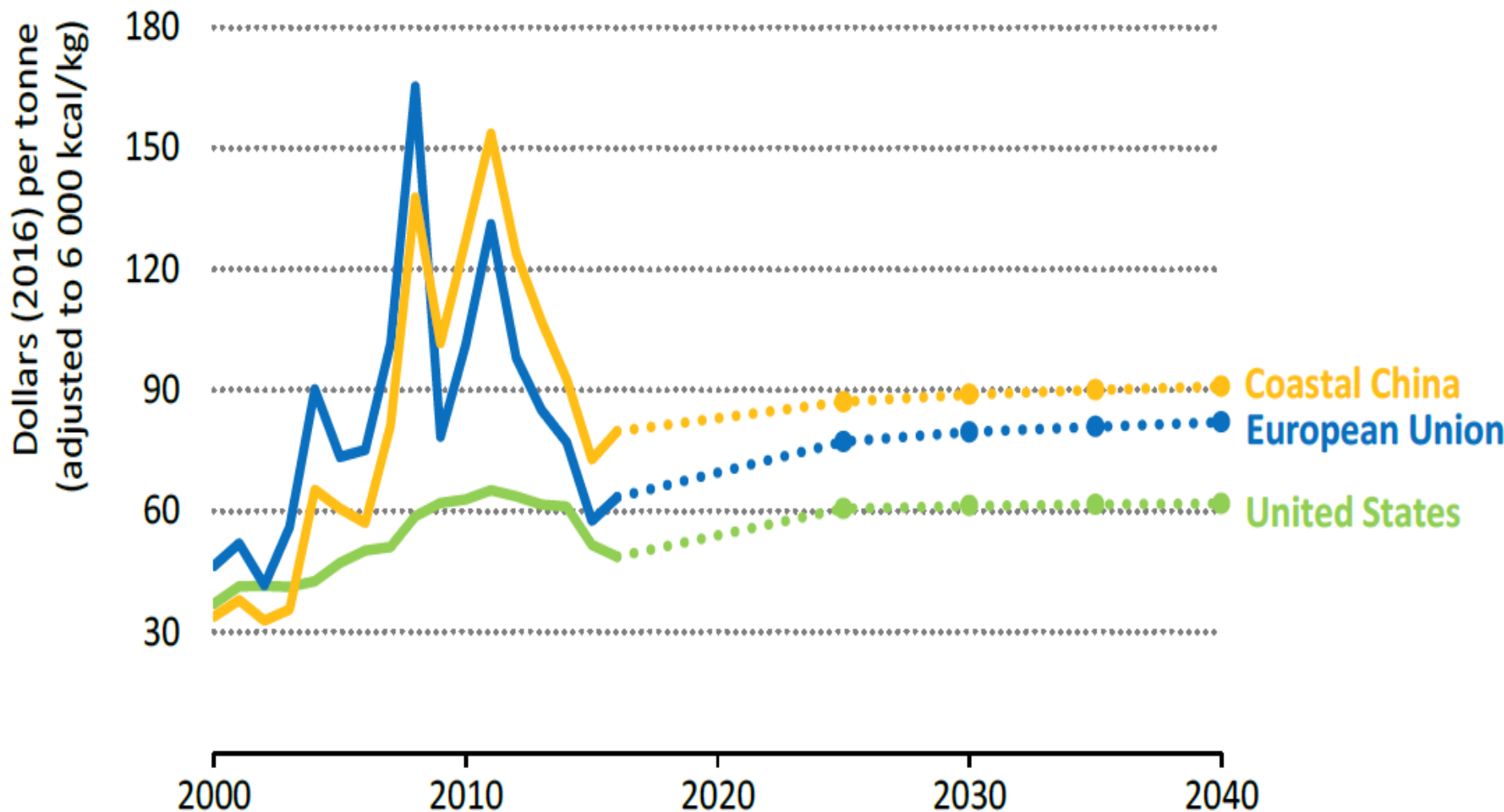
Oil prices vary widely by scenario, reflecting the different ways in which resources, costs and policies could affect the supply-demand balance

Natural gas prices by key region in the New Policies Scenario



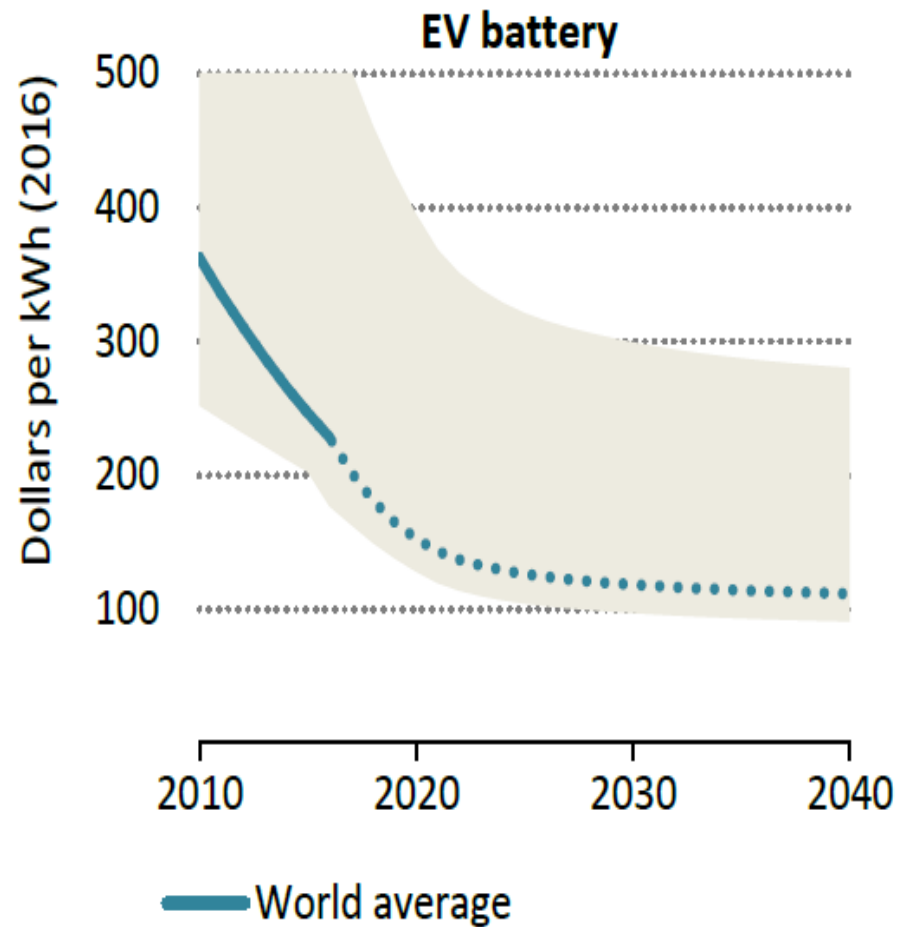
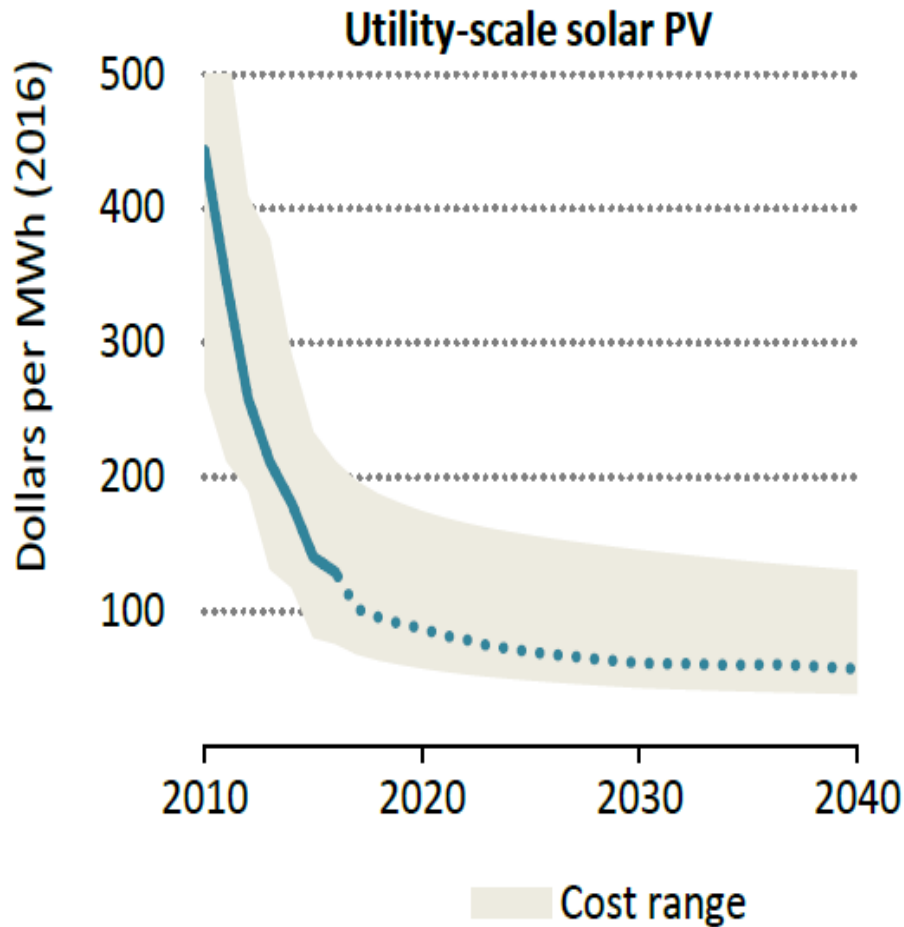
Natural gas prices in the main regions are connected by an increasingly flexible global trade in LNG

Steam coal prices by key region in the New Policies Scenario



Steam coal prices recover from recent lows, but the long-term trend remains markedly below historical highs

Evolution of global average cost for selected technologies in the New Policies Scenario



Reductions in costs of key technologies continue to give strong impetus to the energy transition