

# La brecha de mitigación climática: educación y gobierno

Las recomendaciones pierden las acciones individuales más eficaces

**Seth Wynes**

Universidad de Lund, Centro de Estudios de Sostenibilidad, Suecia

[seth.wynes@gmail.com](mailto:seth.wynes@gmail.com)

y **Kimberly A Nicholas**

Universidad de Columbia Británica, Departamento de Geografía, Campus de Vancouver, Canadá

Traducido del inglés de "The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions". *Environ. Res. Lett.* 12 (2017) 074024 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7541>. Environmental Research Letter, Open Access.

Resumen: El cambio climático antropogénico actual es el resultado de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que registra la agregación de miles de millones de decisiones individuales. Aquí consideramos una amplia gama de estilos de vida individuales y calculamos su potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los países desarrollados, sobre la base de 148 escenarios de 39 fuentes. Recomendamos cuatro acciones de alto impacto (es decir, bajas emisiones) ampliamente aplicables con el potencial de contribuir al cambio sistémico y reducir sustancialmente las emisiones personales anuales: tener un niño menos (un promedio para los países desarrollados de 58,6 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e) Anuales), evitando el viaje en avión (1,6 tCO<sub>2</sub>e ahorrado por vuelo transatlántico de ida y vuelta) y consumiendo una dieta basada en plantas (0,8 tCO<sub>2</sub>e ahorrado al año). Estas acciones tienen mucho mayor potencial para reducir las emisiones que las estrategias comúnmente promovidas, como el reciclaje integral (cuatro veces menos eficaz que una dieta basada en plantas) o el cambio de bombillas domésticas (ocho veces menos). Aunque los adolescentes que se preparan para establecer patrones de vida son un grupo objetivo importante para promover acciones de alto impacto, encontramos que diez libros de texto de ciencias de la escuela secundaria de Canadá en gran parte no mencionan estas acciones

(representan el 4% de sus acciones recomendadas), se enfocan más bien en cambios incrementales con reducciones de emisiones potencialmente mucho menores. Los recursos gubernamentales sobre el cambio climático de la UE, EE. UU., Canadá y Australia también centran las recomendaciones en acciones de menor impacto. Concluimos que existen oportunidades para mejorar las estructuras educativas y de comunicación existentes para promover las estrategias de reducción de emisiones más eficaces y cerrar esta brecha de mitigación.

Palabras claves: mitigación del cambio climático, de comportamiento medioambiental, la educación, la política sobre el clima, las vías de transformación.

## INTRODUCCIÓN

Mientras que 195 naciones han acordado limitar el aumento de la **temperatura media mundial a "muy por debajo de 2 ° C" bajo el Acuerdo de París** de diciembre de 2015 (CMNUCC 2015), la mayoría de las vías actuales para permanecer bajo el límite de 2° suponen el uso futuro de las tecnologías no comprobadas para lograr emisiones negativas (Fuss, et al 2014). Esto ha llevado a las llamadas (Anderson 2015) para acciones el corto plazo; la reducción de emisiones profundas puede requerir cambios en el estilo de vida de las personas productoras de alto carbono que se estima producen casi el 50% de las emisiones (Gore 2015). Las políticas nacionales y las grandes transformaciones energéticas suelen tardar décadas en cambiar la infraestructura y las instituciones, pero los cambios de comportamiento tienen el potencial de ser más rápidos y amplios (es decir, menor dependencia de los coches puede comenzar de inmediato, mientras que la mejora de eficiencia energética de las plantas se produce en un marco de tiempo de décadas (Pacala y Socolow 2004).

Es especialmente importante que los adolescentes estén preparados para este cambio. Todavía tienen la libertad de hacer grandes elecciones de comportamiento que estructurarán el resto de sus vidas y deben crecer acostumbrados a un estilo de vida que se aproxima al presupuesto anual de 2.1 toneladas por persona necesario para 2050 para cumplir el objetivo climático de 2° C (Girod et al 2014). Además, los adolescentes pueden actuar como un catalizador para cambiar el comportamiento de su hogar (Maddox et al 2011). Mientras que el impacto de las emisiones acumulativas de cualquier comportamiento depende tanto de la magnitud de la acción y su plasticidad de comportamiento (la proporción del público que pueda adoptar una acción determinada asumiendo la intervención más eficaz (Dietz et al 2009), el primer

paso para comprender el impacto acumulativo es conocer la efectividad de la acción para una sola persona.

Aquí investigaremos una serie completa de opciones de estilo de vida para identificar aquellos con el mayor potencial para reducir las emisiones individuales de gases de efecto invernadero. Comparamos nuestros hallazgos con recomendaciones de libros de texto de ciencias de la escuela secundaria y recursos gubernamentales. Estudios previos ya han evaluado algunas de las acciones más efectivas para reducir el consumo de energía (Attari et al 2010, Gardner y Stern, 2008) y la mitigación del cambio climático a través de acciones personales (Girod et al 2014), aunque los individuos tienen una mala comprensión de qué acciones son más eficaces que otras (Attari et al 2010). Nuestra investigación se basa en estos estudios al incluir acciones adicionales que tienen mayor potencial de reducción de emisiones pero que no han sido evaluadas previamente. Nuestra metodología hace que cada acción sea comparable para los individuos que toman la decisión de emprenderlos, y nuestro análisis de los materiales oficiales educativos y gubernamentales muestra hasta qué punto las instituciones públicas reconocen actualmente la importancia y fomentan estos comportamientos.

## MÉTODOS

### Acciones de alto impacto

Para identificar nuestras acciones de alto impacto, analizamos la literatura para compilar una lista de acciones para el análisis de emisiones. Para escoger fuentes de datos, primero utilizamos literatura revisada por pares con un enfoque de ciclo de vida cuando estaba disponible (para analizar el impacto de la dieta y los vehículos personales), seguido de informes gubernamentales, literatura gris o calculadoras de carbono (energía verde, aviación). Se analizaron los estudios de todos los países que podríamos hallar, pero en el texto principal solamente informan de los resultados de las naciones desarrolladas (toda la gama de estudios está disponibles en los materiales complementarios en línea disponible en [stacks.iop.org/ERL/12/074024/mmedia](http://stacks.iop.org/ERL/12/074024/mmedia)). La elección para centrarse en las regiones desarrolladas fue motivada por los niveles más altos de emisión y al consumo en esas regiones, que exigen la reducción de emisiones más pronunciadas con el fin de alcanzar el mismo objetivo de emisiones per cápita, baja que evite el calentamiento planetario peligroso (Girod et al 2013).

Para los cálculos, todas las acciones fueron enmarcadas de manera que tomarían el máximo efecto posible. Por ejemplo, el reciclaje se enmarca como un reciclaje integral durante un año, una dieta basada en vegetales se enmarca como evitando toda la carne, y la compra de energía renovable se enmarca en la compra

de toda la energía doméstica posible de fuentes renovables durante un año, aunque podría ser posible realizar estas acciones como medias medidas.

Dado que la unidad de análisis era el individuo, queríamos que los datos específicos del país informaran las opciones individuales más relevantes posibles. Por lo tanto, las acciones domésticas y vehiculares se dividieron por la ocupación media de los hogares o vehículos del país donde se realizó el estudio para obtener los resultados medidos en toneladas de equivalente de CO<sub>2</sub> por año (tCO<sub>2e</sub> por año) por individuo. Los tipos de gases de efecto invernadero incluidos en estos cálculos variaron con las metodologías de los diferentes estudios o fuentes. También se hicieron cálculos utilizando datos específicos de cada país o región, como el promedio de kilómetros anuales recorridos por vehículo en una región (excepto cuando los parámetros del estudio establecieran explícitamente valores alternativos), para generar valores finales representativos para cada área de estudio).

**Para la acción “tener un niño menos,”** que se basó en un estudio que cuantificadas de emisiones futuras de descendientes con base a las tasas históricas, sobre la base de la herencia (Murtaugh y Schlax 2009). En este enfoque, la mitad de las emisiones de un niño se asignan a cada padre, así como un cuarto de la descendencia de ese niño (los nietos) y así sucesivamente. Esto es coherente con nuestro uso de la investigación empleando el enfoque de ciclo de vida más completo posible para captar la magnitud de las decisiones sobre emisiones.

En el caso de la aviación, algunas calculadoras de carbono utilizaron un índice de forzamiento radiativo, que explica los efectos adicionales de calentamiento de los gases distintos del CO<sub>2</sub> producido durante el transporte aéreo. Aunque esto resulta en estimaciones más altas que si no se hubiera utilizado el índice, los estudios del ciclo de vida que incluimos también para la aviación (y que no utilizaron el forzamiento radiativo) proporcionaron valores finales similares. Véase el material complementario 2 para los cálculos.

En la práctica, los beneficios de las emisiones para realizar acciones de alto impacto pueden ser reducidos por efectos de sustitución (donde la evitación de las emisiones de una acción es reemplazada por las emisiones de otra acción) y los efectos de rebote (donde el consumo reducido en un área conduce a un aumento en el consumo). Por ejemplo, las emisiones ahorradas de vivir sin automóviles pueden ser inferiores a las calculadas si el tránsito público reemplaza el viaje en automóvil en lugar de andar en bicicleta o caminar (el coche vivo representa todas las emisiones asociadas al ciclo de vida de poseer un automóvil en nuestra metodología). Pero incluso si el número de kilómetros recorridos se mantiene constante, un cambio de la conducción de un sedán para el transporte

público se ha demostrado que reduce las emisiones en un 26% -76% (Chester et al 2013). Dado que los datos que incluían efectos de rebote sólo estaban disponibles para algunas acciones, se excluyeron los efectos de rebote para mantener la comparabilidad entre las acciones.

### Análisis de libros de texto

Los libros de texto son un indicador útil del contenido que los estudiantes reciben en las aulas; se basan en documentos del plan de estudios mandados por el gobierno y sirven como un recurso para estudiantes y maestros. Esto puede ser especialmente cierto para temas como el cambio climático el lugar donde es más probable que el material sea incómodo para un maestro (Kim y Fortner 2006, Chambers 2011). Por lo tanto, se analizaron diez libros de texto utilizados en siete de las diez provincias de Canadá (véase el material complementario 3).

Para determinar qué libros de texto de ciencias se usan en cada provincia, nos basamos en la experiencia del primer autor como maestro de ciencias de la escuela secundaria en Canadá, y también contactamos con los escritores y educadores de las provincias donde el uso de libros de texto no podía determinarse fácilmente. Las provincias cubiertas por nuestro análisis representan más del 80% de la población estudiantil de Canadá (no pudimos obtener los libros de texto utilizados por las provincias de Alberta, Manitoba y Nueva Escocia).

Sólo se analizaron los capítulos de libros de texto que abordan directamente el cambio climático. Las declaraciones de los libros de texto se identificaron como acciones sugeridas cuando incluyeron recomendaciones directas (por ejemplo, "comer menos carne"), o fueron dirigidas al lector usando pronombres como "tú" o "nosotros". Las declaraciones utilizando "individuos" y "consumidores" a menudo explicaban fuentes de emisiones sin sugerir cómo reducir esas emisiones, y por lo tanto no se contaron.

Debido al gran número de recomendaciones únicas que se encuentran en los libros de texto, agrupamos recomendaciones específicas similares en varias categorías. Por ejemplo, sugerencias como "usar bolsas de tela" y "comprar una botella de agua reutilizable" estarían incluidas en la categoría "reutilización". Siempre que sea posible, estas categorías son las mismas en el análisis de libros de texto y documentos gubernamentales. Para cada libro de texto, registramos la frecuencia de cada tipo de sugerencia. En nuestro sistema de codificación, una sola oración que se refiere a un tema específico recibió el mismo valor que un párrafo dedicado a un solo tema. Si un párrafo sobre un tema amplio (por ejemplo, la calefacción doméstica) incluía muchas sugerencias específicas (bajar el termostato, comprar un calentador más eficiente), entonces cada sugerencia específica se contó hacia el total.

### Documentos gubernamentales

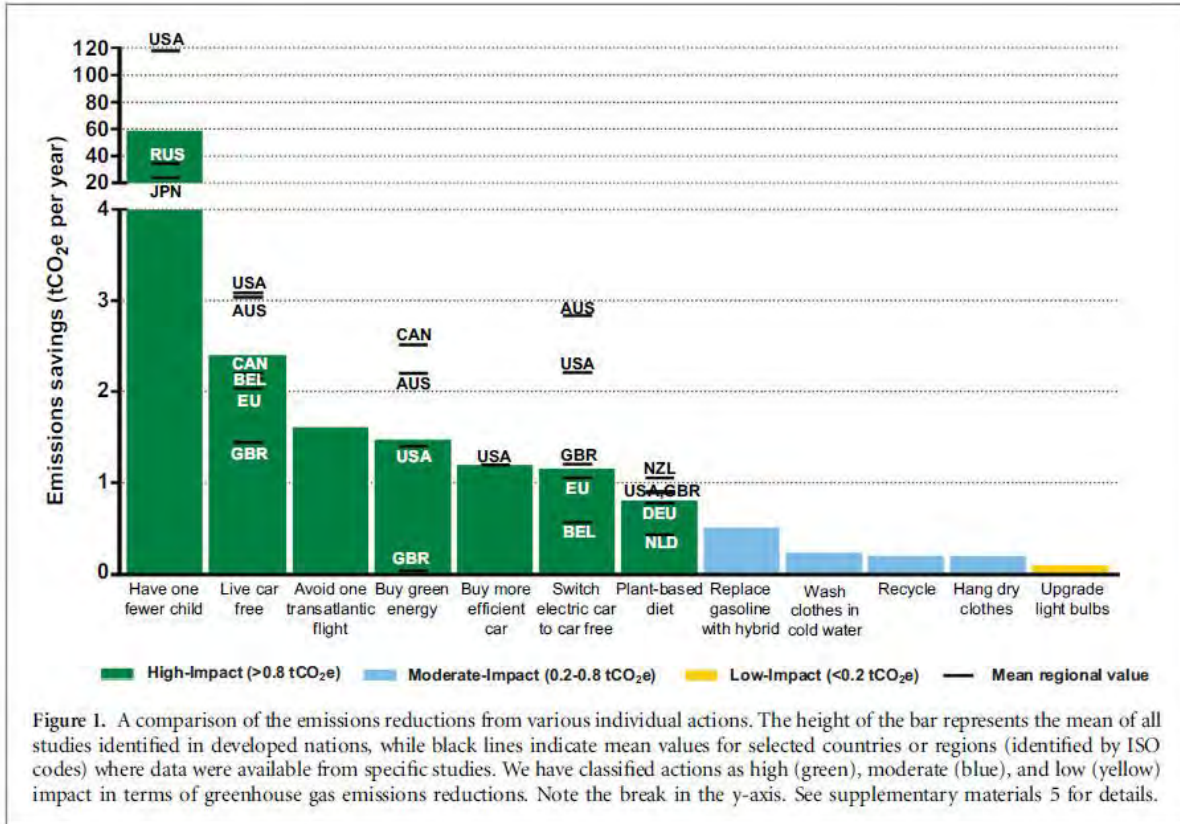
Para analizar las recomendaciones generales de mitigación de la sociedad, elegimos tres regiones desarrolladas con altas emisiones per cápita y documentos gubernamentales disponibles en inglés: Australia (promedio de emisiones per cápita de 16,3 toneladas de CO<sub>2</sub> por año), Canadá (13,5 toneladas de CO<sub>2</sub> por año), y Estados Unidos (16,4 toneladas de CO<sub>2</sub> por año), así como un caso de baja emisión, la Unión Europea (6,7 toneladas de CO<sub>2</sub> por año) (Banco Mundial 2016). Identificamos el conjunto de recomendaciones más autoritativo y pertinente de esa región indicando cómo sus ciudadanos pueden ayudar a mitigar el cambio climático, contactando a los representantes gubernamentales para aclarar dónde se encontraron múltiples documentos posibles. La frecuencia de las recomendaciones individuales se registró utilizando los mismos métodos que se describen en el análisis de los libros de texto de ciencias.

### RESULTADOS

Del análisis de 148 escenarios del impacto climático de los comportamientos individuales en diez países individuales (con algunos estudios considerando además toda la región de la UE), extraídos de 39 fuentes, hemos identificado una docena de acciones, incluyendo cuatro acciones de gran magnitud mundo desarrollado (ver materiales complementarios 4): que tiene un niño menos, vivir sin automóvil, evitar el transporte aéreo, y comer una dieta basada en plantas (Figura 1). Cada una de estas acciones fue de alto impacto (reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de un individuo en al menos 0,8 tCO<sub>2</sub>e al año, alrededor del 5% de las emisiones anuales actuales en los EE. UU. o Australia) independientemente de los parámetros del estudio. También son "los mejores de su clase", que logran las reducciones de emisiones en un ámbito determinado (por ejemplo, los viajes en automóvil) y con el potencial de contribuir al cambio sistémico (por ejemplo, vivir sin coche reduce la necesidad de construir más carreteras y espacios de estacionamiento, y soporta un diseño urbano de mayor densidad, lo que no ocurre con los automóviles más eficientes).

Inicialmente se planteó la hipótesis de que dos acciones adicionales, no poseer un perro y comprar energía verde, también cumplirían nuestros criterios para las acciones recomendadas de alto impacto, pero encontramos que ambos eran de dudoso mérito. Sólo dos estudios con resultados contradictorios hemos encontrado nada con la propiedad del perro (Eady et al 2011, Rushforth y Moreau 2013), por lo que no hemos incluido en la figura 1 (ver materiales suplementarios 2). Para la energía verde, los investigadores han descrito problemas con la doble contabilidad en varios países europeos (Hast et al 2015), como se ve en la

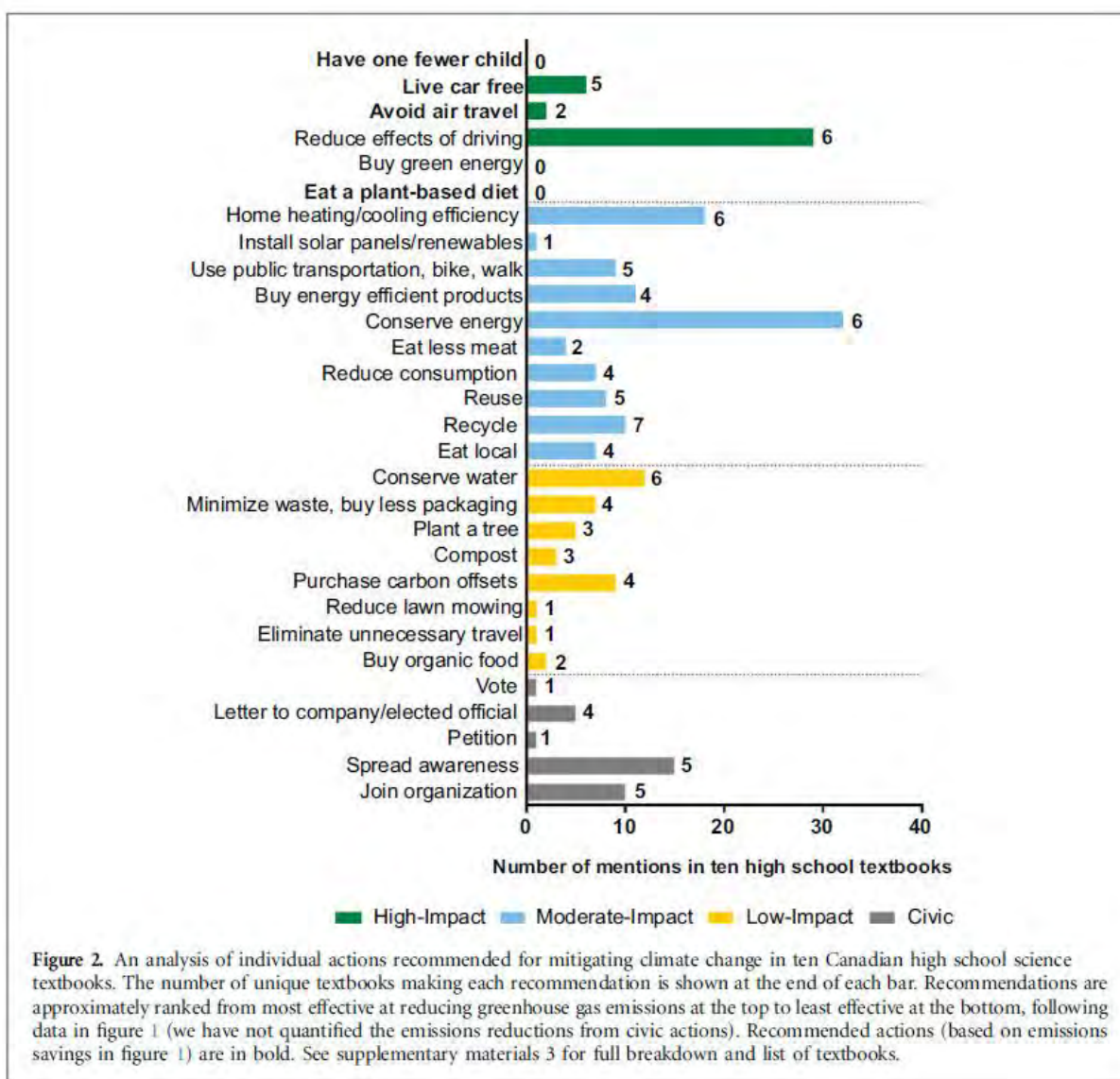
reducción de emisiones cercanas a cero para Gran Bretaña en la figura 1. Sin embargo, en las regiones con redes de energía a base de carbono, tales como Australia y América del Norte, la energía verde tiene el potencial de reducir



considerablemente las emisiones asociadas al uso de energía en el hogar, por lo que mantuvimos esta acción en la figura 1. Estudios anteriores que comparan la efectividad de diversas acciones tienden a centrarse en acciones de impacto moderado (ahorro entre 0,2 y 0,8 tCO<sub>2</sub>e año) o incluso acciones de bajo impacto (ahorro <0,2 tCO<sub>2</sub>e).

Comparar por ejemplo dos acciones citadas como entre las maneras más eficaces de reducir el uso de energía en el hogar (colgar ropa a secar (0,21 tCO<sub>2</sub>e) y lavar la ropa en agua fría (0,25 tCO<sub>2</sub>e) (Attari et al 2010) con cualquiera de las acciones de alto impacto que se muestran en verde (figura 1). Nuestras acciones recomendadas de alto impacto son más efectivas que muchas de las opciones más discutidas (por ejemplo, comer una dieta basada en plantas ahorra ocho veces más emisiones que actualizar las bombillas). De manera más significativa, una familia estadounidense que elija tener un hijo menor proporcionaría el mismo nivel de reducción de emisiones que 684 adolescentes que optan por adoptar un reciclaje integral para el resto de sus vidas.

Para ilustrar las implicaciones de nuestros hallazgos, consideran que las emisiones per cápita deben llegar a 2.1 tCO<sub>2</sub>e para el año 2050, si el calentamiento del planeta se debe mantener por debajo de 2° C (Girod et al 2013). Usando valores de la figura 1, se estima que una persona que come carne y toma un vuelo trasatlántico por año de ida y vuelta, emite 2,4 tCO<sub>2</sub>e a través de estas



acciones, agotando su presupuesto de carbono personal, sin tener en cuenta cualquier otra emisión. Sería ayudar a cumplir los objetivos climáticos si tal individuo optó por cambiar su comportamiento, ya que los avances tecnológicos pueden ser incapaces de eficientemente reducir las emisiones de estas dos acciones, incluso en el año 2050 (Girod et al 2013). Estos dos sectores son un área acordada de foco para la reducción de la demanda, ya que es probable que



sea el último de todos los modos de transporte para integrar los estándares de bajo carbono (Kivits et al 2010) y los estudios demuestran que no podemos esperar permanecer bajo un límite 2° C sin al menos algunos cambios en la dieta (Hedenus et al 2014).

Estos resultados también ponen de relieve las mayores reducciones que se obtienen al alejarse de una tecnología contaminante en comparación con el uso de la tecnología más limpia disponible (coches eléctricos, que todavía emiten 1.15 tCO<sub>2</sub>e por año de mejora) o mejoras tecnológicas incrementales (aumentar la economía de combustible del vehículo al comprar un automóvil de gasolina más eficiente, 1,19 tCO<sub>2</sub>e ahorrado por año). Aunque los coches eléctricos pueden reemplazar vehículos de combustión interna y reducir la huella de carbono del automóvil, el propio modelo de transporte basado en el coche todavía permite reducciones para los desarrollos de rurales de vivienda baja densidad (Müller 2004), que se asocian con el doble de las emisiones per cápita de alto vivienda densidad (Norman et al 2006), así como el consumo de energía y un mayor uso (Ala-Mantila et al 2014, Shammin et al 2010). Un estilo de vida sin automóviles reduce la congestión del tráfico y la dependencia del petróleo (Mashayekh et al 2012) y evita los problemas de toxicidad ambientales que rodean a la producción de vehículo eléctrico (Hawkins et al 2013), lo que es ventajoso incluso en una época de vehículos de baja emisión. Por último, hasta que las emisiones asociadas a los servicios deseados se reducen a cero, la población seguirá siendo un multiplicador de las emisiones (Waggoner y Ausubel 2002).

Una vez identificadas las acciones de alto o bajo impacto, vale la pena saber si los gobiernos y los educadores están enfatizando acciones de alto impacto. Dado que consideramos a los adolescentes como un grupo demográfico ideal para adoptar acciones de alto impacto, analizamos diez libros de texto de ciencias canadienses de secundaria (ver materiales complementarios 3) para determinar qué categorías generales y acciones específicas se recomiendan actualmente a los adolescentes para reducir las emisiones.

Encontramos que las 216 acciones recomendadas individuales de los libros de texto se concentraron abrumadoramente en acciones moderadas o de bajo impacto, con nuestras acciones recomendadas presentadas en su mayoría de manera menos efectiva, o no en absoluto (sólo ocho menciones, o 4%). Ningún libro de texto sugiere tener menos hijos como una forma de reducir las emisiones, y sólo dos de cada diez mencionó evitando el transporte aéreo (Figura 2). Comer una dieta basada en plantas se presentó en forma de acciones de impacto moderado, como comer menos carne, aunque una dieta completamente basada en plantas puede ser 2 a 4,7 veces más eficaz en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que la ingesta de carne disminuida (Meier y Christen 2012). Del mismo modo, los métodos para reducir el impacto durante la conducción se mencionaron casi 30 veces, con sólo seis menciones de un estilo

de vida sin automóviles. En cambio, la categoría de recomendación mencionada en la mayoría de los libros de texto era reciclaje (siete de diez libros de texto) y la categoría de recomendación con las acciones individuales que se mencionan más fue la conservación de energía (32 menciones) (la figura 2).

Esta tendencia de centrarse en acciones de menor impacto es generalizable en otros países desarrollados. Se analizaron cuatro guías de gobierno, cada uno seleccionado como una fuente autorizada para su región y encontramos un enfoque en acciones de impacto moderado como el reciclaje o la reducción de consumo de energía en casa (tabla 1). A excepción de un puñado de referencias a la cantidad de emisiones ahorradas por acciones específicas (totalmente ausentes de la guía canadiense), estas guías proporcionaron poca información para que los usuarios pudieran discernir qué acciones podrían ser más efectivas y, por lo tanto, dar prioridad. En cuanto a nuestras acciones identificadas de alto impacto, ninguna guía recomendó tener menos niños o comer una dieta basada en plantas, aunque la guía de la UE sugirió comer menos carne y más vegetales. Ni los EE.UU. ni las guías australianas sugirieron evitar los viajes aéreos. Todas las guías gubernamentales discutieron la reducción del impacto de los vehículos personales a través de comprar vehículos más limpios o conducirlos o mantenerlos mejor, y todos sugirieron un mayor uso de ciclismo o transporte público, pero sólo Australia adoptó el marco de un estilo de vida libre de automóviles.

## DISCUSIÓN

Mientras la investigación anterior se ha centrado en los cambios de comportamiento incrementales que requieren un mínimo esfuerzo por parte de los individuos (Dietz et al 2009), se propone capacitar a las personas a centrarse en cambiar los comportamientos que son más eficaces en la reducción de sus emisiones personales. Muchos de estos cambios pueden ser vistos como opciones deseables que promueven un estilo de vida más lento y más saludable (Soret et al 2014, Frank et al 2004). Además de los adolescentes, también sería beneficioso para aquellos que ya están dispuestos a hacer cambios impactantes de estilo de vida en aras del clima para ser conscientes de las acciones que serán más eficaces.

Es posible un cambio de comportamiento serio; Hay evidencia de que las generaciones más jóvenes están dispuestas a apartarse de los actuales estilos de vida de manera ambientalmente relevante. Por ejemplo, los Estados Unidos se ha visto como una disminución medible (Kuhnimhof et al 2013) o por lo menos, retraso en el uso del automóvil y de la propiedad para la generación del milenio en comparación con las generaciones anteriores (Garikapati et al 2016). En términos de dietas basadas en plantas, la voluntad de las personas de comer

menos carne aumenta con la efectividad percibida de esta acción, lo que sugiere la necesidad de una mayor educación.

Behaviour	Example	Approximate CO <sub>2</sub> e reduced per year (kg)	AUS	CAN	USA	EU
<i>High Impact Actions</i>						
<b>Have one fewer child</b>		23 700–117 700				
<b>Live car free</b>		1000–5300	x			
<b>Avoid one flight (depending on length)</b>		700–2800		x		x
Purchase green energy		<100–2500	x	x	x	x
Reduce effects of driving	Buy more efficient car	1190	x	x	x	x
<b>Eat a plant-based diet</b>		300–1600				
<i>Moderate Impact Actions</i>						
Home heating/cooling efficiency	Wall insulation	180 (Chitnis <i>et al</i> 2013)	x	x	x	x
Install solar panels/renewables	Rooftop solar		x		x	x
Use public transportation, bike, walk			x	x	x	x
Buy energy efficient products	Energy Star		x	x	x	x
Conserve energy	Hang dry clothes	210	x	x	x	x
Reduce food waste	No food waste	370 (Hoolohan <i>et al</i> 2013)	x			x
Eat less meat		230 (Meier and Christen 2012)				x
Reduce consumption	Pay bills online		x		x	x
Reuse	Reusable shopping bag	5 (Dickinson <i>et al</i> 2009)	x	x	x	x
Recycle		210	x	x	x	x
Eat local		0–360 (Coley <i>et al</i> 2009, Weber and Matthews 2008)				x
<i>Low Impact Actions</i>						
Conserve water	Run full dishwasher		x	x	x	x
Eliminate unnecessary travel			x		x	
Minimize waste			x	x		
Plant a tree		6–60 (Freedman and Keith 1996)		x		x
Compost			x		x	x
Purchase carbon offsets						x
Reduce lawn mowing	Let lawn grow longer					x
Ecotourism	Use Ecolabelled accommodation					x
Keep backyard chickens			x			
Buy Ecolabel products						x
Calculate your home's footprint					x	
<i>Civic Actions</i>						
Spread awareness					x	
Influence employer's actions					x	x
Influence school's actions					x	

Cuadro 1. Acciones recomendadas en documentos gubernamentales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de una persona. Reducciones de CO<sub>2</sub> se basan en fuentes de figura 1 (ver materiales suplementarios 4), a menos que se indique lo contrario. Nuestras acciones recomendadas de alto impacto se muestran en negrita. Los resultados son de cuatro fuentes

gubernamentales: 'Actúa' de Australia (Departamento de Industria y Ciencia 2014), 'Top 10 cosas que usted puede hacer para ayudar' de Canadá (Gobierno de Canadá 2012), 'Acción por el Clima' de la Unión Europea (Comisión Europea, 2015) y 'lo que puede hacer' de los Estados Unidos (EPA 2015).

Ejemplo de comportamiento CO<sub>2</sub>e aproximado reducido por año (kg) AUS CAN USA EU el conocimiento de las opciones más eficaces para cambios en la dieta sostenibles (De Boer et al 2016).

Sin embargo, incluso los individuos pueden no reducir la ingesta de carne o adoptar otras medidas de alto impacto si las normas culturales o las barreras estructurales actúan como obstáculos. Por ejemplo, las normas culturales occidentales carne asociado con la riqueza, estatus y lujo (Rubí 2012) y el consumo de carne per cápita en los 15 países más ricos es 750% más alto que en los 24 países más pobres (Tilman y Clark 2014). Al igual que las normas culturales promueven el consumo de carne, las opciones estructurales como la expansión barrios puede promover el uso del transporte alto contenido de carbono de los individuos (Cervero 2002). Los cambios en las políticas públicas, como los productos alimenticios (Springmann et al 2016) o el fomento del crecimiento urbano compacto (Hankey y Marshall 2010), se pueden abordar estas barreras. Los beneficios de estas políticas se extienden más allá del cambio climático; dietas basadas en vegetales conservar la biodiversidad y reducir enfermedades como el cáncer y la diabetes tipo II (Tilman y Clark 2014), mientras que la vida sin coches pueden reducir la obesidad (Ella et al 2017) y los contaminantes del aire (Chester et al 2013).

Aunque hemos analizado la transmisión de la información, no tenemos la intención de refrendar el conocimiento ampliamente criticado déficit modelo de comportamiento (Kahan et al 2012), que sostiene que la gente va a actuar para prevenir el cambio climático si entienden mejor.

Estrategias probadas para promover acciones individuales para mitigar el cambio climático se han explorado otras partes, tales como mostrar a los estudiantes cómo utilizar el transporte público, en lugar de simplemente fomentar que (Cornelius, et al 2014). Pero antes de que estas estrategias puedan ser ampliamente implementadas en las aulas, debe haber información precisa para priorizar las acciones en los documentos curriculares y materiales de enseñanza tales como libros de texto. Algunas acciones de alto impacto pueden ser políticamente impopulares, pero esto no justifica un enfoque en acciones moderadas o de bajo impacto a expensas de acciones de alto impacto. Como un ejemplo específico, un libro de texto dice 'hacer una diferencia no tiene por qué ser difícil' y proporciona el ejemplo de cambiar de bolsas de plástico para bolsas reutilizables con el fin de salvar a 5 kg de CO<sub>2</sub> al año (Dickinson et al 2009). Esto

es menos del 1% tan efectivo como un año sin comer carne. Ejemplos como este crean la impresión de que la cuestión del cambio climático en sí misma es de naturaleza trivial y representa oportunidades perdidas para participación en acciones de alto impacto.

Es posible que los autores de libros de texto y del gobierno hayan seleccionado intencionadamente las acciones de bajo impacto porque son **frecuentes y fáciles de llevar a cabo. Si es así, esto probablemente siga la "técnica de los pies en la puerta", un tipo de desbordamiento positivo donde alentadores** pequeñas acciones se espera para llevar a los individuos a tener comportamientos más sustanciales después (Thøgersen y Crompton 2009). Desafortunadamente, la evidencia empírica del efecto de desbordamiento es mixta. Algunas intervenciones resultan en un aumento en otras conductas pro-ambientales, pero la mayoría de los ejemplos de desbordamiento positivo se producen entre acciones similares, es decir, no a partir de pequeñas acciones a los sustanciales (Truelove et al 2014). Los primeros resultados indican también que el compromiso de altas, conductas pro-sociales son más propensos a causar efectos colaterales más positivo (Gneezy et al 2012), que apoya el énfasis en acciones de alto impacto como una manera de cambiar las normas generales.

Independientemente de los efectos indirectos, algunas acciones tendrán sin duda un impacto reducido en las emisiones acumuladas, ya que actualmente las barreras limitan su incorporación a gran escala. Pero la inclusión de tales acciones en los libros de texto demuestra la seriedad del cambio climático y ofrece un punto de partida para discusiones importantes que desafían las normas sociales insostenibles.

Si la meta es cambiar paulatinamente las normas sociales o estimular reducciones personales significativas de las emisiones, la adolescencia es un momento ideal para la intervención. La mayoría de los libros de texto que analizamos están dirigidos a estudiantes de 10<sup>o</sup> grado (generalmente de 16 años de edad), que es la misma edad que la mayoría de los canadienses tienen permiso para obtener una licencia de conducir (Government of Canada 2014). Los adolescentes también pueden elegir sus propias dietas, pueden influir en las decisiones familiares en las vacaciones (por ejemplo, volar o quedarse en el lugar) y deben ser informados de las consecuencias ambientales del tamaño de la familia, ya que es probable que se vuelvan sexualmente activos. Aunque un dueño de automóvil de 50 años de edad con un estilo de vida establecido en los suburbios podría adoptar una recomendación para conducir un coche más eficiente, hay razones cualitativas (cambio de paradigma de normas sociales) y cuantitativas (reducción de emisiones) para que un adolescente reciba el mensaje de alto **impacto: 'viva sin automóvil'**.

Es importante reconocer las limitaciones e incertidumbres de los datos que hemos presentado. Proporcionamos valores medios para nuestras acciones recomendadas, pero no sugerimos que sean cifras firmes universalmente representativas de cada acción, sino mejores estimaciones. Por ejemplo, un vuelo transatlántico diferirá en la magnitud de las emisiones en función de la distancia exacta recorrida, el peso del equipaje de un pasajero, la ocupación del avión, la velocidad del viento y muchas otras variables, además de las diferencias inherentes a diversas metodologías de evaluación. Nuestras estimaciones son más útiles cuando comparan diferentes clases de acciones que varían sustancialmente. Del mismo modo, hemos presentado listas de acciones (figura 2 y tabla 1) que se clasifican aproximadamente de mayor a menor impacto en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las acciones se colocan en grupos que son cualitativamente similares, pero pueden ser altamente variables por el impacto de las emisiones. Sin embargo, las diferencias entre una acción de alto impacto y otra de bajo impacto son considerables.

## CONCLUSIÓN

Hemos identificado cuatro acciones recomendadas que creemos especialmente eficaces para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero: tener un hijo menos, vivir sin automóviles, evitar viajar en avión y comer una dieta basada en plantas. Estas sugerencias contrastan con otras recomendaciones principales encontradas en la literatura, tales como secar ropa o conducir un vehículo más eficiente de combustible. Nuestros resultados muestran que la educación y los documentos gubernamentales no se centran en acciones de alto impacto para reducir las emisiones, creando una brecha de mitigación entre las recomendaciones oficiales y las personas que desean alinear su comportamiento con los objetivos climáticos. Centrarse en acciones de alto impacto (a través de proporcionar orientación e información precisas, especialmente a individuos "catalíticos" como los adolescentes) podría ser una dimensión importante de escalar la acción de abajo hacia arriba a la descarbonización transformadora implícita en la meta climática de 2° C Para cerrar esta brecha.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría dar las gracias a Steve Davis, Kevin Anderson, y Amanda Carrico por sus sugerencias útiles sobre borradores anteriores de este documento. Tres reseñas anónimas proporcionaron comentarios bien pensados.

## REFERENCIAS

- Ala-Mantila S, Heinonen J and Junnilla S 2014 Relationship between urbanization, direct and indirect greenhouse gas emissions, and expenditures: a multivariate analysis *Ecol. Econ.* 104 129–39
- Anderson K 2015 Duality in climate science *Nat. Geosci.* 8898–900
- Attari SZ, DeKay ML, Davidson CI and Bruine de Bruin W 2010 Public perceptions of energy consumption and savings *Proc. Natl Acad. Sci.* 107 16054–9
- Cervero R 2002 Built environments and mode choice: toward a normative framework *Transport. Res. D* 7 265–84 Chambers JM 2011 Right time, wrong place? Teaching about climate change in Alberta schools *Alberta Sci. Educ. J.* 42: 4-12
- Chester M, Pincetl S, Elizabeth Z, Eisenstein W and Matute J 2013 Infrastructure and automobile shifts: positioning transit to reduce life-cycle environmental impacts for urban sustainability goals *Environ. Res. Lett.* 8 015041
- Chitnis M, Sorrell S, Druckman A, Firth SK and Jackson T. 2013 Turning lights into flights: estimating direct and indirect rebound effects for UK households *Energy Policy* 55 234–50
- Coley D, Howard M and Winter M 2009 Local food, food miles and carbon emissions: a comparison of farm shop and mass distribution approaches *Food Policy* 34 150–5
- Cornelius M, Armel KC, Hoffman K, Allen L, Bryson SW, Desai M and Robinson TN 2014 Increasing energy and greenhouse gas-saving behaviors among adolescents: a school-based cluster-randomized controlled trial *Energy Efficiency* 7 217–42
- De Boer J, de Witt A and Aiking H 2016 Help the climate, change your diet: a cross-sectional study on how to involve consumers in a transition to a low-carbon society *Appetite* 98 19–27
- Department of Industry and Science 2014 Take action Your Energy Savings ( [www.yourenergysavings.gov.au/](http://www.yourenergysavings.gov.au/) )
- Dickinson T, Edwards L, Flood N, Grace E, Jackson C, Mazza M and Ross J 2009 *ON Science* 10 (Whitby, ON: McGraw-Hill Ryerson Ltd)
- Dietz T, Gardner GT, Gilligan J, Stern PC and Vandenberg MP 2009 Household actions can provide a behavioral wedge to rapidly reduce US carbon emissions *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106 18452–6
- Eady S, Sanguansri P, Bektash R, Ridoutt B, Simons L and Swiergon P 2011 Carbon foot-print for Australian agricultural products and downstream food products

in the supermarket 7th Australian Conf. on Life Cycle Assessment (Melbourne, Australia, 9–10 March 2011)

EPA 2015 What you can do Climate Change: United States Environmental Protection Agency ( [www.epa.gov/ climatechange/wycd/](http://www.epa.gov/climatechange/wycd/) )

European Commission 2015 What you can do Climate Action  
([http://ec.europa.eu/clima/citizens/tips/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/citizens/tips/index_en.htm))

Frank LD, Andresen MA and Schmid TL 2004 Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars *Am. J. Prev. Medicine.* 27 87–96

Freedman B and Keith T 1996 Planting trees for carbon credits: a discussion of context, issues, feasibility, and environmental benefits *Environ. Rev.* 4 100–11

Fuss S, Canadell JG, Peters GP, Tavoni M, Andrew RM, Ciais

P, Jackson RB, Jones CD, Kraxner F and Nakicenovic N 2014 Betting on negative emissions *Nat. Clim. Change* 4 850–3

Gardner GT and Stern PC 2008 The short list: The most effective actions US households can take to curb climate change *Environ.: Sci. Pol. Sust. Dev.* 50 12–25

Garikapati VM, Pendyala RM, Morris EA, Mokhtarian PL and McDonald N 2016 Activity patterns, time use, and travel of millennials: a generation in transition? *Transport Rev.* 36 558–84

Girod B, Van Vuuren DP and Hertwich EG 2013 Global climate targets and future consumption level: an evaluation of the required GHG intensity *Environ. Res. Lett.* 8 014016

Girod B, van Vuuren DP and Hertwich EG 2014 Climate policy through changing consumption choices: options and obstacles for reducing greenhouse gas emissions *Glob. Environ. Change* 25 5–15

Gneezy A, Imas A, Brown A, Nelson LD and Norton MI 2012 Paying to be nice: Consistency and costly prosocial behavior. *Manag. Sci.* 58 179–87

Gore T 2015 Extreme Carbon Inequality: Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first Report (Oxford: Oxfam International) (<http://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/extreme-carbon-inequality-why-the-paris-climate-deal-must-put-the-poorest-lowes-582545>)



Government of Canada 2012 Top 10 Things You Can Do Canada's Action on Climate Change

([www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=en&n=D27052CE-1](http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=en&n=D27052CE-1))

Government of Canada 2014 Getting your driver's license

([www.youth.gc.ca/eng/life\\_events/drivers\\_license.shtml](http://www.youth.gc.ca/eng/life_events/drivers_license.shtml))

Hankey S and Marshall JD 2010 Impacts of urban form on future US passenger-vehicle greenhouse gas emissions Energy Policy 38 4880–7

Hast A, Syri S, Jokiniemi J, Huuskonen M and Cross S 2015 Review of green electricity products in the United Kingdom, Germany and Finland Renew. Sust. Energy Rev. 42 1370–84

Hawkins TR, Singh B, Majeau-Bettez G and Strømman AH 2013 Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles J. Ind. Ecol. 17: 53–64

Hedenus F, Wirsenius S and Johansson DA 2014 The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets Clim. Change 124 79–91

Hoolohan C, Berners-Lee M, McKinstry-West J and Hewitt C 2013 Mitigating the greenhouse gas emissions embodied in food through realistic consumer choices Energy Policy 63 1065–74

Kahan DM, Peters E, Wittlin M, Slovic P, Ouellette LL, Braman D and Mandel G 2012 The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks Nat. Clim. Change 2 732–5

Kim C and Fortner RW 2006 Issue-specific barriers to addressing environmental issues in the classroom: an exploratory study J. Environ. Educ. 37 15–22

Kivits R, Charles MB and Ryan N 2010 A post-carbon aviation future: airports and the transition to a cleaner aviation sector Futures 42 199–211

Kuhnimhof T, Zumkeller D and Chlond B 2013 Who made peak car, and how? A breakdown of trends over four decades in four countries Transport Rev. 33 325–42

Maddox P, Doran C, Williams ID and Kus M 2011 The role of intergenerational influence in waste education programmes: the THAW project Waste Manage. 31 2590–600

Mashayekh Y, Jaramillo P, Samaras C, Hendrickson CT, Blackhurst M, MacLean HL and Matthews HS 2012 Potentials for sustainable transportation in cities to alleviate climate change impacts Environ. Sci. Technol. 46 2529–37

Meier T and Christen O 2012 Environmental impacts of dietary recommendations and dietary styles: Germany as an example Environ. Sci. Technol. 47 877–88

- Muller PO 2004 *The Geography of Urban Transportation* ed S. Hanson and G Giuliano (New York: Guildford Publications)
- Murtaugh PA and Schlax MG 2009 Reproduction and the carbon legacies of individuals *Glob. Environ. Change* 19 14–20
- Norman J, MacLean HL and Kennedy CA 2006 Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions *J. Urban Plan. Dev.* 132 10–21
- Pacala S and Socolow R 2004 Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies *Science* 305 968–72
- Ruby MB 2012 Vegetarianism. A blossoming field of study *Appetite* 58 141–150
- Rushforth R and Moreau M 2013 Finding your dog's ecological 'pawprint': a hybrid EIO-LCA of dog food manufacturing Course Project Report Series SSEBE-CESEM-2013-CPR-005 (Tempe, AZ: Center for Earth Systems Engineering and Management, Arizona State University)
- Shammin MR, Herendeen RA, Hanson MJ and Wilson EJ 2010 A multivariate analysis of the energy intensity of sprawl versus compact living in the US for 2003 *Ecol. Econ.* 69 2363–73
- She Z, King DM and Jacobson SH 2017 Analyzing the impact of public transit usage on obesity *Prev. Medicina.* 99 264–8
- Soret S, Mejia A, Batech M, Jaceldo-Siegl K, Harwatt H and Sabaté J 2014 Climate change mitigation and health effects of varied dietary patterns in real-life settings throughout North America *Am J. Clin. Nutr.* 100 490S–5S
- Springmann M, Mason-D'Croz D, Robinson S, Wiebe K, Godfray HCJ, Rayner M and Scarborough P 2016 Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities *Nat. Clim. Change* 7 69–74
- Thøgersen J and Crompton T 2009 Simple and painless? The limitations of spillover in environmental campaigning *J. Consum. Policy* 32 141–63
- Tilman D and Clark M 2014 Global diets link environmental sustainability and human health *Nature* 515 518–22
- Truelove HB, Carrico AR, Weber UE, Raimi y KT Vandenberg MP 2014 de derrame positivos y negativos del comportamiento pro-ambiental: una revisión integradora y Glob marco teórico. *Reinar. Cambiar* 29 127-38
- CMCC 2015 Aprobación del Acuerdo de París
- Wagoner PE y Ausubel JH 2002 Un marco para la ciencia de la sostenibilidad: una renovada identidad *IPAT Proc. Natl Acad. Sci.* 99 7860-5

Weber CL y Matthews SA 2008 Alimentos-millas y los impactos climáticos relativos de la elección de alimentos en los Estados Unidos Environ. Sci. Technol. 42 3508-13

Banco Mundial de 2016 las emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) (<http://data.worldbank.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?view=mapa>). ■