

Proporcionando una Vida Digna con un Mínimo de Energía: Un Escenario Global

Joel Millward-Hopkins, Julia K. Steinberger, Narasimha D. Rao, Yannick Oswald

Síntesis

Cada vez está más claro que para evitar el colapso ecológico habrá que introducir cambios drásticos en la sociedad humana contemporánea y en la economía global que integrada en ella. Por otro lado, las necesidades materiales básicas de millones de personas en todo

Descubrimos que el consumo final de energía mundial en 2050 podría reducirse a los niveles de la década de 1960, a pesar de tener una población tres veces mayor. Sin embargo, un mundo así requiere un despliegue masivo de tecnologías avanzadas en todos los sectores, así como cambios radicales en la demanda para reducir el consumo.

el planeta siguen sin estar cubiertas. Aquí

desarrollamos un sencillo modelo que parte de la base para estimar un umbral mínimo práctico para el consumo final de energía necesario para proporcionar una vida material decente a toda la población mundial. Descubrimos que el consumo final de energía mundial en 2050 podría reducirse a los niveles de la década de 1960, a pesar de tener una población tres veces mayor. Sin embargo, un mundo así requiere un despliegue masivo de tecnologías avanzadas en todos los sectores, así como cambios radicales en la demanda para reducir el consumo -independientemente de los ingresos- a niveles de suficiencia. La suficiencia es, sin embargo, mucho más generosa materialmente en nuestro modelo de lo que suelen suponer quienes se oponen a una fuerte reducción del consumo.

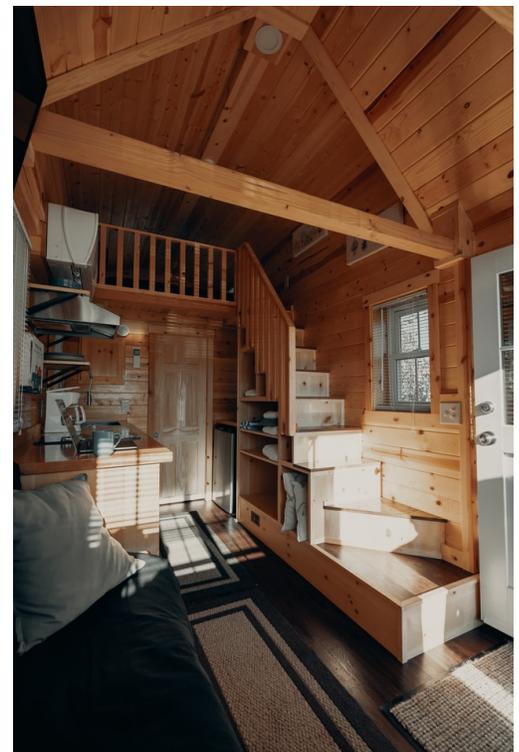


Photo by [Clay Banks](#) on [Unsplash](#)

Introducción

Se estima que el uso anual de energía de los recolectores del Paleolítico tardío era de unos 5 GJ por persona al año

La evidencia sugiere que, durante gran parte de los últimos 10.000 años, la agricultura ha provocado un descenso de la calidad de vida de la mayoría de las poblaciones humanas, en comparación con sus predecesores recolectores.

(Smil, 2017),¹ la suma de la energía alimentaria metabolizada más la biomasa para cocinar. En 1850, después de casi 10.000 años de expansión apoyada por la agricultura, el consumo medio mundial de energía primaria se elevó a más de 20 GJ/cap (GEA, 2012).² En la actualidad, tras 150 años de desarrollo industrial alimentado por fósiles,

ha alcanzado los 80 GJ/cap (AIE, 2019a).³ En términos absolutos, el uso total de energía primaria a nivel mundial ha pasado de alrededor de 1 PJ en el Paleolítico tardío a casi 600.000 PJ en la actualidad, impulsando cambios en la composición de la atmósfera (calentamiento) y de los océanos (acidificación) que conducen a un cambio climático peligroso (IPCC, 2018).⁴

¿El aumento masivo del consumo de energía que acompañó a las revoluciones agrícola e industrial ha supuesto mejoras comparables para el bienestar humano? La evidencia sugiere que, durante gran parte de los últimos 10.000 años, la agricultura ha provocado un descenso de la calidad de vida de la mayoría de las poblaciones humanas, en comparación con sus predecesores recolectores (Larsen, 2006).⁵ Pero en los últimos siglos se ha producido una rápida inversión de esta tendencia, con mejoras en los indicadores de salud en general. Sin embargo, es difícil decir si los humanos de hoy están mejor que los antiguos recolectores (Diamond, 2010),⁶ que eran mucho más sofisticados social y políticamente de lo que se suele suponer (Wengrow y Graeber, 2015).⁷ Los datos disponibles -esperanza de vida, mortalidad infantil, índices de violencia observados en algunas sociedades recolectoras modernas- nunca podrán contar la historia completa (Harari, 2016).⁸

Sin embargo, en lo que respecta a la era moderna, se pueden afirmar algunas cosas con certeza:

En primer lugar, los niveles actuales de uso de la energía apuntalan numerosas amenazas existenciales: las crisis ecológicas (Haberl et al., 2011,⁹ Steffen et al., 2015),¹⁰ la escasez de recursos y las inestabilidades geopolíticas que estas

¹ ↪ V. Smil: Energy and Civilization: A History – MIT Press, Boston (2017)

² ↪ GEA 2012. Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

³ ↪ IEA World Energy Outlook 2019 OECD/IEA, Paris (2019)

⁴ ↪ IPCC: Global Warming of 1.5 Degrees World Meteorological Association, Geneva (2018)

⁵ ↪ C.S. Larsen: [The agricultural revolution as environmental catastrophe: implications for health and lifestyle in the Holocene](#) - Quat. Int., 150 (2006), pp. 12-20

⁶ ↪ J. Diamond: The Worst Mistake in the History of the Human Race Oplopanax Publishing (2010)

⁷ ↪ D. Wengrow, D. Graeber: [Farewell to the 'childhood of man': ritual, seasonality, and the origins of inequality](#) - J. R. Anthropol. Inst., 21 (2015), pp. 597-619

⁸ ↪ Y.N. Harari: Sapiens: A Brief History of Humankind — Harvill Seker, London (2016)

⁹ ↪ H. Haberl, M. Fischer-Kowalski, F. Krausmann, J. Martinez-Alier, V. Winiwarter: [A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation](#)

¹⁰ ↪ W. Steffen, K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, I. Fetzer, E.M. Bennett, R. Biggs, S.R. Carpenter, W. De Vries, C.A. De Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G.M. Mace, L.M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers, S. Sörlin: Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet Science, 347 (2015), p. 1259855

cuestiones pueden catalizar, especialmente en una economía global dependiente del crecimiento (Büchs y Koch, 2019).¹¹ Y los más afectados suelen ser los menos favorecidos (Haberl et al., 2011).¹²

En segundo lugar, aunque a lo largo de la revolución industrial se han producido inmensas mejoras en la eficiencia energética, estas sirvieron en gran medida para impulsar la productividad y permitir un mayor crecimiento (Brockway et al., 2017,¹³ Sakai et al., 2018,¹⁴ Ayres y Warr, 2010).¹⁵ De este modo, el uso mundial de la energía ha aumentado de forma constante (GEA, 2012),¹⁶ con la excepción de las crisis financieras -cuyos efectos desaparecen pronto (Geels, 2013)¹⁷- y las pandemias mundiales (Le Quéré et al., 2020),¹⁸ cuyos efectos a largo plazo aún están por verse. En

Los aumentos en el uso de energía de las sociedades observados en las últimas décadas no han tenido ningún beneficio para el bienestar de sus poblaciones: los rendimientos sociales del consumo de energía son cada vez más marginales.

los países en los que la actividad económica parece haberse desvinculado del uso de la energía, esto resulta ser normalmente un artefacto de las prácticas contables (Arto et al., 2016,¹⁹ Haberl et al., 2020),²⁰ es decir, métodos basados en la producción, que ignoran la deslocalización de la producción y los bienes importados (Peters, 2008,²¹ Peters et al., 2011).²²

Por último, los drásticos aumentos en el uso de energía de las sociedades observados en las últimas décadas no han tenido, más allá de cierto punto, ningún beneficio para el bienestar de sus poblaciones: los rendimientos sociales del consumo de energía per cápita son cada vez más marginales (Arto et al., 2016,²³ Steinberger y Roberts, 2010,²⁴

¹¹ ↪ M. Büchs, M. Koch: [Challenges for the degrowth transition: the debate about wellbeing Futures](#), 105 (2019), pp. 155-165

¹² ↪ H. Haberl, M. Fischer-Kowalski, F. Krausmann, J. Martinez-Alier, V. Winiwarter: [A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation](#) – Sustainable Dev., 19 (2011), pp. 1-14

¹³ ↪ P.E. Brockway, H. Saunders, M.K. Heun, T.J. Foxon, J.K. Steinberger, J.R. Barrett, S. Sorrell: [Energy rebound as a potential threat to a low-carbon future: findings from a new exergy-based national-level rebound approach](#) – Energies, 10 (2017), pp. 1-24

¹⁴ ↪ M. Sakai, P.E. Brockway, J.R. Barrett, P.G. Taylor: [Thermodynamic Efficiency Gains and their role as a key 'Engine of Economic Growth'](#) – Energies, 12 (2018), p. 110

¹⁵ ↪ R.U. Ayres, B. Warr: *The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity* — Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK (2010)

¹⁶ ↪ GEA 2012. *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

¹⁷ ↪ F.W. Geels: [The impact of the financial-economic crisis on sustainability transitions: financial investment, governance and public discourse](#) – Environ. Innov. Societal Transitions, 6 (2013), pp. 67-95

¹⁸ ↪ C. Le Quéré, R.B. Jackson, M.W. Jones, A.J.P. Smith, S. Abernethy, R.M. Andrew, A.J. De-Gol, D.R. Willis, Y. Shan, J.G. Canadell, P. Friedlingstein, F. Creutzig, G.P. Peters: Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature – Clim. Change* (2020)

¹⁹ ↪ I. Arto, I. Capellán-Pérez, R. Lago, G. Bueno, R. Bermejo: [The energy requirements of a developed world](#) — Energy Sustainable Dev., 33 (2016), pp. 1-13

²⁰ ↪ H. Helmut, W. Dominik, V. Doris, K. Gerald, P. Barbara, B. Paul, F. Tomer, H. Daniel, P.K. Fridolin, L.-G. Bartholomäus, M. Andreas, P. Melanie, S. Anke, S. Tânia, S. Jan, C. Felix: A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights – *Environ. Res. Lett.*, 15 (2020)

²¹ ↪ G.P. Peters: [From production-based to consumption-based national emission inventories](#) — *Ecol. Econ.*, 65 (2008), pp. 13-23

²² ↪ G.P. Peters, J.C. Minx, C.L. Weber, O. Edenhofer: [Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008](#) *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 108 (2011), pp. 8903-8908

²³ ↪ I. Arto, I. Capellán-Pérez, R. Lago, G. Bueno, R. Bermejo: [The energy requirements of a developed world](#) — *Energy Sustainable Dev.*, 33 (2016), pp. 1-13

²⁴ ↪ J.K. Steinberger, J.T. Roberts: [From constraint to sufficiency: the decoupling of energy and carbon from human needs, 1975–2005](#) – *Ecol. Econ.*, 70 (2010), pp. 425-433

Steinberger et al., 2012,²⁵ Martínez y Ebenhack, 2008).²⁶ Así, algunos países logran altos resultados sociales con un consumo de energía mucho menor que otros, pero ninguno consigue actualmente alcanzar altos resultados sociales manteniéndose dentro de los límites planetarios (O'Neill et al., 2018).²⁷

La estimación de las necesidades energéticas del bienestar es, por tanto, una tarea importante pero difícil.

La infraestructura sesgada hacia los vehículos privados garantiza que gran parte de esta movilidad dependa del automóvil... la desigualdad, y sobre todo la riqueza, son ahora ampliamente reconocidas como motores centrales del daño ambiental.

Afortunadamente, se han producido avances recientes tanto en la teoría (Rao y Baer, 2012,²⁸ Day et al., 2016,²⁹ Brand-Correa y Steinberger, 2017)³⁰ como en la estimación (Rao et al., 2019,³¹ Arto et al., 2016).³² Se ha argumentado que un conjunto finito y universal de necesidades humanas saciables sustenta la satisfacción de la vida (O'Neill et al., 2018),³³ mientras que las formas de satisfacerlas son cultural, histórica y tecnológicamente variadas (Gough, 2015,³⁴ Brand-Correa et al., 2018).³⁵ Además, aunque las mejoras en la eficiencia han contribuido sin duda a la disminución de los niveles de energía asociados al desarrollo humano (Steinberger y Roberts, 2010),³⁶ otras tendencias culturales y tecnológicas (a largo y corto plazo) actúan en sentido contrario. Por ejemplo, las difusas redes sociales contemporáneas y una economía globalizada requieren altos niveles de movilidad y complejas tecnologías de la comunicación para satisfacer las necesidades básicas de participación social y política, mientras que la infraestructura sesgada hacia los vehículos privados garantiza que gran parte de esta movilidad dependa del automóvil. Una población mundial de miles de millones de personas requiere una actividad agrícola considerable: los métodos de búsqueda de alimentos de nuestros antepasados eran mucho menos intensivos en energía, pero podían mantener a <1% de la población mundial actual (Burger y Fristoe, 2018).³⁷ Además, la desigualdad, y sobre todo la riqueza, son ahora ampliamente reconocidas como motores centrales del daño ambiental (Wiedmann et al., 2020).³⁸

Aquí pretendemos contribuir a estos debates mediante la estimación de las necesidades mínimas de energía final para proporcionar un nivel de vida decente a toda la población mundial en 2050. Construimos un modelo energético sobre

²⁵ ↪ J.K. Steinberger, J.T. Roberts, G.P. Peters, G. Baiocchi: [Pathways of human development and carbon emissions embodied in trade](#) – Nat. Clim. Change, 2 (2012), pp. 81-85

²⁶ ↪ D.M. Martínez, B.W. Ebenhack: [Understanding the role of energy consumption in human development through the use of saturation phenomena](#) – Energy Policy, 36 (2008), pp. 1430-1435

²⁷ ↪ D.W. O'Neill, A.L. Fanning, W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [A good life for all within planetary boundaries](#) – Nat. Sustainability, 1 (2018), pp. 88-95

²⁸ ↪ N.D. Rao, P. Baer: [“Decent Living” emissions: a conceptual framework](#) – Sustainability, 4 (2012), pp. 656-681

²⁹ ↪ R. Day, G. Walker, N. Simcock: [Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework](#) – Energy Policy, 93 (2016), pp. 255-264

³⁰ ↪ L.I. Brand-Correa, J.K. Steinberger: [A Framework for decoupling human need satisfaction from energy use](#) – Ecol. Econ., 141 (2017), pp. 43-52

³¹ ↪ N.D. Rao, J. Min, A. Mastrucci: [Energy requirements for decent living in India, Brazil and South Africa](#) – Nat. Energy, 4 (12) (2019), pp. 1025-1032

³² ↪ I. Arto, I. Capellán-Pérez, R. Lago, G. Bueno, R. Bermejo: [The energy requirements of a developed world](#) – Energy Sustainable Dev., 33 (2016), pp. 1-13

³³ ↪ D.W. O'Neill, A.L. Fanning, W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [A good life for all within planetary boundaries](#) – Nat. Sustainability, 1 (2018), pp. 88-95

³⁴ ↪ I. Gough: [Climate change and sustainable welfare: the centrality of human needs](#) – Camb. J. Econ., 39 (2015), pp. 1191-1214

³⁵ ↪ L.I. Brand-Correa, J. Martin-Ortega, J.K. Steinberger: [Human scale energy services: untangling a ‘golden thread’](#) – Energy Res. Social Sci., 38 (2018), pp. 178-187

³⁶ ↪ L.I. Brand-Correa, J. Martin-Ortega, J.K. Steinberger: [Human scale energy services: untangling a ‘golden thread’](#) – Energy Res. Social Sci., 38 (2018), pp. 178-187

³⁷ ↪ J.R. Burger, T.S. Fristoe: [Hunter-gatherer populations inform modern ecology](#) – Proc. Natl. Acad. Sci., 115 (2018), pp. 1137-1139

³⁸ ↪ T. Wiedmann, M. Lenzen, L.T. Keyßer, J.K. Steinberger: [Scientists’ warning on affluence](#) – Nat. Commun., 11 (2020), p. 3107

el marco existente de Rao y Min (2018a),³⁹ que propone una lista de necesidades materiales básicas que sustentan el bienestar humano, y consideramos la energía final (en contraposición a la primaria) para acercarnos un poco más a las necesidades energéticas de la vida social. Estas necesidades materiales son en muchos aspectos específicas de nuestro tiempo, pero pueden tomarse como una base razonable para las próximas décadas. Consideramos que, con una combinación de las tecnologías más eficientes disponibles y de transformaciones radicales del lado de la demanda que reduzcan el exceso de consumo a niveles de suficiencia, las necesidades finales de energía para proporcionar un nivel de vida decente a la población mundial en 2050 podrían ser más de un 60% inferiores al consumo actual. En los países que hoy son los mayores consumidores per cápita, parece posible una reducción del ~95% sin dejar de proporcionar un nivel de vida decente a todos.

Las necesidades finales de energía para proporcionar un nivel de vida decente a la población mundial en 2050 podrían ser más de un 60% inferiores al consumo actual. En los países que hoy son los mayores consumidores per cápita, parece posible una reducción del ~95% sin dejar de proporcionar un nivel de vida decente a todos.

Antecedentes y Teoría

Dos perspectivas sobre el bienestar humano y las necesidades básicas

¿Qué entendemos por vida digna y cuál es su relación con el bienestar? Los debates sobre la buena vida se remontan a milenios atrás, a las ideas aristotélicas y budistas (Gough, 2015)⁴⁰ y probablemente se extiendan hasta la (pre)historia no escrita. El tema es, pues, muy amplio, pero en los contextos ecológicos los debates han girado en gran medida en torno a dos tipos de bienestar: hedónico y eudaimónico (Lamb y Steinberger, 2017,⁴¹ Brand-Correa y Steinberger, 2017,⁴² Gough, 2015,⁴³ O'Neill, 2008).⁴⁴

La primera tiene sus raíces en el utilitarismo de Bentham y la filosofía epicúrea, y tiende a cuestiones de felicidad y bienestar subjetivo; el cálculo del placer y el dolor (O'Neill, 2008).⁴⁵ Dentro de la economía ha habido una tendencia a

La adaptabilidad es una característica muy deseable, dado que gran parte de las circunstancias externas de la vida de los seres humanos están fuera de su control, y lo fugaces que pueden ser los deseos

simplificar estas ideas en la noción de que más es mejor, y que los individuos pueden juzgar racionalmente qué consumir para mejorar sus vidas (Gough, 2015).⁴⁶ En resumen, una suposición de que el aumento de los ingresos puede aumentar sistemáticamente el bienestar

(Max-Neef, 1995,⁴⁷ Easterlin, 2017).⁴⁸ Otros han utilizado las mismas ideas para poner de relieve la rueda hedónica del consumo, en la que las personas se adaptan constantemente a la mejora de las circunstancias materiales, de modo que el bienestar se estanca a pesar del aumento de la riqueza. Desde esta perspectiva, la verdadera felicidad solo puede

³⁹ ↪ N.D. Rao, J. Min: [Decent living standards: material prerequisites for human wellbeing](#) – Soc. Indic. Res., 138 (2018), pp. 225-244

⁴⁰ ↪ I. Gough: [Climate change and sustainable welfare: the centrality of human needs](#) – Camb. J. Econ., 39 (2015), pp. 1191-1214

⁴¹ ↪ W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [Human well-being and climate change mitigation](#) – Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change, 8 (2017), Article e485

⁴² ↪ L.I. Brand-Correa, J.K. Steinberger: [A Framework for decoupling human need satisfaction from energy use](#) – Ecol. Econ., 141 (2017), pp. 43-52

⁴³ ↪ I. Gough: [Climate change and sustainable welfare: the centrality of human needs](#) – Camb. J. Econ., 39 (2015), pp. 1191-1214

⁴⁴ ↪ J. O'Neill: Happiness and the Good Life – Environ. Values, 17 (2008), pp. 125-144

⁴⁵ ↪ Ibidem.

⁴⁶ ↪ I. Gough: [Climate change and sustainable welfare: the centrality of human needs](#) – Camb. J. Econ., 39 (2015), pp. 1191-1214

⁴⁷ ↪ M. Max-Neef: [Economic growth and quality of life: a threshold hypothesis](#) – Ecol. Econ., 15 (1995), pp. 115-118

⁴⁸ ↪ R.A. Easterlin: [Paradox Lost?](#) – Rev. Behav. Econ., 4 (2017), pp. 311-339

Aquí es donde entran las concepciones eudaimónicas del bienestar: salud y seguridad física; aire y agua limpios y nutrición adecuada; participación social y política; autonomía cultivada a través de la educación y la comprensión cognitiva; tiempo y espacio para la imaginación y el juego social.

adaptabilidad es una característica muy deseable, dado que gran parte de las circunstancias externas de la vida de los seres humanos están fuera de su control, y lo fugaces que pueden ser los deseos, cosas que Buda enseñó hace milenios.

A pesar de la capacidad humana de adaptarse a circunstancias desafortunadas, pocos argumentan en contra de la idea de que la sociedad debe estructurarse de manera que las necesidades humanas básicas se satisfagan universalmente en la medida de lo posible. Aquí es donde entran las concepciones eudaimónicas del bienestar, que apuntalan destacados enfoques basados en las capacidades y las necesidades (Fanning y O'Neill, 2019,⁵² O'Neill, 2008).⁵³ En términos generales, estos se centran en proporcionar a las personas las capacidades necesarias para prosperar: salud y seguridad

Cada necesidad material debe (a) satisfacer al menos una necesidad básica, (b) no impedir que otros satisfagan sus necesidades y (c) ser el único satisfactor de una necesidad particular.

física; aire y agua limpios y nutrición adecuada; participación social y política; autonomía (en la medida en que sea posible; Greene y Cohen, 2004)⁵⁴ cultivada a través de la educación y la comprensión cognitiva; tiempo y espacio para la imaginación y el juego social (Lamb y Steinberger, 2017,⁵⁵ Gough, 2015).⁵⁶ El argumento de que estas necesidades básicas son universales e independientes del contexto cultural, se basa en la distinción entre necesidades y satisfactores de necesidades. Las necesidades son universales; los satisfactores son culturalmente específicos (Doyal y Gough, 1991).⁵⁷

Los enfoques basados en las necesidades en esta línea se han utilizado recientemente como base para desarrollar un marco para desvincular el uso de la energía del bienestar humano (Brand-Correa y Steinberger, 2017).⁵⁸ Pero a efectos de modelización, estas necesidades humanas básicas deben traducirse en requisitos materiales. Recientemente, Rao y Min (2018a)⁵⁹ han intervenido para llenar este vacío ofreciendo un inventario de requisitos materiales universales que sugieren como prerrequisitos para satisfacer las necesidades humanas básicas. Al compilar el inventario, propusieron que cada necesidad material debe (a) satisfacer al menos una necesidad básica, (b) no impedir que otros satisfagan sus necesidades y (c) ser el único satisfactor de una necesidad particular, o actualmente ser abrumadoramente preferido por

⁴⁹ ↪ J. O'Neill: Happiness and the Good Life – Environ. Values, 17 (2008), pp. 125-144

⁵⁰ ↪ T. Jackson: Live better by consuming less?: is there a “double dividend” in sustainable consumption? – J. Ind. Ecol., 9 (2005), pp. 19-36

⁵¹ ↪ W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [Human well-being and climate change mitigation](#) – Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change, 8 (2017), Article e485

⁵² ↪ A.L. Fanning, D.W. O'Neill: [The Wellbeing-Consumption paradox: happiness, health, income, and carbon emissions in growing versus non-growing economies](#) – J. Cleaner Prod., 212 (2019), pp. 810-821

⁵³ ↪ J. O'Neill: Happiness and the Good Life – Environ. Values, 17 (2008), pp. 125-144

⁵⁴ ↪ J. Greene, J. Cohen: For the law, neuroscience changes nothing and everything – J. Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B: Biol. Sci., 359 (2004), pp. 1775-1785

⁵⁵ ↪ W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [Human well-being and climate change mitigation](#) – Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change, 8 (2017), Article e485

⁵⁶ ↪ I. Gough: [Climate change and sustainable welfare: the centrality of human needs](#) – Camb. J. Econ., 39 (2015), pp. 1191-1214

⁵⁷ ↪ L. Doyal, I. Gough (Eds.), A Theory of Human Need, Macmillan Education UK, London (1991)

⁵⁸ ↪ L.I. Brand-Correa, J.K. Steinberger: [A Framework for decoupling human need satisfaction from energy use](#) – Ecol. Econ., 141 (2017), pp. 43-52

⁵⁹ ↪ N.D. Rao, J. Min: [Decent living standards: material prerequisites for human wellbeing](#) – Soc. Indic. Res., 138 (2018), pp. 225-244

las personas (globalmente) entre los satisfactores en competencia. Destacan claramente que la satisfacción de estas necesidades materiales es decisiva para lograr el bienestar social y físico, pero no son en absoluto suficientes por sí solas. Su inventario se muestra en la [Tabla 1](#), junto con una indicación de todas las variaciones regionales que aplicamos en el modelo (descrito en [Métodos y Datos](#)).

Tabla 1. Inventario de los prerequisites del Nivel de Vida Decente (NVD) (Rao y Min, 2018a) desglosado en requisitos materiales y servicios clave. La última columna indica dónde implementamos las variaciones regionales en el modelo, y da una breve explicación; los Materiales complementarios ofrecen detalles completos.

NVD dimension	Requisitos materiales y servicios	Variación regional
Nutrición	Alimentos	El consumo varía con las estructuras de edad de los países
	Utensilios de cocina	<i>Ninguno implementado</i>
	Refrigeración	<i>Ninguno implementado</i>
Techo y condiciones de vida	Espacio suficiente en vivienda	<i>Ninguno implementado</i>
	Comodidad termal	Los requisitos varían según los GDC y GDE regionales
	Iluminación	<i>Ninguno implementado</i>
Higiene	Suministro de agua	La intensidad varía con la escasez de agua (mayor escasez → mayores intensidades)
	Calentador de agua	La intensidad varía en función de las temperaturas medias de los países
	Gestión del agua	<i>Ninguno implementado</i>
Ropa	Ropa	<i>Ninguno implementado</i>
	Instalaciones de lavado	<i>Ninguno implementado</i>
Salud	Hospitales	<i>Ninguno implementado</i>
Educación	Escuelas	Las necesidades varían según las estructuras de edad (más jóvenes → más escuelas)
Comunicaciones e información	Teléfonos	Los requisitos varían según las estructuras de edad (más niños <10yo → menos teléfonos)
	Ordenadores	<i>Ninguno implementado</i>
	Redes + centros de datos	<i>Ninguno implementado</i>
Movilidad	Producción de vehículos	Los niveles de actividad y las cuotas de los modos de transporte varían según los países ajustados ("vivididos") densidades de población (mayores densidades → menores niveles de actividad)
	Propulsión de los vehículos	
	Infraestructura del transporte	

Nuestra contribución es conceptualmente sencilla: Pretendemos estimar la energía final necesaria para proporcionar estos niveles de vida material a toda la población mundial. En este proceso, nuestra intención es imaginar un mundo

fundamentalmente transformado, en el que las tecnologías más avanzadas se fusionan con cambios drásticos en la demanda para reducir al máximo el consumo de energía (y de materiales), al tiempo que se proporcionan condiciones materiales dignas y servicios básicos para todos. Para ello, adoptamos un enfoque de modelización ascendente.

Dos enfoques para estimar las necesidades mínimas de uso de energía

Los intentos de modelización para estimar los requisitos energéticos para satisfacer las necesidades humanas básicas y permitir una alta calidad de vida, tienden a adoptar un enfoque de arriba a abajo o de abajo a arriba.

Los enfoques de arriba a abajo analizan estadísticamente los datos empíricos para investigar las relaciones entre los impactos ambientales y los resultados sociales. Entre los primeros están el consumo de energía, la huella ecológica o de

Los países tienden a lograr altos resultados sociales con un menor uso de energía a lo largo del tiempo; el consumo de energía de los países con altos resultados sociales parece ser mayor cuando se adopta una perspectiva basada en el consumo, debido a la deslocalización de las industrias de alto consumo energético; los niveles de democracia presentes parecen tener un efecto insignificante en la intensidad energética del bienestar.

carbono (Wackernagel y Rees, 1998),⁶⁰ y entre los segundos la esperanza de vida (Dietz et al., 2012,⁶¹ Jorgenson y Dietz, 2015,⁶² Givens, 2018),⁶³ la satisfacción con la vida (Knight y Rosa, 2011),⁶⁴ indicadores compuestos como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) (Martínez y Ebenhack, 2008,⁶⁵ Steinberger y Roberts, 2010),⁶⁶ y canastas de indicadores a menudo inspirados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (Lamb, 2016,⁶⁷

Lamb y Rao, 2015,⁶⁸ O'Neill et al., 2018).⁶⁹

Las estimaciones anteriores sobre el consumo de energía necesario para alcanzar, por ejemplo, un IDH alto son muy variadas: un IDH superior a 0,8 parece requerir de 30 a 100 + GJ/cap/año en términos de energía primaria (Martínez y Ebenhack, 2008,⁷⁰ Steinberger y Roberts, 2010,⁷¹ Smil, 2005,⁷² Rao et al., 2019).⁷³ Este rango no es sorprendente dada la diversidad de factores culturales, políticos, tecnológicos y climáticos en juego, sin embargo, se pueden hacer observaciones útiles: Las mejoras en los resultados sociales con el aumento del consumo de energía se vuelven cada vez

⁶⁰ ↪ M. Wackernagel, W. Rees: Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth – New society publishers, BC (1998)

⁶¹ ↪ T. Dietz, E.A. Rosa, R. York: [Environmentally efficient well-being: is there a Kuznets curve?](#) – Appl. Geogr., 32 (2012), pp. 21-28

⁶² ↪ A.K. Jorgenson, T. Dietz: [Economic growth does not reduce the ecological intensity of human well-being](#) – Sustainability Sci., 10 (2015), pp. 149-156

⁶³ ↪ J.E. Givens: [Ecologically unequal exchange and the carbon intensity of well-being, 1990–2011](#) – Environ. Sociol., 4 (2018), pp. 311-324

⁶⁴ ↪ K.W. Knight, E.A. Rosa: [The environmental efficiency of well-being: a cross-national analysis](#) – Soc. Sci. Res., 40 (2011), pp. 931-949

⁶⁵ ↪ D.M. Martínez, B.W. Ebenhack: [Understanding the role of energy consumption in human development through the use of saturation phenomena](#) – Energy Policy, 36 (2008), pp. 1430-1435

⁶⁶ ↪ J.K. Steinberger, J.T. Roberts: [From constraint to sufficiency: the decoupling of energy and carbon from human needs, 1975–2005](#) – Ecol. Econ., 70 (2010), pp. 425-433

⁶⁷ ↪ W.F. Lamb: [Which countries avoid carbon-intensive development?](#) – J. Cleaner Prod., 131 (2016), pp. 523-533

⁶⁸ ↪ W.F. Lamb, N.D. Rao: [Human development in a climate-constrained world: what the past says about the future](#) – Global Environ. Change, 33 (2015), pp. 14-22

⁶⁹ ↪ D.W. O'Neill, A.L. Fanning, W.F. Lamb, J.K. Steinberger: A good life for all within planetary boundaries – Nat. Sustainability, 1 (2018), pp. 88-95

⁷⁰ ↪ D.M. Martínez, B.W. Ebenhack: [Understanding the role of energy consumption in human development through the use of saturation phenomena](#) – Energy Policy, 36 (2008), pp. 1430-1435

⁷¹ ↪ J.K. Steinberger, J.T. Roberts: [From constraint to sufficiency: the decoupling of energy and carbon from human needs, 1975–2005](#) – Ecol. Econ., 70 (2010), pp. 425-433

⁷² ↪ V. Smil: Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties – MIT press, Boston (2005)

⁷³ ↪ N.D. Rao, J. Min, A. Mastrucci: [Energy requirements for decent living in India, Brazil and South Africa](#) – Nat. Energy, 4 (12) (2019), pp. 1025-1032

más marginales, saturando por encima de 100-150 GJ/cápita/año de energía primaria (Arto et al., 2016);⁷⁴ los países tienden a lograr altos resultados sociales con un menor uso de energía a lo largo del tiempo (Steinberger y Roberts, 2010,⁷⁵ Jorgenson et al., 2014);⁷⁶ el consumo de energía de los países con altos resultados sociales parece ser mayor cuando se adopta una perspectiva basada en el consumo, debido a la deslocalización de las industrias de alto consumo energético (Arto et al., 2016);⁷⁷ los niveles de democracia presentes parecen tener un efecto insignificante en la intensidad energética del bienestar (Mayer, 2017).⁷⁸

Los estudios que exploran la intensidad ecológica del bienestar a través de otros medios—por ejemplo, relacionando las emisiones de gases de efecto invernadero o la huella ecológica con el bienestar—ofrecen resultados consistentes y adicionales. De nuevo, la intensidad ecológica del bienestar parece estar disminuyendo con el tiempo (Jorgenson,

Aunque muchos países proporcionan buenos servicios básicos y logran algunos resultados sociales con bajas emisiones per cápita, es raro encontrar países que logren buenos resultados sociales en general con emisiones relativamente bajas... ninguno lo hace manteniéndose dentro de los límites planetarios de forma más amplia.

2014),⁷⁹ pero es mayor para los ingresos más altos (Jorgenson y Dietz, 2015,⁸⁰ Jorgenson y Givens, 2015).⁸¹ Además, la relación entre la desigualdad y las emisiones de carbono es compleja. Algunos sugieren que la desigualdad aumenta la intensidad de carbono del bienestar (Jorgenson, 2015),⁸² especialmente las desigualdades entre países (Rao y

Min, 2018b).⁸³ Otros sugieren que es probable que la reducción de la desigualdad dentro de los países aumente la huella de carbono total en los países de renta media-baja (Grunewald et al., 2017);⁸⁴ la relación opuesta puede existir en los países de renta alta (Hubacek et al., 2017),⁸⁵ pero aún no se conoce bien. Por último, aunque muchos países proporcionan buenos servicios básicos (por ejemplo, servicios de saneamiento generalizados) y logran algunos resultados sociales (esperanza de vida) con bajas emisiones per cápita (Lamb et al., 2014),⁸⁶ es raro encontrar países que logren buenos resultados sociales en general con emisiones relativamente bajas (Lamb, 2016).⁸⁷ En efecto, ninguno lo hace manteniéndose dentro de los límites planetarios de forma más amplia (O'Neill et al., 2018).⁸⁸

⁷⁴ ↪ I. Arto, I. Capellán-Pérez, R. Lago, G. Bueno, R. Bermejo: [The energy requirements of a developed world](#) – Energy Sustainable Dev., 33 (2016), pp. 1-13

⁷⁵ ↪ J.K. Steinberger, J.T. Roberts: [From constraint to sufficiency: the decoupling of energy and carbon from human needs, 1975–2005](#) – Ecol. Econ., 70 (2010), pp. 425-433

⁷⁶ ↪ A.K. Jorgenson, A. Alekseyko, V. Giedraitis: [Energy consumption, human well-being and economic development in central and eastern European nations: a cautionary tale of sustainability](#) – Energy Policy, 66 (2014), pp. 419-427

⁷⁷ ↪ I. Arto, I. Capellán-Pérez, R. Lago, G. Bueno, R. Bermejo: [The energy requirements of a developed world](#) – Energy Sustainable Dev., 33 (2016), pp. 1-13

⁷⁸ ↪ A. Mayer: [Democratic institutions and the energy intensity of well-being: a cross-national study](#) – Energy, Sustainability and Society, 7 (2017), p. 36

⁷⁹ ↪ A.K. Jorgenson: [Economic development and the carbon intensity of human well-being](#) – Nat. Clim. Change, 4 (2014), p. 186

⁸⁰ ↪ A.K. Jorgenson, T. Dietz: [Economic growth does not reduce the ecological intensity of human well-being](#) – Sustainability Sci., 10 (2015), pp. 149-156

⁸¹ ↪ A.K. Jorgenson, J. Givens: [The changing effect of economic development on the consumption-based carbon intensity of well-being, 1990–2008](#) PLoS ONE, 10 (2015), Article e0123920

⁸² ↪ A.K. Jorgenson: [Inequality and the carbon intensity of human well-being](#) – J. Environ. Stud. Sci., 5 (2015), pp. 277-282

⁸³ ↪ N.D. Rao, J. Min: [Less global inequality can improve climate outcomes](#) – Wiley Interdiscip. Rev.: Clim. Change, 9 (2018), Article e513

⁸⁴ ↪ N. Grunewald, S. Klasen, I. Martínez-Zarzoso, C. Muris: [The trade-off between income inequality and carbon dioxide emissions](#) – Ecol. Econ., 142 (2017), pp. 249-256

⁸⁵ ↪ K. Hubacek, G. Baiocchi, K. Feng, R. Muñoz Castillo, L. Sun, J. Xue: [Global carbon inequality](#) – Energy, Ecol. Environ., 2 (2017), pp. 361-369

⁸⁶ ↪ W.F. Lamb, J.K. Steinberger, A. Bows-Larkin, G.P. Peters, J.T. Roberts, F.R. Wood: [Transitions in pathways of human development and carbon emissions](#) – Environ. Res. Lett., 9 (2014), Article 014011

⁸⁷ ↪ W.F. Lamb: [Which countries avoid carbon-intensive development?](#) – J. Cleaner Prod., 131 (2016), pp. 523-533

⁸⁸ ↪ D.W. O'Neill, A.L. Fanning, W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [A good life for all within planetary boundaries](#) – Nat. Sustainability, 1 (2018), pp. 88-95

Sin embargo, el problema de los enfoques de arriba a abajo es que suponen que las relaciones entre los resultados sociales y los impactos ecológicos seguirán siendo, en líneas generales, similares a las existentes en la actualidad. La organización sociopolítica actual, los sistemas de aprovisionamiento económico y las distribuciones de riqueza e ingresos altamente desiguales que existen, influyen en la eficiencia con la que el uso de la energía y los recursos apoya

Lejos de cultivar el bienestar, el consumo suele estar impulsado por factores como el beneficio privado; las prácticas sociales intensivas y encerradas; el estrés relacionado con el empleo y la mala salud mental; el consumo conspicuo o de lujo; o simplemente el consumo excesivo en numerosas formas.

el bienestar humano; las ineficiencias del sistema tienden a integrarse en las conclusiones de los estudios de modelización de arriba a abajo. Sólo en contadas ocasiones los estudios analizan la reducción de las ineficiencias sociales que se derivan de un consumo que no satisface las necesidades humanas, o incluso inhibe la satisfacción de las mismas (Max-Neef, 1995,⁸⁹ Lamb y

Steinberger, 2017,⁹⁰ Jackson y Marks, 1999).⁹¹ Lejos de cultivar el bienestar, el consumo suele estar impulsado por factores como el beneficio privado; las prácticas sociales intensivas y encerradas; el estrés relacionado con el empleo y la mala salud mental; el consumo conspicuo o de lujo; o simplemente el consumo excesivo en numerosas formas (Gough, 2017).⁹²

En efecto, los estudios del lado de la demanda en general son escasos (Creutzig et al., 2018).⁹³ En cambio, es habitual que los investigadores se centren en el lado de la producción, analizando los beneficios ecológicos del aumento de la eficiencia tecnológica. A menudo se encuentran soluciones aparentemente positivas, pero las tendencias tecnológicas son notoriamente difíciles de predecir. La aparición de innovaciones que cambian las reglas del juego es difícil de predecir y, sobre todo, puede ir a favor o en contra de la sostenibilidad. Por ejemplo, a pesar de las constantes mejoras en la eficiencia de los motores, los aviones de pasajeros de la década de 2000 sólo eran tan eficientes como los de la década de 1950, debido a la invención de los motores a reacción en el ínterin y a la sustitución generalizada de los aviones de hélice (Peeters et al., 2005).⁹⁴

Los enfoques de abajo a arriba evitan en gran medida estas limitaciones. Funcionan compilando inventarios de consumo que incluyen todo lo que se considera esencial para que los seres humanos vivan bien, y estimando los impactos ecológicos de su suministro. Al construir estos modelos, se puede minimizar la influencia implícita de las configuraciones sociopolíticas actuales; si realmente se quiere estudiar, por ejemplo, la desigualdad o el consumo excesivo, hay que incorporarlos explícitamente. La otra cara de la moneda es que estos modelos tienden a subestimarse. Es más probable que los bienes o servicios esenciales se omitan que se cuenten dos veces, y que los impactos ecológicos de las cadenas de suministro se trunquen más que se alarguen incorrectamente (Fry et al., 2018).⁹⁵

⁸⁹ ↪ M. Max-Neef: [Economic growth and quality of life: a threshold hypothesis](#) – Ecol. Econ., 15 (1995), pp. 115-118

⁹⁰ ↪ W.F. Lamb, J.K. Steinberger: [Human well-being and climate change mitigation](#) – Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change, 8 (2017), Article e485

⁹¹ ↪ T. Jackson, N. Marks: [Consumption, sustainable welfare and human needs—with reference to UK expenditure patterns between 1954 and 1994](#) – Ecol. Econ., 28 (1999), pp. 421-441

⁹² ↪ I. Gough: [Recomposing consumption: defining necessities for sustainable and equitable well-being](#) – Philos. Trans. R. Soc. A, 375 (2017), p. 20160379

⁹³ ↪ F. Creutzig, J. Roy, W.F. Lamb, I.M.L. Azevedo, W. Bruine De Bruin, H. Dalkmann, O.Y. Edelenbosch, F.W. Geels, A. Grubler, C. Hepburn, E.G. Hertwich, R. Khosla, L. Mattauch, J.C. Minx, A. Ramakrishnan, N.D. Rao, J.K. Steinberger, M. Tavoni, D. Ürge-Vorsatz, E.U. Weber: Towards demand-side solutions for mitigating climate change – Nat. Clim. Change, 8 (2018), pp. 260-263

⁹⁴ ↪ P. Peeters, J. Middel, A. Hoolhorst: Fuel Efficiency of Commercial Aircraft: An Overview of Historical and Future Trends – National Aerospace Laboratory, the Netherlands (2005)

⁹⁵ ↪ J. Fry, M. Lenzen, Y. Jin, T. Wakiyama, T. Baynes, T. Wiedmann, A. Malik, G. Chen, Y. Wang, A. Geschke, H. Schandl: [Assessing carbon footprints of cities under limited information](#) – J. Cleaner Prod., 176 (2018), pp. 1254-1270

Una primera estimación ascendente fue realizada por Goldemberg et al. (1985).⁹⁶ Recopilaron un inventario de actividades en los sectores residencial (cocina, almacenamiento de alimentos, etc.), comercial (superficie), transporte (privado, público y de mercancías), manufactura (acero, cemento, etc.) y agrícola (alimentos). En conjunto, se sugirió que estos sectores satisfacían "las necesidades básicas y mucho más", por sólo 30 GJ/cap/año de consumo de energía final. Más recientemente, Rao et al. (2019)⁹⁷ estimaron que se necesitarían entre 12 y 24 GJ/cap del consumo final de energía anualmente para proporcionar niveles de vida materiales decentes en India, Brasil y Sudáfrica. Utilizaron un inventario similar al de Goldemberg et al., pero incluyeron las tecnologías modernas de comunicación e información, la educación, la atención sanitaria y el suministro de agua (entre otras cosas) y, además, realizaron estimaciones sólidas del uso indirecto de energía. Otra estimación reciente de Grubler et al. (2018)⁹⁸ ofreció valores para un escenario global de baja demanda de energía, que se encuentran dentro del rango de los anteriores. Estudios similares han examinado las emisiones de carbono (Mundaca et al., 2019,⁹⁹ Akenji et al., 2019).¹⁰⁰ Al adoptar aquí un enfoque ascendente, nuestro trabajo se basa en la tradición iniciada por Goldemberg et al.

Dos tipos de energía

Nuestra elección de considerar la energía final es novedosa pero esencial: la energía final refleja mejor las necesidades energéticas de la sociedad y la actividad económica (Alessio et al., 2020).¹⁰¹ La energía primaria supone una cartera de fuentes de energía existentes, cuyas pérdidas durante la conversión en energía final -por ejemplo, el carbón en electricidad o el petróleo en gasolina- se incluyen en el consumo total. Sin embargo, las fuentes de energía renovables, como la solar o la eólica, no tienen un equivalente de energía primaria, lo que significa que a menudo se hacen suposiciones arbitrarias al compararlas con los combustibles fósiles. Estas comparaciones engañosas pueden hacer que los combustibles fósiles parezcan superar a las energías renovables (Brockway et al., 2019).¹⁰² Estos problemas se evitan centrándose en la energía final.

Sin embargo, un debate sobre la energía final y la energía primaria conduce a otro punto importante, a saber, que la

Si la huella energética actual de un país es mayor de lo que estimamos que se requiere para un nivel de vida decente, esto no implica que se esté satisfaciendo un nivel de vida decente en toda la población.

energía final sigue siendo un medio para un fin, una etapa de la cascada energética (Kalt et al., 2019).¹⁰³ La energía final puede proporcionar servicios energéticos -como la calefacción o la movilidad- que a su vez proporcionan beneficios—como el confort y la

participación social—. Estos beneficios pueden entonces satisfacer diferentes aspectos del bienestar humano. Por lo

⁹⁶ ↪ J. Goldemberg, T.B. Johansson, K.N.R. Amulya, R.H. Williams: Basic needs and much more with one Kilowatt per Capita – *Ambio*, 14 (1985), pp. 190-200

⁹⁷ ↪ N.D. Rao, J. Min, A. Mastrucci: [Energy requirements for decent living in India, Brazil and South Africa](#) – *Nat. Energy*, 4 (12) (2019), pp. 1025-1032

⁹⁸ ↪ A. Grubler, C. Wilson, N. Bento, B. Boza-Kiss, V. Krey, D.L. Mccollum, N.D. Rao, K. Riahi, J. Rogelj, S. De Stercke, J. Cullen, S. Frank, O. Fricko, F. Guo, M. Gidden, P. Havlík, D. Huppmann, G. Kiesewetter, P. Rafaj, W. Schoepp, H. Valin: A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies – *Nat. Energy*, 3 (2018), pp. 515-527

⁹⁹ ↪ L. Mundaca, D. Ürge-Vorsatz, C. Wilson: Demand-side approaches for limiting global warming to 1.5 °C – *Energy Effic.*, 12 (2019), pp. 343-362

¹⁰⁰ ↪ L. Akenji, M. Lettenmeier, R. Koide, V. Toiviq, A. Amellina: 15-degree Lifestyles: Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints – Institute for Global Environmental Strategies (2019)

¹⁰¹ ↪ M. Alessio, M. Jihoon, U.-L. Arkaitz, R. Narishima: A framework for modelling consumption-based energy demand and emissions pathways – *Environ. Sci. Technol.*, 54 (2020), pp. 1799-1807

¹⁰² ↪ P.E. Brockway, A. Owen, L.I. Brand-Correa, L. Hardt: Estimation of global final-stage energy-return-on-investment for fossil fuels with comparison to renewable energy sources – *Nat. Energy*, 4 (2019), pp. 612-621

¹⁰³ ↪ G. Kalt, D. Wiedenhofer, C. Görg, H. Haberl: [Conceptualizing energy services: a review of energy and well-being along the Energy Service Cascade](#) – *Energy Res. Social Sci.*, 53 (2019), pp. 47-58

tanto, la energía final está más cerca que la energía primaria de los servicios que pueden satisfacer las necesidades básicas.

Esto nos lleva a nuestro último punto crucial: en los resultados aquí expuestos, si la huella energética actual de un país es mayor de lo que estimamos que se requiere para un nivel de vida decente, esto no implica que se esté satisfaciendo un nivel de vida decente en toda la población. La eficiencia con la que el uso final de la energía de cada país se transforma en servicios energéticos, la correspondencia de estos servicios con los beneficios que satisfacen las necesidades humanas y la distribución (desigual) de los beneficios entre la población son cuestiones que quedan fuera del alcance de nuestro trabajo, a pesar de su importancia.

Métodos y Datos

Enfoque

Nuestro enfoque de modelización de abajo a arriba consiste en combinar los niveles de actividad y las intensidades energéticas asociadas para cada necesidad material o servicio, y luego sumar todas las dimensiones del NVD para obtener estimaciones del consumo total de energía final. Los niveles de actividad son, por ejemplo, metros cuadrados de vivienda por persona, lúmenes de iluminación por hogar y día, kilogramos de ropa nueva por persona y año, litros de agua caliente por persona y día. Al derivar las intensidades energéticas en las mismas unidades, podemos realizar un simple escalado para obtener el uso de energía para cada dimensión de los NVD. Por ejemplo, disponemos de la intensidad energética directa de la calefacción y la refrigeración, así como de la energía incorporada a la construcción, ambas registradas en MJ/m² de superficie residencial; éstas pueden multiplicarse simplemente por los niveles de actividad de m²/persona para obtener las necesidades energéticas per cápita.

La obtención de los niveles de actividad y las intensidades energéticas adecuadas requiere la recopilación y asimilación de diversos datos, y en la [tabla 2](#) ofrecemos un resumen de alto nivel de nuestros valores. Para las intensidades energéticas, nos basamos en una amplia gama de datos procedentes, entre otras cosas, de la evaluación del ciclo de vida, el análisis de entrada y salida, la ecología industrial y los trabajos de ingeniería más avanzados para obtener valores representativos de las tecnologías más eficientes disponibles. Para los niveles de actividad, nuestro objetivo es determinar lo que es apropiado para la suficiencia, es decir, lo que el consumo es necesario para una vida decente, pero no más. Rao y Min (2018a)¹⁰⁴ sugieren primeras aproximaciones para cada categoría de NVD, pero estas no están pensadas para ser introducidas directamente en un modelo energético, ya que no siempre están en forma cuantitativa ni están adecuadamente afinadas cuando lo están. Por ello, realizamos varias modificaciones y añadimos más detalles cuando es necesario. Por ejemplo, Rao y Min ofrecen una estimación de las necesidades totales de movilidad por persona (7.000 km/año), pero debemos desglosarla en varios modos de transporte. También indican las necesidades de atención sanitaria y educación en términos de gasto mínimo y de médicos y profesores por cada 1.000 personas; a partir de ahí, determinamos la superficie de los hospitales y escuelas que necesita cada país y, a continuación, estimamos el uso de energía directa e incorporada de estos edificios y de todos los equipos y actividades relacionados. Otra suposición que hacemos es que el tamaño medio de los hogares es de cuatro personas en todos los países; esto alimenta los cálculos en los que los niveles de actividad se definen en relación con el número de hogares, por ejemplo, nuestra suposición de un ordenador portátil por hogar.

¹⁰⁴ ↪ N.D. Rao, J. Min: [Decent living standards: material prerequisites for human wellbeing](#) – Soc. Indic. Res., 138 (2018), pp. 225-244

Tabla 2. Inventario de los prerequisites del Nivel de Vida Decente (NVD) (Rao y Min, 2018a) junto con los niveles de actividad y las intensidades energéticas directas e indirectas de los productos, las cadenas de suministro y las infraestructuras. Las cifras se redondean y se presentan como rangos cuando hay variaciones entre países o subactividades (por ejemplo, diferentes modos de transporte). En la medida de lo posible, se incluyen aumentos porcentuales aproximados para los escenarios de alta demanda (AD) y de tecnología menos avanzada (TMA), pero éstos no siempre pueden resumirse en este formato de alto nivel. Los detalles completos se encuentran en el material complementario.

NVD dimensiones y servicios	Niveles de actividad		Intensidades de energía		
	Niveles por defecto	AD	Por defecto (directo)	Por defecto (indirecto)	TMA
Nutrición					
Alimentos	2000–2150 kcal/cap/day	15 %	–	3 KJ/kilocalorías	30 %
Utenislios de cocina	1 estufa/hogar	–	0.8 KJ/kilocalorías	1 GJ/utl+	50 %
Refrigeración	1 frigorífico/hogar	–	0.44 GJ/app+/año	4 GJ/utl+	–
Techo y condiciones de vida					
Tamaño de la familia	4 personas/hogar	-25 %	–	–	–
Espacio suficiente	15 metros ² espacio-piso/cap*	80 %	–	2–4 GJ/m ²	100 %
Comodidad termal	15 metros ² espacio-piso/cap*	80 %	20–60 MJ/m ² /año	–	300 %
Iluminación	2500 lm/hogar; 6 hrs/día	100 %	150 lm/W	14 MJ/hogar/año	–
Higiene					
Suministro de agua	50 Litros/cap/día	100 %	–	5–17 KJ/L	–
Calentador de agua	20 Litros/cap/día	100 %	96–220 KJ/L	–	50 %
Gestión del agua	<i>Provisto a todos los hogares**</i>	–	–	180 MJ/cap/año	200 %
Prendas de vestir					
Ropas	4 kg de ropa nueva/año	33 %	–	100 MJ/kg	–
Equipamiento de lavado	80 kg de lavado/año	33 %	2.4 MJ/kg	2 GJ/utl+	–
Hospitales	200 metros ² espacio-piso/cama	50 %	410–560 MJ/m ² /año	14–23 GJ/m ²	130 %
Escuelas	10 meters ² espacio-piso/alumno	50 %	100–130 MJ/m ² /año	4.5–7.5 GJ/m ²	150 %
Comunicación e información					
Teléfonos	1 teléfono/persona mayor de 10 años	–	28 MJ/teléfono/año	110 MJ/teléfono	30 %
Ordenadores	1 portátil/hogar	–	220 MJ/portátil/año	3 GJ/portátil	30 %
Redes y datos	<i>Alto**</i>	100 %	–	~0.4 GJ/cap/año	–
Movilidad					
Producción vehicular	<i>Consistente con los pkm recorridos**</i>	–	–	0.1–0.3 MJ/pkm	50 %
Propulsión vehicular	5000–15,000 pkm/cap/año	3–	0.2–1.9 MJ/pkm++	–	100 %
Infraestructura	<i>Consistente con los pkm recorridos**</i>	–	–	0.1–0.3 MJ/pkm	–

* Suponiendo 10 m² de espacio habitable/habitante más 20 m² de espacio comunal/casa; con este último dividido por cuatro, obtenemos 15 m²/habitante en total.

** Los niveles de actividad no son fáciles de definir.

+ "Utl" se refiere a "utensilio".

++ Largo alcance, ya que abarca diferentes modos (desde el transporte público hasta los vuelos de pasajeros).

Tanto para los niveles de actividad como para las intensidades energéticas, aplicamos variaciones regionales cuando es apropiado y tenemos datos suficientes para hacerlo. Por ejemplo, las necesidades diarias de alimentos varían con la edad, alcanzando su punto máximo a los veinte años, por lo que hacemos que las necesidades medias de alimentos per cápita de los países varíen con la composición de la edad. Del mismo modo, hacemos que las necesidades de espacio

educativo dependan de la fracción de la población de un país que tiene entre 5 y 19 años (pero hay que tener en cuenta que nuestras intensidades energéticas no se ven influidas por las variaciones en los niveles de actividad). Otros aspectos de nuestra modelización de la variación regional son especialmente novedosos:

- Para la movilidad, en lugar de utilizar un nivel de actividad fijo en todos los países, hacemos que los pasajeros-kilómetro/cápita sean una función de las densidades de población ajustadas, es decir, las densidades de población nacionales escaladas teniendo en cuenta qué fracción de tierra está poblada. De este modo, representan mejor las densidades que experimentan las personas. Las densidades ajustadas también alimentan nuestros cálculos de reparto de modos, que incluyen una (ambiciosa) combinación de transporte no motorizado, transporte público y un uso limitado del vehículo privado y el transporte aéreo.
- Para el confort térmico, la cantidad de superficie por persona es fija en todos los países. Sin embargo, para las intensidades energéticas, integramos (i) los datos que describen las necesidades energéticas directas por unidad de superficie, que varían en función del número de grados-día de refrigeración (GDR) y de calefacción (GDC) experimentados, con (ii) los datos nacionales, ponderados por la población, para GDC y GDR, y las previsiones de cómo pueden variar con el futuro cambio climático. Lo hacemos para edificios residenciales, de atención sanitaria y públicos.
- Para el suministro de agua, comenzamos con las intensidades energéticas actuales de la infraestructura de suministro de agua -los MJ necesarios por litro suministrado a los hogares- y estimamos la variabilidad regional teniendo en cuenta la actual escasez de agua. A continuación, utilizamos las previsiones de estrés hídrico inducido por el cambio climático y el crecimiento de la población para estimar cómo pueden cambiar estas intensidades de suministro de agua en diferentes países.

Como se ha mencionado, nuestro objetivo es considerar la situación teórica de una demanda radicalmente reducida y de las tecnologías más avanzadas. Los datos de estas últimas proceden de numerosas fuentes, pero a veces deben

Dentro del paradigma económico actual, existen serias barreras que requerirían importantes programas de transferencia tecnológica desde el Norte Global. Además, son bien conocidos los injustos impactos distributivos que acompañan al despliegue de soluciones ecológicas de alta tecnología. Los coches híbridos y las tecnologías solares en los tejados suelen ser sólo accesibles para los ciudadanos más ricos, que son, por tanto, los que se benefician de las exenciones fiscales y las subvenciones asociadas.

modificarse para que sean coherentes con los niveles de actividad. Por ejemplo, para la intensidad energética del transporte privado, comenzamos con las intensidades energéticas de los vehículos muy avanzados, basadas en lo que Cullen et al. (2011)¹⁰⁵ sugieren que es prácticamente alcanzable a largo plazo. Sin embargo, luego retrocedemos ligeramente sobre estos supuestos para tener en cuenta los vehículos más grandes necesarios para lograr las altas tasas de ocupación que suponemos. Nótese que "alcanzable" se refiere aquí a consideraciones de ingeniería; no decimos nada de la

asequibilidad de tales tecnologías y, dentro del paradigma económico actual, existen serias barreras que requerirían importantes programas de transferencia tecnológica desde el Norte Global (entre otras muchas cosas). Además, son bien conocidos los injustos impactos distributivos que acompañan al despliegue de soluciones ecológicas de alta tecnología.

¹⁰⁵ ↪ J.M. Cullen, J.M. Allwood, E.H. Borgstein: [Reducing energy demand: what are the practical limits?](#) – Environ. Sci. Technol., 45 (2011), pp. 1711-1718

Por ejemplo, los coches híbridos y las tecnologías solares en los tejados suelen ser sólo accesibles para los ciudadanos más ricos, que son, por tanto, los que se benefician de las exenciones fiscales y las subvenciones asociadas.

Al presentar los resultados, mostramos, a modo de comparación, las estimaciones recientemente publicadas sobre el consumo final de energía en 2011, derivadas de los datos de entrada-salida del Proyecto de Análisis del Comercio Mundial (GTAP), para 119 países (Oswald et al., 2020).¹⁰⁶ Esto da una indicación del uso actual de la energía en comparación con el mínimo que nuestro modelo sugiere que es posible mientras se sigue proporcionando una vida digna, pero hay que señalar de nuevo el descargo de responsabilidad dado en la sección [“Dos tipos de energía”](#).

Esquemas de las infraestructuras

Es necesario aclarar cómo incorporamos las infraestructuras a largo plazo. Nuestra suposición de tecnologías de vanguardia plantea la cuestión de cómo contabilizar las infraestructuras actualmente construidas que tienen una vida útil que se extiende más allá de 2050, y cuándo dichas infraestructuras deben ser sustituidas prematuramente por otras más eficientes. La vivienda es un ejemplo destacado. Gran parte de las viviendas actuales tienen una vida útil que va más allá de 2050, por lo que es más probable la readaptación que la sustitución por edificios nuevos avanzados, a pesar de que estos últimos tienen menores necesidades energéticas directas. Sin embargo, estimar qué fracción de las viviendas de cada país sería más apropiada para la retroadaptación que para la reconstrucción sería una tarea enorme; para ello habría que estimar la vida útil restante de los edificios y aplicarles un umbral temporal para determinar cuándo, desde la perspectiva del ciclo de vida completo, es más apropiada la retroadaptación, y prever todo ello para 2050. Así pues, suponemos que el parque inmobiliario mundial se sustituye por completo mediante un despliegue mundial de nuevos edificios avanzados con requisitos energéticos de calefacción y refrigeración muy bajos, y hacemos el mismo supuesto para otros edificios (educativos, de atención sanitaria y comerciales). Esto implica la sustitución prematura de una cantidad significativa de infraestructuras, lo que podría considerarse poco realista. Sin embargo, contabilizamos toda la energía incorporada en estas nuevas infraestructuras, distribuyéndola a lo largo de la vida útil de los edificios (nótese también que contabilizamos la energía relativa a la iluminación y los aparatos por separado). Y más adelante mostramos que, si hubiéramos asumido las adaptaciones avanzadas, los resultados cambiarían sólo de forma insignificante. Nuestros resultados ofrecen, por tanto, una imagen de estado estable del futuro consumo de energía para 2050 en un mundo en el que las tecnologías avanzadas están totalmente desplegadas y se sustituyen cuando es necesario. Sigue existiendo la consternación de que, si todo el parque inmobiliario mundial se sustituyera de alguna manera en un periodo de dos o tres años, se produciría un enorme pico en el uso de energía y en las emisiones de carbono. Sin embargo, esta dinámica temporal está fuera de nuestro alcance actual.

Para demostrar la diferencia entre las viviendas nuevas y las rehabilitadas, es útil hacer un cálculo aproximado. Con el pleno despliegue de los edificios avanzados, calculamos que el uso anual global de energía para el confort térmico en los edificios residenciales es de ~5 EJ, lo que equivale a la energía indirecta utilizada en su construcción. Los datos de GBPN (2012)¹⁰⁷ sugieren que el uso directo de energía para el confort térmico en los edificios avanzados readaptados es ~40% mayor que en los edificios nuevos avanzados que suponemos. Por lo tanto, la rehabilitación supondría un aumento de ~2 EJ de energía directa al año, pero si también se redujera el uso de energía indirecta en la construcción en, digamos, un 80%, esto supondría ~4 EJ menos de energía indirecta, una disminución neta de ~2 EJ. Esto equivale a

¹⁰⁶ ↪ Y. Oswald, A. Owen, J. Steinberger: [Large inequality in international and intranational energy footprints between income groups and across consumption categories](#) – Nat. Energy, 5 (2020), pp. 231-239

¹⁰⁷ ↪ GBPN: Tool for Building Energy Performance Scenarios. Centre for Climate Change and Sustainable Energy Policy (3CSEP) – Central European University (2012)

una reducción de <2% en el uso total de energía a nivel mundial, lo que implica que los efectos de asumir nuevas construcciones avanzadas en lugar de adaptaciones avanzadas son insignificantes.

Escenarios

Nos interesa sobre todo nuestro escenario de menor consumo energético (Energía de Vida Digna; EVD), pero también consideramos otros tres: uno con una demanda mayor (pero aún relativamente baja) (Alta Demanda; AD), otro sin la misma ambición tecnológica (Tecnología Menos Avanzada; TMA) y otro con estos supuestos de retroceso combinados (AD-TMA). Hemos elegido cuidadosamente nuestra redacción: todos estos escenarios, incluido el AD-TMA, pueden considerarse ambiciosos.

En la [tabla 2](#) se indican los porcentajes de aumento de los niveles de actividad y de las intensidades energéticas en las dimensiones de los NVD en los escenarios, pero hay que subrayar que sólo son indicativos, ya que los cambios no se pueden resumir fácilmente a este alto nivel. Por ejemplo, uno de los aspectos del escenario AD es la disminución del tamaño medio de los hogares (de 4 a 3 personas), lo que repercute en numerosos sectores de consumo: niveles de posesión de aparatos y ordenadores, superficie residencial y, por tanto, energía relacionada con el confort térmico, la iluminación y la construcción. En otros casos, el modelo se modifica a un nivel relativamente bajo de múltiples maneras, que se combinan para afectar a un aspecto del NVD. Por ejemplo, en el escenario AD, aumentamos el consumo de productos animales y la cantidad de residuos alimentarios generados, lo que modifica conjuntamente el aporte energético por kilocaloría de alimento consumido. Los detalles completos se encuentran en los Materiales Suplementarios (sólo en inglés).

Resultados

Uso global de la energía para una vida digna

Cuando comparamos el consumo actual de energía final en los 119 países del GTAP con nuestras estimaciones de energía final para una vida digna (EVD), comprobamos que la gran mayoría (~100) de los países tienen superávit ([Fig. 1](#)). Todos los países deficitarios tienen un PIB/cápita inferior a 6.000 dólares PPC. El rango de umbrales de EVD es pequeño, entre 13 y 18,4 GJ/cap/año de consumo final de energía en los 119 países, mientras que el consumo actual oscila entre menos de 5 GJ/cap/año y más de 200 GJ/cap/año, un nivel de desigualdad que refleja las presiones medioambientales en general (Teixido-Figueras et al., 2016).¹⁰⁸ El consumo actual aumenta con el PIB, mientras que la EVD (como es lógico) no guarda ninguna relación, sino que viene determinada por factores climáticos y demográficos (grados-día de calefacción y refrigeración, perfiles de edad, densidad

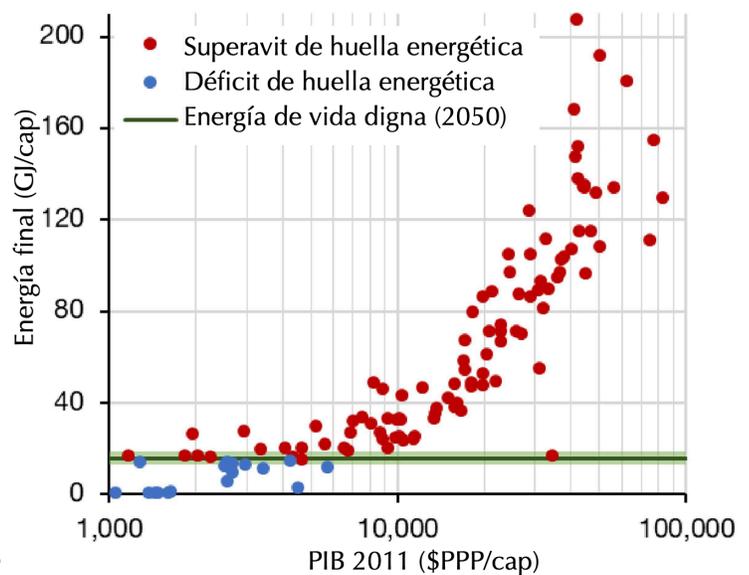


Fig. 1. Consumo de energía final para 119 países de la base de datos del GTAP calculado mediante el análisis de entrada-salida, para 2011. Para los mismos países, se muestran las estimaciones de energía viva digna. Visualmente, hay poca variación: Las estimaciones de EVD se encuentran todas dentro de la estrecha banda verde, donde la línea oscura es la media global. Obsérvese la escala logarítmica sólo en el eje x.

¹⁰⁸ ↪ J. Teixido-Figueras, J. Steinberger, F. Krausmann, H. Haberl, T. Wiedmann, G. Peters, J. Duro, T. Kastner: [International inequality of environmental pressures: decomposition and comparative analysis](#) – Ecol. Ind., 62 (2016), pp. 163-173

Nuestras estimaciones de EVD son notablemente bajas... Esto es más de un 60 % inferior al consumo actual (a pesar de que la población de 2050 es un ~30 % mayor que la actual); un 75 % por debajo de la estimación de las políticas declaradas de la Agencia Internacional de la Energía para 2050 y un 60 % por debajo de su Escenario de Desarrollo Sostenible más ambicioso.

de población, etc.). Más concretamente, las variaciones regionales en los niveles de actividad (sobre todo los niveles de movilidad) y las intensidades energéticas (sobre todo el confort térmico y el calentamiento del agua en los edificios residenciales) contribuyen de forma más o menos equitativa al rango general de nuestros valores de EVD. Cuando el PIB/cápita es superior a 15.000 dólares, el consumo actual de energía es entre 2 y 15 veces mayor que la EVD. Sin embargo, nótese de nuevo que esto no implica que en estos

lugares se esté proporcionando un nivel de vida decente a todo el mundo.

En comparación con otros estudios que estiman la futura demanda de energía final, nuestras estimaciones de EVD son

Ninguno de estos estudios intenta, como sí hacemos nosotros, minimizar el uso de la energía sin sacrificar una vida digna. El Escenario de Desarrollo Sostenible de la AIE se centra en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU pero la AIE no considera la posibilidad de limitar el uso de energía de los consumidores más ricos del mundo... por lo que su consumo final de energía en 2050 duplica el nuestro y deja sin control el Objetivo de reducir la desigualdad.

notablemente bajas, con un consumo mundial de energía final de 149 EJ en 2050 (Fig. 2; o 15,3 GJ/cap/año). Esto es más de un 60 % inferior al consumo actual (a pesar de que la población de 2050 es un ~30 % mayor que la actual); un 75 % por debajo de la estimación de las políticas declaradas de la Agencia Internacional de la Energía para 2050—la trayectoria prevista si se cumplen y mantienen los compromisos actuales—y un 60 % por debajo de su Escenario de Desarrollo Sostenible más ambicioso (AIE, 2019b);¹⁰⁹ y alrededor de un 40 % inferior al consumo de 2050 en el escenario de baja demanda energética de

Grubler et al. (2018) (245 EJ).¹¹⁰

Sin embargo, hay que tener en cuenta que ninguno de estos estudios intenta, como sí hacemos nosotros, minimizar el uso de la energía sin sacrificar una vida digna. En el Escenario de Desarrollo Sostenible de la AIE, por ejemplo, la atención se centra en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas mediante el aumento de cosas como el acceso a la electricidad y la disponibilidad de estufas limpias para cocinar al 100%, a nivel mundial; esto pone efectivamente un piso en el consumo, pero la AIE no considera la posibilidad de limitar el uso de energía de los consumidores más ricos del mundo. Esta es una de las principales

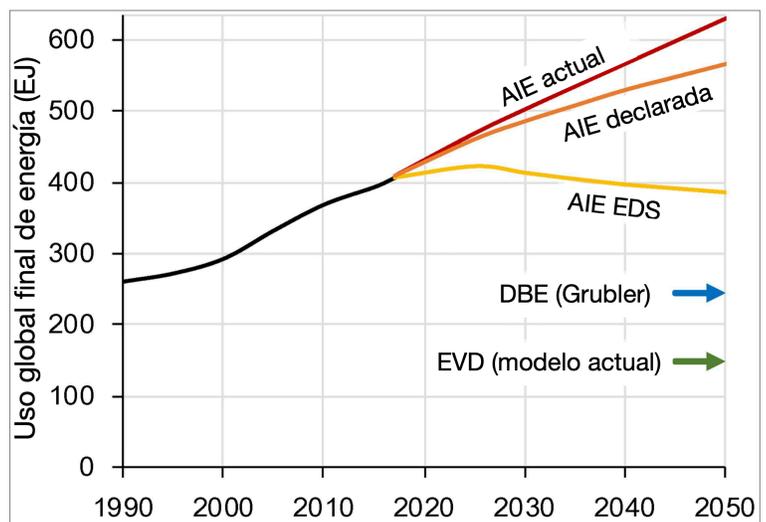


Fig. 2. Consumo mundial de energía final, incluyendo: datos históricos y proyecciones de los escenarios de Políticas Actuales, Políticas Declaradas y Desarrollo Sostenible (EDS) de la AIE; la estimación de Baja Demanda Energética de Grubler et al. para 2050; y la estimación actual de EVD para 2050.

¹⁰⁹ ↪ IEA Key World Energy Statistics 2019: OECD/IEA, Paris, France (2019)

¹¹⁰ ↪ A. Grubler, C. Wilson, N. Bento, B. Boza-Kiss, V. Krey, D.L. Mccollum, N.D. Rao, K. Riahi, J. Rogelj, S. De Stercke, J. Cullen, S. Frank, O. Fricko, F. Guo, M. Gidden, P. Havlík, D. Huppmann, G. Kiesewetter, P. Rafaj, W. Schoepp, H. Valin: [A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies](#) – Nat. Energy, 3 (2018), pp. 515-527

razones por las que su consumo final de energía en 2050 duplica el nuestro y, por cierto, deja sin control el 10° Objetivo de Desarrollo Sostenible de reducir la desigualdad.

Uso de la energía en el sector de la vida digna

A nivel mundial, los principales contribuyentes a la EVD son la nutrición y la movilidad, con unos 3 GJ/cap/año cada uno (Fig. 3). La nutrición en sí misma se compone principalmente de la producción y el suministro de alimentos (no incluimos la energía contenida en los propios alimentos), y sólo 0,5 GJ/cap/año se destinan a la cocina y el almacenamiento en frío. En cuanto a la energía relacionada con la movilidad, el 70% se destina a la manufactura y a la alimentación de los vehículos, y el 30% restante a la producción de infraestructuras de redes de transporte (por ejemplo, ferrocarriles, carreteras). La vivienda y las condiciones de vida, la atención sanitaria y la higiene contribuyen con unos 1,5 GJ/cap/año cada una, a nivel mundial. En el caso de la primera, las contribuciones de la construcción de casas y el confort térmico son aproximadamente iguales, mientras que la energía utilizada para la iluminación es comparativamente insignificante. La atención sanitaria incluye la construcción y los servicios prestados por los hospitales, junto con actividades más amplias como la medicación y el transporte de emergencia. En cuanto a la higiene, predomina el calentamiento del agua en los hogares, con 1 GJ/cap/año, y los 0,5 GJ/cap/año restantes se reparten a partes iguales entre el suministro de agua en los hogares y la gestión de residuos (es decir, toda la energía utilizada por estos sectores, incluida la construcción de infraestructuras).

El uso de energía asociado a la confección (tanto la producción como el lavado de ropa), la educación (la construcción y la energía utilizada por las escuelas) y la comunicación e información (teléfonos, ordenadores portátiles y la infraestructura necesaria para las redes y el funcionamiento de los centros de datos) alcanza una media global de casi 2 GJ/cap/año. Los 3 GJ/cap/año restantes (mostrados como otros) están asociados a la infraestructura de suministro de energía y a las actividades de venta al por menor y de transporte de mercancías, que no se han asignado a categorías de consumo.

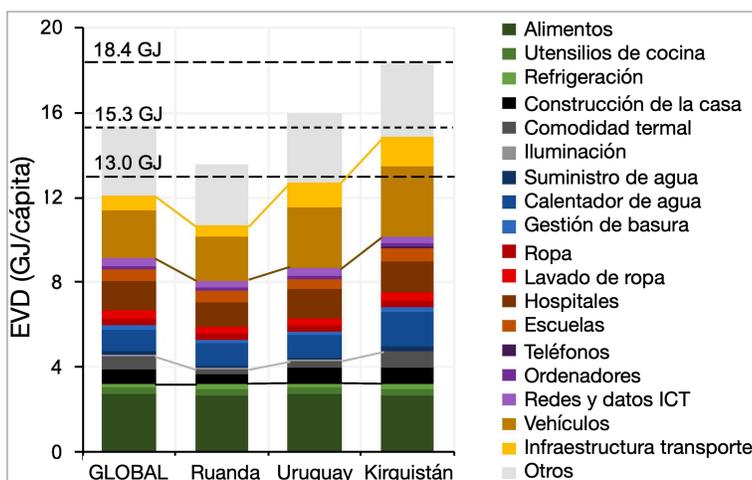


Fig. 3. Energía vital decente per cápita (en energía final), desglosada en las categorías y subcategorías de consumo detalladas en la Tabla 1. Nuestra media mundial se muestra junto a los datos de Ruanda, Uruguay y Kirguistán. También se muestran las líneas discontinuas que indican nuestra media mundial, el mínimo y el máximo (15,3, 13,0 y 18,4 GJ/cap/año, respectivamente).

Los desgloses sectoriales de la EVD también se muestran para Ruanda, donde la especificidad regional de nuestro modelo estima unos requisitos de movilidad y confort térmico bajos; Uruguay, donde los requisitos de movilidad son altos y los de confort térmico medios; y Kirguistán, donde tanto los requisitos de movilidad como los de confort térmico son altos. En consecuencia, el umbral de EVD para Ruanda se estima en 13,5 GJ/cap/año, para Uruguay en 16 GJ/cap/año y para Kirguistán en 18,4 GJ/cap/año. Además de la movilidad y el confort térmico, las variaciones entre países se deben a factores como las estructuras de edad de la población, que afectan a las necesidades educativas y a la ingesta de alimentos; la supuesta disponibilidad de materiales de construcción de bajo consumo energético (por ejemplo, la madera como alternativa al acero); y la intensidad energética del suministro de agua, que suponemos depende de la escasez (o abundancia) del suministro local. Sin embargo, la influencia de estos factores es generalmente pequeña o insignificante en general.

Escenarios de mayor uso de la energía

Por último, examinamos el impacto de reducir las ambiciones asumidas en el cálculo de nuestros umbrales EVD (Fig. 4) a niveles que siguen siendo relativamente ambiciosos, pero menos que el caso EVD. En el escenario de mayor demanda, el uso de la energía se dispara en un 40% - de ~15 GJ/cap a ~24 GJ/cap - debido a la relajación de varios supuestos de EVD. Esto incluye, entre otras cosas, una disminución del tamaño medio de los hogares (de 4 a 3); un mayor consumo de agua y alimentos de origen animal; más residuos alimentarios; una mayor superficie per cápita en todos los tipos de edificios; un aumento de los vuelos, así como un cambio en la movilidad desde el transporte público y activo hacia los vehículos privados; una disminución de la vida útil de la ropa; y un aumento de la actividad de la red de ICT (internet). El sector de consumo que experimenta el mayor incremento es el de la nutrición, debido en gran medida al aumento de los residuos y del consumo de productos animales (a pesar de que estos últimos siguen contribuyendo en un porcentaje inferior al 20% a la ingesta de alimentos en términos de kcal). En términos relativos, el uso de energía asociado a todas las demás categorías también aumenta de forma significativa, normalmente entre un 50 y un 100%, aunque el aumento de la energía relacionada con la movilidad es ligeramente inferior, de un ~30%.

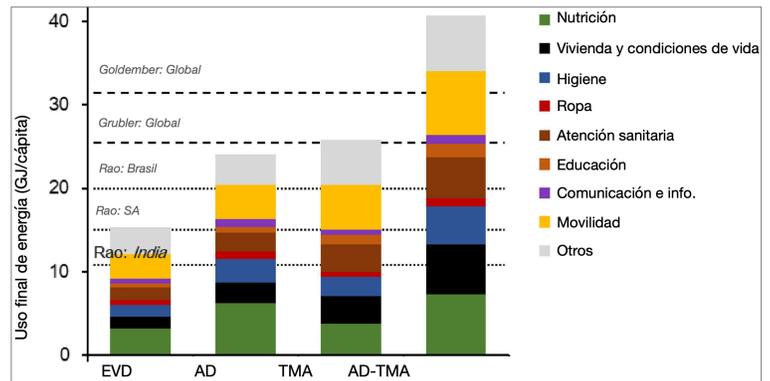


Fig. 4. Promedio mundial de energía de vida digna per cápita en 2050 y tres escenarios con ambición de reducción, es decir, Alta demanda (AD), tecnologías menos avanzadas (TMA), y alta demanda y tecnologías menos avanzadas juntas (AD-TMA). También se muestran los umbrales de uso de energía de otros escenarios, como se describe en el texto. Nota, SA = Sudáfrica.

En el escenario de tecnología menos avanzada, el promedio global de uso de energía aumenta una cantidad similar por encima del caso EVD, esta vez hasta 26 GJ/cap (Fig. 4). Esto se debe a nuestro aumento de la intensidad energética en varias partes del modelo, por ejemplo, para la energía relacionada con el uso y la construcción de todo tipo de edificios; los sistemas de calentamiento de agua de los hogares; las cadenas de suministro de alimentos y las instalaciones de procesamiento; el uso directo de energía de los vehículos y la necesaria para la producción de vehículos e infraestructuras de transporte; y para la intensidad energética de la producción de infraestructuras de energía renovable. Los sectores que más contribuyen a este aumento por encima de los niveles EVD son la movilidad, los edificios residenciales y la atención sanitaria. Los aumentos en otros sectores son menos significativos en términos absolutos.

Cuando los supuestos de los escenarios AD y TMA se aplican juntos en una sola ejecución del modelo (AD-TMA), el uso de energía promedio a nivel mundial aumenta a ~40 GJ/cap, superando así los 32 GJ/cap calculados por Goldemberg et al. (1985).¹¹¹ Sin embargo, incluso este escenario de retroceso da algo menos de 400 EJ de uso de energía final a nivel mundial en 2050, lo que equivale al Escenario de Desarrollo Sostenible de la AIE (Fig. 2).

Obsérvese que los resultados de estos escenarios son similares a los de la prueba de sensibilidad que presentamos en los Materiales Complementarios. En este caso, la alteración de nuestros supuestos a nivel de actividad -aumentando la superficie de los edificios residenciales y públicos (en un 100% y un 50%, respectivamente), el consumo de productos animales y los niveles generales de movilidad (en un 50%), al tiempo que se reduce la proporción del transporte público, etc. - deja a la EVD en torno al mismo nivel que el escenario AD. Del mismo modo, la perturbación de

¹¹¹ ↪ J. Goldemberg, T.B. Johansson, K.N.R. Amulya, R.H. Williams: Basic needs and much more with one Kilowatt per Capita – Ambio, 14 (1985), pp. 190-200

nuestros supuestos de intensidad eleva la EVD a un nivel similar al del escenario TMA. Remitimos al lector a los materiales complementarios para obtener información sobre la sensibilidad a los parámetros individuales.

Discusión y Conclusiones

¿Qué se puede extraer de estos resultados? En primer lugar, podemos reiterar lo que han sugerido otros innumerables

Las viviendas de alta calidad y bajo consumo energético, el transporte público generalizado y las dietas bajas en alimentos de origen animal son cuestiones de importancia global para las ambiciones de sostenibilidad.

autores: las viviendas de alta calidad y bajo consumo energético, el transporte público generalizado y las dietas bajas en alimentos de origen animal son cuestiones de importancia global para las ambiciones de sostenibilidad. En otras palabras, las soluciones de apoyo a la demanda son una parte esencial para mantenerse dentro de los límites planetarios (Creutzig et al., 2018).¹¹² Sin

embargo, la perspectiva del presente trabajo es global, de gran alcance, y se centra exclusivamente en el consumo de energía final. Por lo tanto, los resultados tienen una utilidad limitada para orientar las acciones locales y nacionales específicas para reducir los impactos ecológicos de manera eficaz y holística. En consecuencia, sería valioso realizar

Para evitar un colapso ecológico catastrófico, está claro que deben producirse transformaciones sociales drásticas y desafiantes a todos los niveles, desde el individual hasta el institucional, y desde la oferta hasta la demanda... el presente trabajo ofrece una respuesta a la tópica objeción populista de que los ecologistas proponen que volvamos a vivir en cuevas. Irónicamente, la respuesta es, a grandes rasgos, "Sí, quizás, pero estas cuevas tienen instalaciones muy eficientes [para todo]."

más trabajos aplicando la modelización de abajo a arriba a contextos locales específicos—siguiendo a Rao et al. (2019)¹¹³—. Para sugerir dónde se puede reducir el consumo de manera más eficaz, sería entonces útil tomar los datos actuales de consumo de energía y distinguir, en la medida de lo posible, el consumo de lujo, el despilfarro y el consumo basado en la suficiencia (Gough, 2017,¹¹⁴ Shue, 1993¹¹⁵) - desagregando este último en categorías de consumo basadas en las necesidades, y considerando las compensaciones y sinergias entre las dimensiones de la

sostenibilidad social y ecológica.

Lo que sí ofrece el trabajo actual son respuestas a cuestiones más amplias. Para evitar un colapso ecológico catastrófico, está claro que deben producirse transformaciones sociales drásticas y desafiantes a todos los niveles, desde el individual hasta el institucional, y desde la oferta hasta la demanda. Desde el punto de vista del uso de la energía, los trabajos actuales sugieren que la superación de estos retos no excluye, en teoría, la extensión de un nivel de vida digno, de forma universal, a una población de ~10 mil millones. Una vida digna es, por supuesto, un concepto subjetivo en el discurso público. Sin embargo, el presente trabajo ofrece una respuesta a la tópica objeción populista de que los ecologistas proponen que volvamos a vivir en cuevas. Irónicamente, la respuesta es, a grandes rasgos, "Sí, quizás, pero estas cuevas tienen instalaciones muy eficientes para cocinar, almacenar alimentos y lavar la ropa; iluminación de bajo consumo en todo el lugar; 50 L de agua limpia suministrada al día por persona, con 15 L calentados a una temperatura

¹¹² ↪ F. Creutzig, J. Roy, W.F. Lamb, I.M.L. Azevedo, W. Bruine De Bruin, H. Dalkmann, O.Y. Edelenbosch, F.W. Geels, A. Grubler, C. Hepburn, E.G. Hertwich, R. Khosla, L. Mattauch, J.C. Minx, A. Ramakrishnan, N.D. Rao, J.K. Steinberger, M. Tavoni, D. Ürge-Vorsatz, E.U. Weber: [Towards demand-side solutions for mitigating climate change](#) – Nat. Clim. Change, 8 (2018), pp. 260-263

¹¹³ ↪ N.D. Rao, J. Min, A. Mastrucci: [Energy requirements for decent living in India, Brazil and South Africa](#) – Nat. Energy, 4 (12) (2019), pp. 1025-1032

¹¹⁴ ↪ I. Gough: [Recomposing consumption: defining necessities for sustainable and equitable well-being](#) – Philos. Trans. R. Soc. A, 375 (2017), p. 20160379

¹¹⁵ ↪ H. Shue: [Subsistence emissions and luxury emissions](#) – Law Policy, 15 (1993), pp. 39-60

Las propuestas incrementalistas en la línea del crecimiento verde y el consumismo verde son inadecuadas. Los ideales de suficiencia, umbrales materiales e igualdad económica que sustentan el presente modelo son incompatibles con las normas económicas del presente.

de baño confortable; mantienen una temperatura del aire de unos 20 °C durante todo el año, independientemente de la geografía; disponen de un ordenador con acceso a las redes mundiales de ICT; están conectadas a amplias redes de transporte que proporcionan entre 5.000 y 15.000 km de movilidad por persona al año a través de diversos medios; y también están atendidas por cuevas bastante más grandes en las

que se ofrece atención sanitaria universal y otras que ofrecen educación para todos los que tienen entre 5 y 19 años.¹¹⁶ Y al mismo tiempo, es posible que se reduzca sustancialmente la cantidad de vida de las personas que deben pasar trabajando.

Sin embargo, el trabajo actual ha evitado por completo la cuestión más difícil: ¿cómo podríamos pasar de la actual situación mundial de grandes desigualdades, exceso y uso ineficiente de la energía a otra en la que se proporcionen niveles de vida decentes de forma universal y eficiente (Pirgmaier, 2020)?¹¹⁶

*El presente trabajo tiene poco que decir aquí en cuanto a los detalles, pero hay algunas cosas que se pueden decir con más certeza. Aunque el progreso tecnológico y el cambio a nivel individual son partes esenciales de una solución al colapso ecológico, **las propuestas incrementalistas en la línea del crecimiento verde y el consumismo verde son inadecuadas** (Bailey et al., 2011,¹¹⁷ Webb, 2012¹¹⁸). **Los ideales de suficiencia, umbrales materiales e igualdad económica que sustentan el presente modelo son incompatibles con las normas económicas del presente, donde el desempleo y las grandes desigualdades son requisitos sistemáticos, el despilfarro se considera a menudo económicamente eficiente** (debido a la protección de la marca, la obsolescencia planificada, etc.) **y la búsqueda indefinida del crecimiento económico es necesaria para la estabilidad política y económica.***

No hay que subestimar los retos que supone cambiar esta trayectoria (Semieniuk y Yakovenko, 2020).¹¹⁹ En el Norte Global, las tendencias hacia niveles de consumo de suficiencia que existen—como las Ciudades en Transición y el movimiento minimalista—son notoriamente de clase media y blanca, y son la excepción más que la norma (Aiken, 2012).¹²⁰ En el Sur Global, el consumo de las clases altas ha saltado mucho más allá de los niveles de suficiencia, mientras que cientos de millones de personas permanecen en la pobreza. Esto deja preguntas cruciales para que los futuros

¿Qué tipo de economía política podría crear un mundo con un bajo rendimiento y un alto nivel de vida, así como con los niveles de igualdad necesarios para lograrlo? ¿Qué tipo de cultura aceptaría y apoyaría las políticas e instituciones necesarias? ¿Dónde están los posibles puntos de apoyo para avanzar hacia esos cambios?

investigadores las aborden: ¿Qué tipo de economía política podría crear un mundo con un bajo rendimiento y un alto nivel de vida, así como con los niveles de igualdad necesarios para lograrlo? ¿Qué tipo de cultura aceptaría y apoyaría

¹¹⁶ ↪ Pirgmaier, E. 2020. Consumption corridors, capitalism and social change. [Forthcoming].

¹¹⁷ ↪ I. Bailey, A. Gouldson, P. Newell: [Ecological modernisation and the governance of carbon: a critical analysis](#) – Antipode, 43 (2011), pp. 682-703

¹¹⁸ ↪ J. Webb: [Climate change and society: the chimera of behaviour change technologies](#) – Sociology, 46 (2012), pp. 109-125

¹¹⁹ ↪ G. Semieniuk, V.M. Yakovenko: [Historical evolution of global inequality in carbon emissions and footprints versus redistributive scenarios](#) – J. Cleaner Prod., 264 (2020), Article 121420

¹²⁰ ↪ G. Aiken: [Community transitions to low carbon futures in the Transition Towns Network \(TTN\)](#) – Geogr. Compass, 6 (2012), pp. 89-99

las políticas e instituciones necesarias? ¿Dónde están, desde el nivel individual hasta el institucional, los posibles puntos de apoyo para avanzar hacia esos cambios (Pirgmaier, 2020,¹²¹ Brand-Correa et al., 2020)?¹²²

Todo esto sin mencionar que la provisión de los niveles de vida materiales que hemos considerado no garantiza que toda persona tenga una buena vida. Hay muchos otros factores que pueden afectar negativa e inevitablemente a la salud física y mental; como han señalado los filósofos durante milenios -desde Buda y más allá-, incluso cuando el nivel de vida material es alto, el bienestar humano puede ser esquivo.

Sin embargo, para terminar de forma más positiva, una comparación de nuestra estimación de la energía necesaria para

Los cambios económicos y sociopolíticos necesarios para abordar la magnitud de los actuales desafíos ecológicos son enormes, mientras que las soluciones tecnológicas ya existen. Lo que añadimos es que los sacrificios materiales son, en teoría, mucho menores de lo que implican muchos relatos populares.

una vida decente con las proyecciones de la energía suministrada por fuentes no fósiles ofrece motivos para el optimismo. Actualmente, solo el 17% del consumo mundial de energía final procede de fuentes no fósiles (AIE, 2019a)..¹²³ Pero en términos absolutos esto supone casi 70 EJ, y por tanto casi el 50% de nuestra estimación DLE para 2050 de 149 EJ. En efecto, para 2050, incluso en el escenario de políticas declaradas de la AIE, ~130 EJ de energía final son proporcionados por fuentes no

fósiles, muy cerca del requisito EVD de 149 EJ. El hecho de que las fuentes de energía no fósiles puedan satisfacer nuestras necesidades de EVD, incluso en el caso de que todo siga igual, es muy significativo.

En general, el presente trabajo es coherente con los argumentos de larga data de que los cambios económicos y sociopolíticos necesarios para abordar la magnitud de los actuales desafíos ecológicos son enormes, mientras que las soluciones tecnológicas ya existen. Lo que añadimos es que los sacrificios materiales son, en teoría, mucho menores de lo que implican muchos relatos populares. Y muy al contrario, para los cerca de 4 mil millones de personas que actualmente viven en la pobreza (es decir, con menos de 7,40 dólares PPC al día), para quienes la vida podría, posiblemente, mejorar sustancialmente.

Apéndice A. Datos complementarios:

Los siguientes son los datos complementarios de este artículo: [Descargar documento Word](#) (265KB) (sólo en inglés).

¹²¹ ↪ Pirgmaier, E. 2020. Consumption corridors, capitalism and social change. [Forthcoming].

¹²² ↪ L. Brand-Correa, G. Mattioli, W. Lamb, J. Steinberger: Understanding and tackling the escalating energy requirements of need satisfaction Sustainability: Sci., Pract. Policy (2020) [in press]

¹²³ ↪ IEA: World Energy Outlook 2019 – OECD/IEA, Paris (2019)

Vínculos relacionados:

- La Alianza Global Jus Semper
- Álvaro de Regil Castilla: [Los Delirios Fraudulentos del Capitalismo Verde](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Mercadocracia y el Secuestro de la Gente y el Planeta](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Transitando a Geocracia — Paradigma de la Gente y el Planeta y No el Mercado — Primeros Pasos](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [La Cuarta Revolución Industrial, el Gran Reinicio y el Fin de la Vida Tal y Como la Conocemos](#)
- Los Editores de Monthly Review: [Los Informes Filtrados del IPCC](#)
- John Bellamy Foster: [La Larga Revolución Ecológica](#)
- John Bellamy Foster: [La Crisis del Antropoceno](#)
- Erald Kolasi: La Física del Capitalismo
- Erald Kolasi: Energía, Crecimiento Económico y Crisis Ecológica
- Johan Rockström, Joyeeta Gupta, Timothy M. Lenton, Dahe Qin, Steven J. Lade ET AL: [Identificando un Pasaje Seguro y Justo para las Personas y el Planeta](#)
- Will Davies: [¿Populismo Verde?](#)
- Tim Jackson: [El Bienestar Importa - Abordando la dependencia del crecimiento](#)
- Tim Jackson: [El Reto del Post-Crecimiento](#)
- Tim Jackson: [Más Allá del Capitalismo de Consumo](#)

❖ **Acerca de Jus Semper:** La Alianza Global Jus Semper aspira a contribuir a alcanzar un etos sostenible de justicia social en el mundo, donde todas las comunidades vivan en ámbitos verdaderamente democráticos que brinden el pleno disfrute de los derechos humanos y de normas de vida sostenibles conforme a la dignidad humana. Para ello, coadyuva a la liberalización de las instituciones democráticas de la sociedad que han sido secuestradas por los dueños del mercado. Con ese propósito, se dedica a la investigación y análisis para provocar la toma de conciencia y el pensamiento crítico que generen las ideas para la visión transformadora que dé forma al paradigma verdaderamente democrático y sostenible de la Gente y el Planeta y NO del mercado.

❖ **Acerca de los autores:** **Joel Millward-Hopkins:** Sustainability Research Institute, School of Earth and Environment, University of Leeds, UK; **Julia K. Steinberger:** Sustainability Research Institute, School of Earth and Environment, University of Leeds, UK and Institute of Geography and Sustainability, Faculty of Geosciences and Environment, University of Lausanne, Switzerland, **Narasimha D. Rao:** Yale School of Forestry & Environmental Studies, Yale University, New Haven, CT, USA and IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), Laxenburg, Austria, **Yannick Oswald:** Sustainability Research Institute, School of Earth and Environment, University of Leeds, UK.

❖ **Declaración de contribución de la autoría del CRediT:** Joel Millward-Hopkins: Conceptualización, Metodología, Programa, Análisis formal, Redacción-borrador original. Julia K. Steinberger: Conceptualización, Metodología, Redacción-revisión y edición. Narasimha D. Rao: Conceptualización, Metodología, Redacción-revisión y edición. Yannick Oswald: Metodología, Programa, Redacción-revisión y edición.

❖ **Declaración de intereses competitivos:** Los autores declaran que no tienen intereses financieros en competencia conocidos ni relaciones personales que pudieran parecer influir en el trabajo presentado en este artículo.

❖ **Reconocimientos:** JMH, YO y JKS contaron con el apoyo del Premio de Liderazgo en Investigación del Leverhulme Trust al proyecto "Living Well Within Limits (LiLi)" de Julia Steinberger (RL2016-048). Agradecemos al resto del equipo y, en particular, a Ian Gough por las valiosas discusiones, así como los comentarios de los revisores anónimos."

❖ **Acerca de este trabajo:** Este trabajo fue publicado originalmente en inglés por ELSEVIER Global Environmental Change, Volume 65, November 2020, 102168: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102168>.

❖ **Cite este trabajo como:** Joel Millward-Hopkins, Julia K. Steinberger, Narasimha D. Rao, Yannick Oswald: Proporcionando una Vida Digna con un Mínimo de Energía: Un Escenario Global – La Alianza Global Jus Semper, Abril 2022. Este artículo ha sido publicado bajo Creative Commons, CC-BY 4.0. Se puede reproducir el material para uso no comercial, acreditando al autor y proporcionando un enlace al editor original.

❖ **Licencia Creative Commons:** Este artículo se ha publicado bajo la licencia Creative Commons, Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Puede compartir - copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar - remezclar, transformar y construir sobre el material para cualquier propósito, incluso comercialmente. Debe dar el crédito apropiado, proporcionar un enlace a la licencia, indicar si se hicieron cambios, acreditar a los autores y proporcionar un enlace al editor original.

❖ **Etiquetas:** Capitalismo, Necesidades básicas, Cambio climático, Demanda, Energía, Desigualdad, Suficiencia.

❖ La responsabilidad por las opiniones expresadas en los trabajos firmados descansa exclusivamente en su(s) autor(es), y su publicación no representa un respaldo por parte de La Alianza Global Jus Semper a dichas opiniones.



Bajo licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

© 2022. La Alianza Global Jus Semper
Portal en red: https://www.jussemper.org/Inicio/Index_castellano.html
Correo-e: informa@jussemper.org