

## Notas y comentarios

### **Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social**

#### **Shared Socioeconomic Pathways (SSP): New ways to assess climate and social change**

Ana Escoto Castillo\*

Landy Sánchez Peña\*\*

Sheila Gachuz Delgado\*\*\*

#### **Resumen**

*Si bien recientemente la comunidad científica confirmó el papel de la actividad humana en las emisiones de gases de efecto invernadero, todavía existen importantes retos para considerar las transformaciones sociales futuras y sus efectos sobre el clima y las sociedades. En este trabajo discutimos la utilización de los escenarios de cambio climático como una herramienta heurística para examinar las interacciones entre los sistemas terrestres y lo social. Discutimos particularmente la utilidad de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas que modelan futuros alternativos de desarrollo con distintos desafíos de mitigación y de adaptación al cambio climático. Reflexionamos sobre sus antecedentes, aplicaciones y usos potenciales para México.*

**Palabras clave:** trayectorias socioeconómicas compartidas; cambio climático; escenarios; mitigación; adaptación; futuro; cambio social.

\* Investigadora posdoctoral en el proyecto “Pobreza y cambio climático en México” del Centro de Estudios Urbanos, Demográficos y Ambientales de El Colegio de México, A.C. Dirección postal: Carretera Picacho Ajusco 20, Ampliación Fuentes del Pedregal, C.P. 14110, Ciudad de México, México. Correo electrónico: [arescoto@colmex.mx](mailto:arescoto@colmex.mx)

\*\* Profesora investigadora de El Colegio de México, A.C., Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. Dirección postal: Carretera Picacho Ajusco 20, Ampliación Fuentes del Pedregal, C.P. 14110, Ciudad de México, México. Correo electrónico: [lsanchez@colmex.mx](mailto:lsanchez@colmex.mx)

\*\*\* Consultora independiente. Correo electrónico: [sheila.gachuz@gmail.com](mailto:sheila.gachuz@gmail.com)

## Abstract

*Although the scientific community has recently confirmed the role of human activity in greenhouse gas emissions, there are still major challenges to consider future social transformations and their effects on climate and societies. In this paper, we discuss the use of climate change scenarios as a heuristic tool to examine the interactions between terrestrial and social systems. Particularly, we discuss the usefulness of Shared Socioeconomic Trajectories (SSP) to model alternative development futures, which imply different climate change mitigation and adaptation. We consider on their background, applications and potential uses for Mexico.*

**Keywords:** Shared Socioeconomic Pathways; climate change; mitigation; adaptation; future; social change.

## Introducción

En la comunidad científica se ha consolidado el consenso sobre la influencia de la actividad humana en el cambio climático. El informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2014) señala que, más allá de las fluctuaciones naturales, el futuro del estado del clima y sus variaciones dependerán de las emisiones antropogénicas pasadas y futuras. Si bien la contribución humana es clara, en la discusión contemporánea es menos evidente que el futuro no sólo dependerá de los cambios en los sistemas físicos, sino también de las transformaciones sociales futuras. Así, por ejemplo, los ingresos de la población no sólo estarán ligados a los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) futuras, sino también a la capacidad para adaptarnos y responder a los retos del cambio climático.

Desde las ciencias sociales necesitamos también expandir la investigación de la dimensión ambiental de la vida social. Se requiere, por un lado, repensar los hechos sociales como hechos naturales, es decir, embebidos en ecosistemas. Estos elementos han sido ignorados por algunas teorías sociológicas que fundacionalmente se han concentrado en los hechos sociales (Lever-Tracy, 2008; Leff, 2011). Por otro lado, también es necesario reconsiderar la forma en que nos aproximamos a considerar el futuro. Esta preocupación ha formado parte de la tradición en diversas disciplinas sociales: desde las proyecciones poblacionales o económicas, hasta los debates sobre las transformaciones sociales utópicas o los escenarios sobre las posibles acciones de agentes racionales. En todo ello subyace la necesidad de postular explicaciones sobre los elementos que incidirán en el porvenir, las interacciones entre éstos y las múltiples trayectorias a las que pueden conducir.

En esta preocupación se ubica el presente trabajo. Discutimos la utilización de los escenarios de cambio climático como una herramienta heurística para examinar el cambio ambiental y social; en particular, nos concentramos en las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP por sus siglas en inglés). Éstas buscan incorporar las dimensiones del cambio social esperado que podrían afectar tanto los niveles de emisiones como la adaptación al cambio climático. Históricamente, la comunidad científica ha utilizado escenarios de cambios globales futuros<sup>1</sup> con objeto de entender el impacto de las fuerzas motoras de las emisiones de GEI,<sup>2</sup> para poder estimar los efectos potenciales de estas emisiones y sus consecuencias en el incremento de la temperatura (Pardo Buendía, 2007). Si bien estos escenarios consideraron desde un inicio la dimensión social, su incorporación fue limitada tanto por la conceptualización de los procesos inicialmente considerados, como porque las variables incorporadas se tomaron con reserva, pues se asumía que estaban asociadas a grandes incertidumbres a lo largo del tiempo (Ebi *et al.*, 2014). Las mejoras en los datos y métodos de estimación sobre algunas variables sociales, pero sobre todo la convicción de la necesidad de incorporar esta dimensión para entender claramente las fuerzas motoras y las implicaciones del cambio climático, han llevado a repensar cómo se modela el cambio social esperado (Füssel y Klein, 2006). Esto en el marco de la urgencia del cambio climático frente a otros riesgos globales y la interdisciplinariedad necesaria para evaluar tales desafíos (Hackmann y Moser, 2015; Grundmann y Stehr, 2010).

En este sentido, el planteamiento de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas es un esfuerzo reciente por incorporar de manera más coherente el futuro, partiendo de la premisa de que los desafíos del cambio climático no sólo son naturales, sino también sociales. El objetivo de esta nota es presentar estos nuevos escenarios socioeconómicos, sus antecedentes e implicaciones para evaluar las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, así como sus potenciales usos en México. Para ello, el documento se divide en tres secciones. La primera presenta brevemente qué son los escenarios y cómo han evolucionado; la segunda abunda sobre la conceptualización de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas, sus principales características y diseño. En el tercer apartado estudiamos las aplicaciones

<sup>1</sup> Dicho de manera simple, un escenario se refiere a condiciones o eventos que podrían tener lugar con base en un conjunto de supuestos; típicamente se estima un grupo de escenarios para dar cuenta de diversos futuros posibles.

<sup>2</sup> Estos gases tienen un papel clave en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, pues absorben y emiten radiaciones dentro del rango infrarrojo. Los principales gases de este tipo son: el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los clorofluorcarbonos (CFC) y el ozono (O<sub>3</sub>).

de las SSP y las potencialidades que observamos en este nuevo esquema para entender el cambio climático en México.

## 1. Los escenarios como instrumentos para entender el cambio de largo plazo

Los escenarios de cambio climático se concibieron como “una descripción coherente, internamente consistente y plausible de un posible estado futuro del mundo” (Carter, Parry, Harasawa y Nishioka, 1994); éstos constituyen un instrumento heurístico para preguntarse sobre las maneras en que esas transformaciones afectan tanto el estado del clima como las consecuencias de éste sobre los ecosistemas y las sociedades. Los escenarios presentan alternativas, con base en supuestos, de cómo evolucionará el mundo, por lo que no son pronósticos ya que no se les asocian probabilidades.<sup>3</sup> Es decir, se conciben y modelan futuros alternativos como una estrategia para explorar trayectorias de cambio, para entender las asociaciones entre distintas dimensiones socioeconómicas y la manera en que éstas dan forma a nuestros futuros climáticos. Si bien se busca conocer la probabilidad de ocurrencia de un futuro determinado, se pretende comprender la incertidumbre asociada a través de la estimación mediante conjuntos o familias de escenarios que varían en parámetros delimitados (Magaña-Rueda, Graizbord, Buenfil-Friedman y Gómez-Mendoza, 2000; Fernández Eguiarte, Zavala, Romero, Conde y Trejo, 2014). De hecho, los escenarios del cambio climático tienen como objetivo explorar diversas respuestas ante la incertidumbre, considerando sorpresas o discontinuidades, para ayudar a la toma de decisiones robustas para distintos futuros (Moss *et al.*, 2010; Ramírez, Mukherjee, Vezzoli y Kramer, 2015).

Tradicionalmente se han estimado tres tipos distintos de escenarios: de emisiones de GEI, de clima y de adaptación. Los primeros buscan describir las trayectorias futuras de descarga de emisiones de GEI o aerosoles que impactan a la atmósfera. Éstas son estimadas mediante modelos que examinan las interacciones entre una síntesis de variables que dan cuenta de las fuerzas motoras claves como la economía, la tecnología o la población (Moss *et al.*, 2010). Los resultados de los escenarios de emisiones alimentan los escenarios climáticos, que consideran precisamente cómo cambiarán en las décadas siguientes las condiciones climáticas (temperatura, precipitación y

<sup>3</sup> Si bien los escenarios emplean proyecciones, por ejemplo, de crecimiento poblacional o económico, requieren de información adicional como supuestos acerca de la velocidad del cambio tecnológico y el contexto regulatorio, los cuales no se obtienen de las proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero.

otros fenómenos del clima) como resultado de las emisiones. Los escenarios de impacto o adaptación dan cuenta de los efectos esperados del cambio climático sobre determinadas variables, grupos o zonas geográficas (Moss *et al.*, 2010).

Los escenarios permiten examinar trayectorias de desarrollo alternativas y potenciales efectos de las políticas públicas en tanto que al variar algunos de sus componentes es posible analizar cómo dichos cambios impactarán el futuro. El futuro del cambio climático depende no sólo de cómo evolucionarán los sistemas físicos, sino también está íntimamente ligado al cambio social. Considerar adecuadamente la complejidad de este último es indispensable para entender cómo evolucionarán las emisiones y el clima, así como comprender las implicaciones y retos para la adaptación (Sánchez Peña, 2014). Por ejemplo, en algunos países la población está creciendo rápidamente, mientras en otros la baja fecundidad es la preocupación central; a la par algunas economías están en plena expansión y otras experimentan inestabilidad o decrecimiento. Estos cambios tienen efectos sobre las emisiones de GEI, al mismo tiempo que suponen configuraciones distintas de exposición a los impactos del cambio climático (Tol y Fankhauser, 1998).

El uso de escenarios ha atravesado distintas etapas. Un cambio notorio y conocido fue plasmado en el reporte especial *Escenarios de emisiones* (SRES, por sus siglas en inglés) publicado en el año 2000 por el IPCC. Esa generación de escenarios se distinguió por estimar un mayor número y variedad de éstos, redefinir las principales fuerzas motoras que impactan las emisiones y hacer explícita la modelación de los cambios esperados en las sociedades humanas (Moss *et al.*, 2010; Nakicenovic, 2000). Los SRES desarrollaron cuatro líneas evolutivas o *storylines*<sup>4</sup> (A1, A2, B1 y B2), donde se describían las fuerzas determinantes en las emisiones de GEI y aerosoles, así como su evolución. Cada línea evolutiva de los escenarios representaba diferentes vías de desarrollo social, demográfico, económico, tecnológico y ambiental. Por su diseño, estos escenarios de emisiones no asumían ninguna política específicamente dirigida a la mitigación o la adaptación (Ebi *et al.*, 2014). Tales escenarios se utilizaron en dos informes del IPCC: el tercer informe de evaluación (TAR) y el cuarto informe de evaluación (AR4), lo que los situó como puntos de referencia para la investigación en la última década.

Desde 2006, la comunidad científica ha desarrollado nuevos escenarios para mejorar el marco de análisis y evaluación de los impactos del cambio

<sup>4</sup> Descripción narrativa de un escenario (o familia de escenarios) que resalta sus principales características, las relaciones entre las fuerzas determinantes fundamentales y la dinámica de su evolución.

climático, con una visión más interdisciplinaria (IPCC, 2014; Moss *et al.*, 2010). Estas nuevas formas se desarrollaron a partir de diversas necesidades: primera, la de tener una visión más compleja y flexible de las trayectorias de desarrollo futuras; segunda, la de establecer una metodología que permitiera integrar la investigación sobre mitigación y sobre adaptación del cambio climático; tercera, la de crear una manera científicamente robusta pero ágil de hacer avanzar la investigación sobre los múltiples impactos esperados del cambio climático (van Vuuren *et al.*, 2014). Justamente, la propuesta que se afianzó fue la de construir escenarios a partir de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas.

## 2. ¿Qué son las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas?

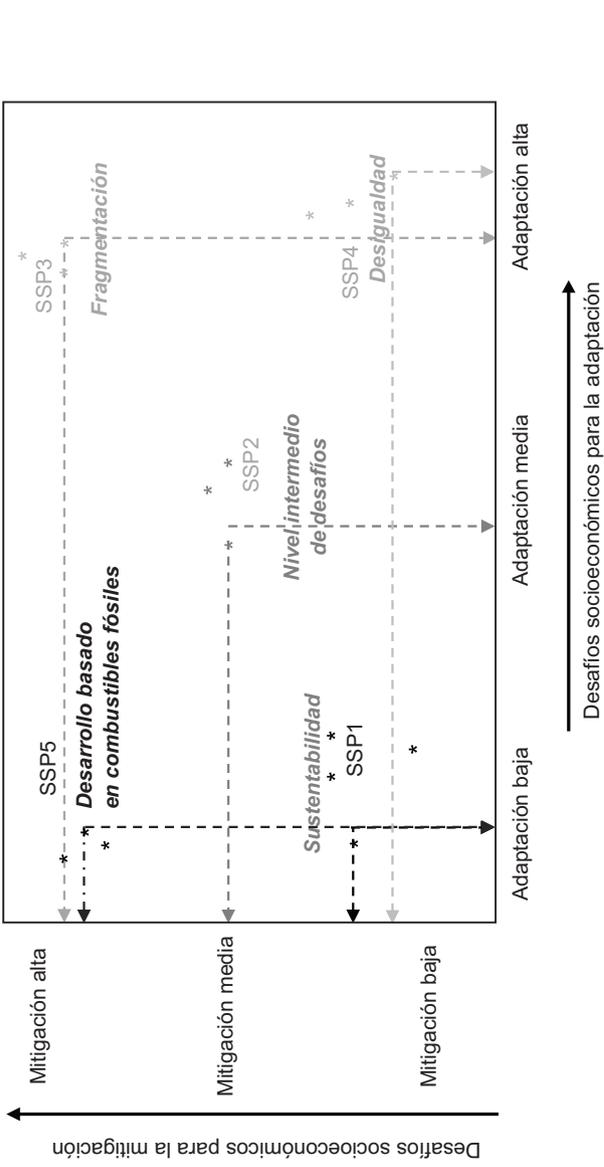
Las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (*Shared Socioeconomic Pathways*, SSP por sus siglas en inglés) describen futuros alternativos de desarrollo socioeconómico y representan, a partir de una narrativa y de variables cuantitativas, cómo podría evolucionar el mundo en las décadas siguientes y qué desafíos suponen esos cambios para la mitigación y la adaptación (Arnell *et al.*, 2004; O'Neill *et al.*, 2014; Ebi *et al.*, 2014). Por ejemplo, proponen considerar la evolución de las economías, los niveles de desigualdad futuros, y el cambio demográfico y tecnológico, entre otros. Elementos que inciden sobre los niveles de emisiones de GEI y que, a la par, pueden afectar las alternativas para adaptarse a los impactos del cambio climático.

Las SSP asumen la ausencia de efectos del cambio climático ya que no incluyen variables ambientales ni políticas climáticas sobre mitigación y adaptación (Kriegler *et al.*, 2012), analizando estos elementos como “externos”; es decir, su objetivo es producir escenarios integrados que incluyan tanto los supuestos socioeconómicos como los ambientales que serían afectados por el cambio climático y las políticas climáticas, a través de su diseño (Kriegler *et al.*, 2010).

Un aspecto esencial en la conceptualización de las SSP son las narrativas que acompañan a los escenarios y que se describen en dos dimensiones: 1) los desafíos que las condiciones socioeconómicas representan para la adaptación, y 2) los retos que representarían para la mitigación. Con base en ello, se obtienen escenarios que, de manera plausible, representan condiciones socioeconómicas y ambientales (pero no climáticas) y sus desafíos para ejecutar las acciones políticas de mitigación y adaptación. La Figura 1 (basada en O'Neill *et al.*, 2014) muestra un espacio de desafíos dividido en cinco

**Figura 1**

Panorama de las SSP: espacio de desafíos que identifica cinco tipos de escenarios con diferentes retos socioeconómicos de mitigación y adaptación



Fuente: Elaboración propia con base en O'Neill *et al.*, 2014.

tipos de escenarios que ilustran mundos posibles, pero el número específico de escenarios posibles y dónde se ubiquen en esta figura puede variar.

De acuerdo con la Figura 1, los escenarios que combinan niveles bajos de desafíos de mitigación y adaptación son los de la Trayectoria Socioeconómica Compartida 1 (SSP1), con la narrativa de “sustentabilidad” ya que asumen: bajo crecimiento de la población, alto crecimiento económico, altos niveles de educación, gobernabilidad, una sociedad globalizada, cooperación internacional, desarrollo tecnológico y conciencia ambiental. Contrario a la SSP1, los escenarios de la SSP3 se describen como de “fragmentación”. Éstos asumen crecimiento poblacional alto y desarrollo económico bajo, niveles de educación inferiores, y una sociedad regionalizada y con poca conciencia ambiental, por lo que representan un nivel alto de desafíos para la adaptación y la mitigación.

En la narrativa de “desigualdad” de la SSP4, la tecnología avanza en los países desarrollados, pero no toda la población logra beneficiarse de ello, lo cual representa un nivel alto para la adaptación. En contrapartida, los escenarios de la SSP5 asumen un bajo crecimiento en la población, un elevado crecimiento económico y un alto desarrollo humano; sin embargo, la conciencia ambiental y la dependencia de los combustibles fósiles es todavía muy alta, por lo que representa un elevado nivel de desafío para la mitigación. Es decir, las trayectorias que son relativamente más optimistas son la SSP1 y la SSP5, y las relativamente más pesimistas son la SSP3 y la SSP4. Finalmente, los escenarios de la SSP2 se establecen de manera intermedia entre los que corresponden a la SSP1 y la SSP3 (Hasegawa, Fujimori, Takahashi y Masui, 2015; O’Neill, 2016; O’Neill *et al.*, 2014).

En la Figura 2 podemos observar cómo las narrativas se traducen en elementos socioeconómicos cuantificables, como la población y los niveles productivos, así como en elementos físicos de la Tierra, como las emisiones y el aumento de la temperatura. La narrativa SSP5 mantiene un crecimiento poblacional bajo porque asume que los países desarrollados mantendrán su patrón de baja fecundidad y los países en desarrollo tenderán a converger en el futuro, ante el supuesto de un mundo completamente globalizado. Del mismo modo, este escenario asume que este bajo crecimiento poblacional también incluye un cambio tecnológico rápido, aunado con un uso intensivo de los combustibles fósiles, por lo cual esto se traduce en mayores niveles de producción per cápita que en el resto de los escenarios. Claramente en la Figura 2 observamos que este escenario mantiene altos desafíos de mitigación, pues los niveles y el tipo energético que asume nos llevan a un mundo de altas emisiones y su subsecuente aumento de alrededor de 5 grados de temperatura para el año 2100. Si leemos otra narrativa, como la de “fragmentación”

(SSP3), observamos que describe un mundo de alto crecimiento poblacional, el más alto de todas las líneas base presentadas. Como supone, también, un cambio tecnológico más lento y barreras entre las regiones de diferente desarrollo, esto también se traduce en niveles productivos bajos. La combinación de una población creciente con poca producción nos indicaría que se enfrenta a desafíos grandes de adaptación porque habría menos recursos disponibles frente a los cuales la población puede enfrentarse a los cambios futuros. Del mismo modo, esta población creciente y los cambios tecnológicos lentos también están asociados a niveles de emisiones altas y a un aumento cercano a cuatro grados en la temperatura de la Tierra; lo que también implica un futuro donde la mitigación se presenta como un desafío amplio.

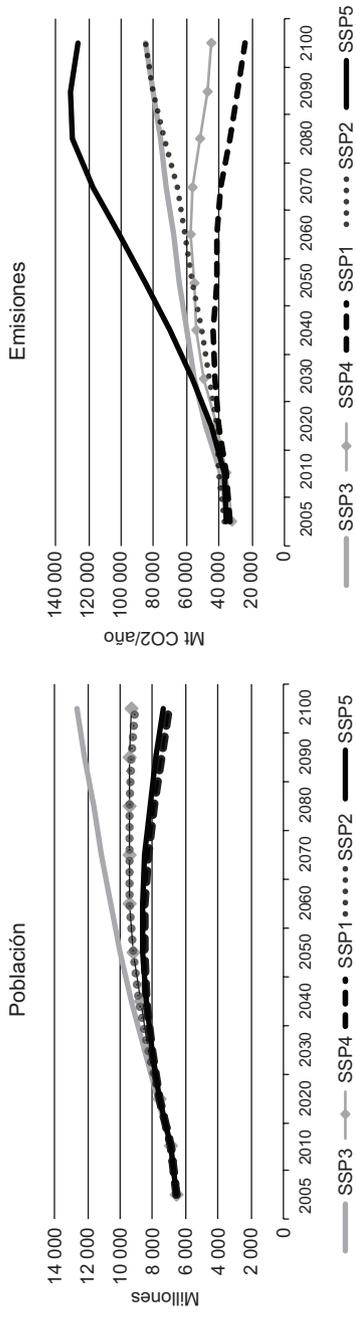
La Figura 2 muestra que las narrativas se asocian al nivel de condiciones físicas que resultan de su funcionamiento interno. No obstante, las SSP son un componente más dentro de un marco amplio de escenarios de cambio climático, el cual está basado en la combinación de estas proyecciones de condiciones socioeconómicas y la incorporación de otros dos elementos: los modelos climáticos y las suposiciones acerca de las posibles medidas en las políticas de mitigación y adaptación (IPCC, 2014; Moss *et al.*, 2010).

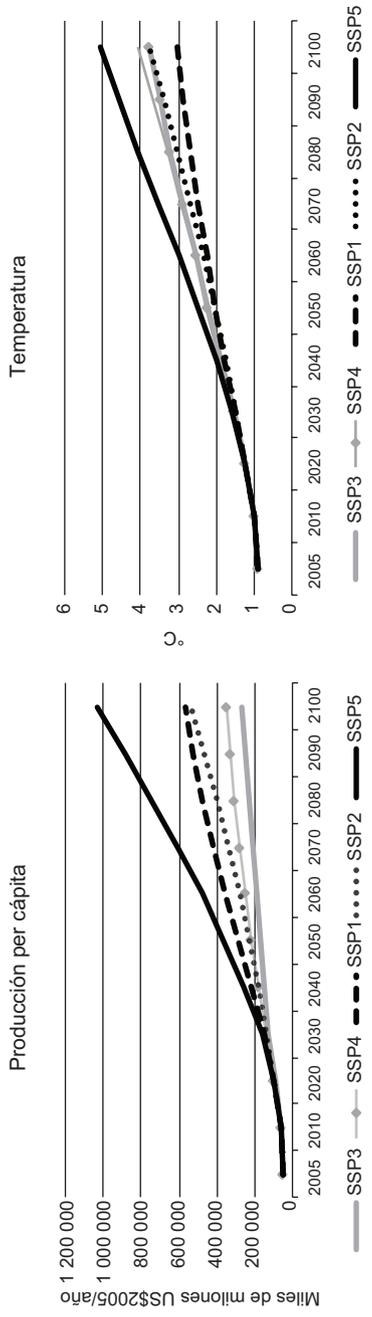
Si quisiéramos imaginar un futuro dentro de una narrativa y cómo ésta podría modificarse para llegar a condiciones distintas de emisiones y, por tanto, a distintos futuros en términos de temperatura, las SSP se pueden combinar con los modelos climáticos asociados a diferentes niveles de forzamiento radiativo (*Representative Concentration Pathways*, RCP por sus siglas en inglés). Un forzamiento radiativo es una medida de la influencia que un factor, en este caso las emisiones, tiene para alterar el equilibrio de la energía entrante y saliente en el sistema tierra-atmósfera, medida en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).<sup>5</sup> Los RCP abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre (Kriegler *et al.*, 2012; van Vuuren, Detlef y Carter, 2014). Los RCP ayudan a representar la incertidumbre sobre los efectos climáticos que habrá en un futuro con respecto al incremento de temperatura, precipitación y otras variabilidades climáticas (Moss *et al.*, 2008). Por ello, el eje de forzamiento radiativo constituye una interfaz importante entre los motores de emisiones y los motores de cambio climático (O'Neill *et al.*, 2014).

<sup>5</sup> Estos niveles de forzamiento se pueden asociar a diferentes rangos de temperatura y aumento del nivel del mar. Por ejemplo, un RCP de  $4.5 W/m^2$  prevé un aumento promedio de la temperatura global de  $1.1$  a  $2.6^\circ C$  y un aumento de  $0.32$  a  $0.63$  metros. Un RCP de  $8.5 W/m^2$  estima un aumento de  $2.6$  a  $4.8^\circ C$  en la temperatura, y un aumento de  $0.45$  a  $0.82$  metros en el nivel del mar (IPCC, 2014).

**Figura 2**

Evolución de las variables socioeconómicas y de las emisiones y temperatura globales hasta el año 2100, según las líneas base de cada una de las cinco narrativas de las SSP





Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IIASA, 2016.

Para establecer los impactos del cambio climático en los futuros asociados a las narrativas, se requiere combinar las SSP con las RCP a través de un *enfoque de matriz* (van Vuuren *et al.*, 2014). Este enfoque sitúa a cada escenario según el estado en el que las sociedades humanas y sistemas ecológicos se encuentran (O'Neill *et al.*, 2014). En esta matriz las SSP son las columnas, y los RCP las filas. Cada celda representa una combinación particular de ambos supuestos, constituyendo escenarios que combinan elementos de política para la mitigación y la adaptación, y representa un cambio en los niveles de mitigación para cada conjunto de acciones socioeconómicas (van Vuuren y Carter, 2014).

Las combinaciones posibles entre los RCP y las SSP dependen de la congruencia de los niveles de emisiones y el funcionamiento interno de las narrativas. Al describir futuros distintos, las líneas base de las narrativas de las SSP se asocian a niveles de forzamiento radiativo diferentes que permiten describir ese futuro (como lo mostramos en la Figura 2, donde cada escenario base llega a distintos niveles de temperatura). Por ejemplo, sólo dentro de la línea base de la narrativa SSP5 se pueden alcanzar niveles de forzamiento de  $8.5 \text{ W/m}^2$ ; si esta misma narrativa llegara a un nivel de forzamiento radiativo de  $4.5 \text{ W/m}^2$ , implicaría que ha habido un gran esfuerzo de mitigación para llegar a estos niveles (Riahi *et al.*, 2016). Es decir, que un elemento complementario y subyacente en la matriz son los supuestos de política pública implícitos en la combinación entre las SSP y los RCP. Ebi *et al.* (2014) señalan que estos Supuestos de Política Compartida (*Shared Policy Assumptions*, SPA por sus siglas en inglés) pueden considerarse como la dimensión global de la política climatológica, tal como los objetivos de reducción de emisiones, o en términos de indicadores de desarrollo que no deben ponerse en peligro por el cambio climático.

Parte del trabajo que se está realizando hoy en día es especificar estos supuestos para hacerlos congruentes con las trayectorias socioeconómicas especificadas y los RCP.<sup>6</sup> En suma, la matriz puede utilizarse para recrear escenarios que sean consistentes con una SSP, con una RCP y que, además, nos permita evaluar implícitamente un SPA. Es por estas combinaciones que no es posible estimar un escenario único, sino que es necesario considerar un conjunto de ellos que respondan a una narrativa, lo que graficábamos en la Figura 1, como zonas donde podría haber varios puntos con escenarios

<sup>6</sup> Pueden incorporarse algunas modificaciones a las narrativas para que ciertas variables socioeconómicas sean congruentes con los altos niveles de emisiones que supone el RCP de 8.5; de este modo se permitiría la comparación de niveles altos de RCP en las líneas base de otras narrativas, además de la SSP5, y con ello evaluar algún supuesto de mitigación con otro nivel de RCP menor (véase por ejemplo el trabajo de Ren *et al.*, 2016).

posibles del futuro. Esta flexibilidad permite evaluar diferentes elementos climáticos a lo largo de una misma trayectoria, y diferentes trayectorias bajo un mismo esquema climático (Kriegler *et al.*, 2012; Kriegler *et al.*, 2014; Moss *et al.*, 2010). Esto es útil puesto que permite establecer si los cambios sociales o los cambios climáticos son los que más repercuten en el bienestar de la población en el futuro.

En resumen, las características principales de estos nuevos escenarios son: 1) su enfoque descriptivo de las tendencias socioeconómicas y ambientales a nivel global; 2) su contenido cuantitativo y cualitativo sobre los supuestos desafíos para la mitigación y adaptación; 3) la incorporación de información con base en modelos integrativos globales sobre energía, economía y uso de suelo a escala mundial; 4) la ausencia de políticas climáticas y variables relacionadas con los efectos del cambio climático; y 5) su amplia información sobre supuestos globales para escenarios de escala regional (O'Neill *et al.*, 2014).

No obstante, la utilidad para el análisis de adaptación y vulnerabilidad de este esquema analítico se ha cuestionado al señalarse que es demasiado general, en escala geográfica y temporal, para informar adecuadamente sobre este tipo de estudios. Sin embargo, trabajos recientes han postulado que se pueden solventar estas dificultades si se identifican los factores cuantitativos claves, a escalas más pequeñas y medidas en lapsos más cortos (van Ruijven *et al.*, 2014). De hecho, ya se han extendido los análisis y narrativas a niveles subnacionales (Absar y Preston, 2015; Kamei, Hanaki y Kurisu, 2016; Mason-D'Croz *et al.*, 2016). Aunque todavía en desarrollo, hay interés sobre su utilidad para el análisis de la vulnerabilidad y la adaptación por su potencialidad para considerar cambios futuros de las condiciones que, según algunos estudios, están vinculadas con éstas. Dichas aplicaciones se discutirán con mayor profundidad en el apartado siguiente.

### **3. La nueva agenda de investigación del cambio climático y sus potencialidades para México**

Las características previamente descritas hacen de las SSP un instrumento novedoso para modelar las interacciones entre el cambio climático y el societal. Pese a su desarrollo reciente, ya se ha documentado su uso para estudiar los impactos globales del cambio climático en diversas áreas. La comparación de distintas líneas base de las trayectorias, supuestos de política o de un RCP permiten evaluar diferentes temáticas, como: la estimación de emisiones y contaminación atmosférica (Rao *et al.*, 2016); la cuantificación

de sus narrativas energéticas (Bauer *et al.*, 2017); la estimación del hambre en diversos escenarios (Hasegawa, Fujimori, Takahashi y Masui, 2015); los impactos climáticos en la agricultura (Wiebe *et al.*, 2015; Ren *et al.*, 2016), así como la demanda de agua para producir energía y alimentos (Mouratiadou *et al.*, 2016).

Por su esquema flexible e interdisciplinario, se espera que en el futuro el número y la diversidad de usuarios de las SSP crezcan y que la toma de decisiones respecto del cambio climático sea con base en estas investigaciones (Nakicenovic, Lempert y Janetos, 2014). El desarrollo de la infraestructura de modelos y datos que acompañan a las SSP podría contribuir en ese sentido.<sup>7</sup> Esto ha hecho que los resultados de las líneas base ya estén siendo utilizados como insumos de otras proyecciones y diversos análisis. Por ejemplo, actualmente las SSP están brindando insumos para modelar una serie de atributos en el futuro, sobre todo a través de información sobre población, urbanización y producto interno bruto. En específico, existen modelos de escasez y gobernanza de agua, estimación de infraestructura y conflictos civiles futuros (van Puijenbroek, Bouwman, Beusen y Lucas, 2015; Hegre *et al.*, 2016). También destacan las investigaciones recientes sobre los efectos en la salud mundial y regional de la producción alimentaria en el futuro bajo el cambio climático (Springmann *et al.*, 2016), o bien el efecto macroeconómico de la futura escasez del agua (Roson y Damania, 2016), así como las evaluaciones de política climática y de costos de la política ambiental en escenarios de incertidumbre (Enmerling *et al.*, 2016; Drouet y Emmerling, 2016). También el proyecto *The Benefits of Reduced Anthropogenic Climate Change* (BRACE) busca la aplicación de las SSP en dos escenarios de RCP para entender y cuantificar la posible reducción de impactos de las emisiones que sopesarían los costos de su mitigación (NCAR, 2016).

Las SSP están extendiendo sus aplicaciones temáticamente y a escalas menores; por ejemplo, utilizan las narrativas junto con otros métodos de participación y planeación estratégica para incorporar la perspectiva de usuarios y tomadores de decisiones (Mason-D'Croz *et al.*, 2016). Por contar con una mayor preocupación por la adaptación y la vulnerabilidad, tienen capacidad de dialogar con esquemas mixtos y específicos de adaptación; por ejemplo, existen aplicaciones subnacionales, para regiones costeras, de ciudades y su desarrollo tecnológico (Absar y Preston, 2015; Kamei, Hanaki y Kurisu, 2016; Merkens, Reimann, Hinkel y Vafeidis, 2016). También se está

<sup>7</sup> Una base de datos de las SSP, con sus respectivas proyecciones para escenarios asociados a las SSP y a distintos RCP, se encuentra accesible en línea: <https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/SSPDb/>

avanzado en tener estimaciones poblacionales con mayor especificación geográfica y de urbanización, para lograr una mejor evaluación de la adaptación y la vulnerabilidad (Jones y O'Neill, 2016). Finalmente, la potencialidad de las SSP es que posibilitan articular de manera explícita factores, actores y sectores que permiten darle prioridad a cada uno de los elementos de las líneas evolutivas de cada escenario, mostrándose lo suficientemente flexibles para admitir la incorporación de una amplia gama de información que facilita el desarrollo de las investigaciones (Absar y Preston, 2015).

En México se ha realizado investigación sobre cambio climático en múltiples áreas y escalas. La Unidad Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (Uniatmos), alojada en el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM, ha desarrollado los escenarios de cambio climático nacionales y regionales (Cavazos *et al.*, 2013). Además, se ha expandido la investigación sobre viabilidad climática, impactos del cambio climático en los ecosistemas y en la actividad humana, vulnerabilidad y adaptación; así como sobre observación sistemática del clima y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros (INECC, 2016).

Aunque se ha avanzado de manera importante en entender los motores e impactos esperados del cambio climático en México, todavía hay pocos desarrollos en lo relativo a la modelación de las condiciones socioeconómicas. Una parte importante de los esfuerzos existentes se ha concentrado en construir índices de vulnerabilidad contemporánea y, en menor medida, en observar los factores que inciden sobre la capacidad adaptativa actual. Así, la elaboración de un atlas de vulnerabilidad nacional ha sido uno de los insumos para el diseño de la política pública en el marco del Programa Especial de Cambio Climático (Monterroso *et al.*, 2014);<sup>8</sup> también este esquema geográfico de la vulnerabilidad es utilizado en relación específica con el sector agrícola, como es el caso de la producción del café y la zona sureste del país (Monterroso y Conde, 2015; Monterroso, Conde, Gay, Gómez y López, 2014). En estas investigaciones se incorpora información histórica para caracterizar el estrés climático municipal, y así se pueden identificar a los municipios con mayor exposición al riesgo. Sin embargo, existe poco trabajo sobre cómo examinar el cambio social a futuro; por ejemplo, sabemos poco sobre cómo se transformarán las condiciones de vulnerabilidad o los recursos que permiten la adaptación.

Otros estudios en México se han centrado en los impactos sectoriales del cambio climático en la agricultura, la biodiversidad, el agua, los bosques

<sup>8</sup> En este esquema se utiliza un índice de vulnerabilidad climática: frecuencia de eventos extremos, problemática ambiental, clima, características de la población, indicadores de salud, condiciones agrícolas, capital humano, capital social, capital financiero y capital nacional.

y la salud, con énfasis en sus consecuencias físicas y económicas (Magaña, Zermeño y Neri, 2012; Rojas-Soto, Sosa y Ornelas, 2012; Martínez y Fernández Bremauntz, 2004; Galindo, 2009; Conde *et al.*, 1997). Los análisis realizados desde la perspectiva agrícola estudian los efectos previstos en las especies y cultivos (especialmente maíz y café), la producción de pequeñas parcelas y los costos de adaptación, tomando como base Modelos de Circulación General (MCG) y escenarios físicos de cambio climático (Estrada, Gay y Conde, 2012; Conde, Ferrer y Orozco, 2006; Bellon, Hodson y Hellin, 2011; Gay, Estrada, Conde y Eakin, 2004; Orellana, Espadas, Conde y Gay, 2009); también se ha evaluado la vulnerabilidad en áreas protegidas y en relación con los recursos hídricos utilizando los modelos de circulación (BID, 2014). Pese a la diversidad temática, la visión del análisis integrado entre las trayectorias físicas y sociales aún no está suficientemente desarrollada en México; hace falta profundizar en la comprensión del cambio social esperado y sus interacciones con las transformaciones de los sistemas físicos. Las SSP pueden contribuir a examinar los impactos sociales del cambio climático y entender la vulnerabilidad a los mismos.

Las trayectorias socioeconómicas permiten estudiar el futuro en condiciones de crecientes desafíos de mitigación y de adaptación. En el caso de los desafíos de adaptación, los escenarios pueden brindar información referente a la creciente desigualdad. Estos escenarios pueden ser especialmente relevantes en las condiciones socioeconómicas de los países latinoamericanos, como México, donde la desigualdad es un elemento estructural de su organización social. Del mismo modo, los desafíos de mitigación de los escenarios pueden ayudar a evaluar las políticas energéticas y la organización y consumo energético, lo cual también se vuelve importante en un país con dependencia en los combustibles fósiles como México. Sin duda, el uso de la matriz de las SSP podría consolidarse como una evolución coherente con los estudios de vulnerabilidad climática que se han desarrollado en este país, y ayudar al estudio de los desiguales efectos del cambio climático en el futuro. Por ejemplo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) requieren integrar la dimensión de la sustentabilidad ambiental a las metas del combate a la pobreza. Los nuevos escenarios de cambio climático podrían emplearse para entender cómo el cambio climático condicionará las posibilidades de alcanzar los objetivos propuestos, tomando en cuenta los cambios esperados en dimensiones fundamentales como el crecimiento en la población y la economía, la innovación tecnológica y la desigualdad.

#### 4. Reflexiones finales

La aplicación de la matriz de las SSP representa la forma de modelización más reciente para el cambio climático; sus características permiten evaluar los cambios social y físico y considerar la recursividad entre estas dimensiones cuando se emplean modelos integrados. Este esquema abre la agenda de investigación para México en, al menos, tres grandes áreas: la multidisciplinariedad, la incorporación de nuevos actores, y la ampliación de las temáticas analíticas.

Por un lado, la investigación sobre cambio climático es inherentemente multidisciplinaria. El esquema de modelado de escenarios planteado es más flexible y facilita la incorporación de diversas disciplinas. En particular, la mayor complejidad con la que se diseñan los escenarios socioeconómicos demanda la incorporación de científicos sociales que trabajen sobre las trayectorias futuras de nuestras sociedades. Al mismo tiempo, ello plantea desafíos para el trabajo conjunto y el desarrollo de estas comunidades interdisciplinarias e intergubernamentales.

Otro eje donde hay desafíos es en la incorporación de otros actores, más allá de la comunidad académica. Por un lado, se exige una mayor comunicación entre los estudiosos del cambio climático y los tomadores de decisiones, sobre todo en términos del diseño y la evaluación de políticas climáticas que, por su naturaleza, son de largo alcance. Por otro lado, también es necesario expandir los actores que participan en los procesos de modelado, sobre todo para los estudios de adaptación. Una posibilidad es utilizar métodos mixtos de diseño de escenarios que puedan incorporar actores y sectores de escalas más locales. Ello podría potenciar la fiabilidad de estos ejercicios, a la vez que favorecer la expansión de su aplicación y el número de usuarios.

La agenda de investigación se está ampliando en diversos ejes temáticos. El esquema es reciente, pero ya presenta aplicaciones importantes para la evaluación de efectos globales y de algunos casos nacionales. Las herramientas para escenarios con mayores niveles de precisión geográfica y con elementos subnacionales o subregionales aún se están desarrollando. Esto es vital para su aplicación a estudios de vulnerabilidad y adaptación. Por otro lado, se requiere expandir la aplicación de los escenarios a nivel de sectores, así como considerar cómo evolucionarán —por ejemplo— la energía, la seguridad alimentaria, la sustentabilidad urbana o los usos del suelo y sus interconexiones. En nuestros contextos, entender cómo evolucionará la desigualdad dentro y entre países se vuelve esencial para el diseño de las políticas de reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la capacidad adaptativa, así como de las políticas de reducción de los costos en mitigación.

En esta revisión hemos mostrado que la metodología de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas ofrece una amplia gama de posibilidades para modelar el cambio social vinculado al cambio climático y que su diseño es suficientemente flexible para incorporar nuevas extensiones, por lo que el uso de las SSP es una forma innovadora para imaginar y evaluar los posibles futuros comunes a los que nos enfrentaremos.

## Bibliografía

- Absar, S.M. y B.L. Preston (2015), "Extending the Shared Socioeconomic Pathways for sub-national impacts, adaptation, and vulnerability Studies", *Global Environmental Change*, núm. 33, pp. 83-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.002>
- Arnell, N.W., M.J. Livermore, S. Kovats, P.E. Levy, R. Nicholls, M.L. Parry y S.R. Gaffin (2004), "Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: Characterising the SRES storylines", *Global Environmental Change*, vol. 14, núm. 1, pp. 3-20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.004>
- Bauer, N., K. Calvin, J. Emmerling, O. Fricko, S. Fujimori, J. Hilaire, ... D.P. van Vuuren (2017), "Shared socio-economic pathways of the energy sector-quantifying the narratives", *Global Environmental Change*, vol. 42, pp. 316-330. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.07.006>
- Bellon, M.R., D. Hodson y J. Hellin (2011), "Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, núm. 33, pp. 13432-13437.
- BID (2014), "Diagnóstico integrado con identificación de áreas prioritarias. Plan de Adaptación, Ordenamiento y Manejo integral de las Cuencas de los Ríos Grijalva y Usuamacinta (PAOM)", Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo.
- Carter, T.R., M. Parry, H. Harasawa y S. Nishioka (1994), *IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations: Part of the IPCC special report to the first session of the Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change*, Londres, World Meteorological Organization / United Nations Environmental Program.
- Cavazos, T., J.A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto González, ... M.E. Bravo (2013), "Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional", informe, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Conde, C., R. Ferrer y S. Orozco (2006), "Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study", *Atmósfera*, vol. 19, núm. 3, pp. 181-194. Disponible en: <http://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/8559>

- Conde, C., D.M. Liverman, M. Flores, R. Ferrer, R. Araújo, E. Betancourt, ... C. Gay (1997), "Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change", *Climate Research*, vol. 9, núms. 1-2, pp. 17-23.
- Drouet, L. y J. Emmerling (2016), "Climate policy under socio-economic scenario uncertainty", *Environmental Modelling & Software*, núm. 79, pp. 334-342. doi:10.1016/j.envsoft.2016.02.010
- Ebi, K.L., S. Hallegatte, T. Kram, N.W. Arnell, T.R. Carter, J. Edmonds, ... T. Zwic- kel (2014), "A new scenario framework for climate change research: Background, process, and future directions", *Climatic Change*, vol. 122, núm. 3, pp. 363-372. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0912-3>
- Emmerling, J., L. Drouet, L.A. Reis, M. Bevione, L. Berger, V. Bosetti, ... P. Havlik (2016), "The WITCH 2016 Model. Documentation and implementation of the Shared Socioeconomic Pathways", documento de trabajo, Milán, Fondazione Eni Enrico Mattei. Disponible en: <http://purl.umn.edu/240748>
- Estrada, F., C. Gay y C. Conde (2012), "A methodology for the risk assessment of climate variability and change under uncertainty. A case study: coffee production in Veracruz, Mexico", *Climatic Change*, vol. 113, núm. 2, pp. 455-479. doi:10.1007/s10584-011-0353-9
- Fernández Eguarte, A., J. Zavala, R. Romero, C. Conde y R.I. Trejo (2014), "Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica", informe, México, UNAM / INECC.
- Füssel, H.-M. y R.J.T. Klein (2006), "Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking", *Climatic Change*, vol. 75, núm. 3, pp. 301-329. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-006-0329-3>
- Galindo, L.M. (2009), "La economía del cambio climático en México", México, Semarnat. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/2009\\_economia\\_cc\\_mex.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/2009_economia_cc_mex.pdf)
- Gay, C., F. Estrada, C. Conde y H. Eakin (2004), "Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México)", en C. Diego, J.C. García, D. Rasilla, P. Fernández y C. Garmendia (coords.), *El clima, entre el mar y la montaña*, Santander, Asociación Española de Climatología, pp. 651-660.
- Grundmann, R. y N. Stehr (2010), "Climate change: What role for sociology? A response to Constance Lever-Tracy", *Current Sociology*, vol. 58, núm. 6, pp. 897-910. doi:10.1177/0011392110376031
- Hackmann, H. y S. Moser (2015), "El cambio social y ambiental en un mundo complejo e incierto", en *Informe Mundial sobre Ciencias Sociales 2013: Cambios ambientales globales*, París, UNESCO / ISSC
- Hasegawa, T., S. Fujimori, K. Takahashi y T. Masui (2015), "Scenarios for the risk of hunger in the twenty-first century using Shared Socioeconomic Pathways", *Environmental Research Letters*, vol. 10, núm. 1, 14010. doi:10.1088/1748-9326/10/1/014010

- Hegre, H., H. Buhaug, K.V. Calvin, J. Nordkvelle, S.T. Waldhoff y E. Gilmore (2016), “Forecasting civil conflict along the Shared Socioeconomic Pathways”, *Environmental Research Letters*, vol. 11, núm. 5, pp. 54002. Disponible en: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/054002>
- IIASA (2016), “SSP PublicDatabase (Shared Socioeconomic Pathways), version 1.1”, Laxenburg, International Institute for Applied Systems Analysis. Disponible en: <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>
- INECC (2016), “La investigación sobre el cambio climático”, documento de trabajo, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- IPCC (2000), *Escenarios de emisiones. Informe especial del IPCC*, Ginebra, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC (2014), *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas*, informe, Ginebra, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Jones, B. y B.C. O’Neill (2016), “Spatially explicit global population scenarios consistent with the Shared Socioeconomic Pathways”, *Environmental Research Letters*, vol. 11, núm. 8. Disponible en: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/8/084003/pdf](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/8/084003/pdf)
- Kamei, M., K. Hanaki y K. Kurisu (2016), “Tokyo’s long-term Socioeconomic Pathways: Towards a sustainable future”, *Sustainable Cities and Society*, núm. 27, pp. 73-82. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/305383154\\_Tokyo%27s\\_Long-term\\_Socioeconomic\\_Pathways\\_Towards\\_a\\_Sustainable\\_Future](https://www.researchgate.net/publication/305383154_Tokyo%27s_Long-term_Socioeconomic_Pathways_Towards_a_Sustainable_Future)
- Kriegler, E., J. Edmonds., S. Hallegatte, K.L. Ebi, T. Kram, K. Riahi, ... D.P. van Vuuren (2014), “A new scenario framework for climate change research: The concept of shared climate policy assumptions”, *Climatic Change*, vol. 122, núm. 3, pp. 401-414. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0971-5>
- Kriegler, E., B. O’Neill, S. Hallegatte, T. Kram, R. Lempert, R. Moss y T. Wilbanks (2010), “Socio-economic scenario development for climate change analysis”, *CIRE Working Paper*, núm. DT/WP2010-23, Lieja International Conference on Electricity Distribution. Disponible en: <http://www.centre-cired.fr/IMG/pdf/CIREWP-201023.pdf>
- Kriegler, E., B.C. O’Neill, S. Hallegatte, T. Kram, R.J. Lempert, R.H. Moss y T. Wilbanks (2012), “The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: A new approach based on shared socio-economic pathways”, *Global Environmental Change*, vol. 22, núm. 4, pp. 807-822. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378012000593>
- Leff, E. (2011), “Sustentabilidad y racionalidad ambiental: hacia ‘otro’ programa de sociología ambiental”, *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 73, núm. 1, pp. 5-46. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32118437001>
- Lever-Tracy, C. (2008), “Global warming and sociology”, *Current Sociology*, vol. 56, núm. 3, pp. 445-466. doi:10.1177/0011392107088238

- Magaña, V., D. Zermeño y C. Neri (2012), “Climate change scenarios and potential impacts on water availability in northern Mexico”, *Climate Research*, vol. 51, núm. 2. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/277518819\\_Climate\\_change\\_scenarios\\_and\\_potential\\_impacts\\_on\\_water\\_availability\\_in\\_northern\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/277518819_Climate_change_scenarios_and_potential_impacts_on_water_availability_in_northern_Mexico)
- Magaña-Rueda, V., B. Graizbord, J. Buenfil-Friedman y L. Gómez-Mendoza (2000), “Escenarios de cambio climático y tendencias en la zona del Golfo de México”, en *Escenarios de cambio climáticos para México*, México, INECC. Disponible en: [www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/610/cap6.pdf](http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/610/cap6.pdf)
- Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.) (2004), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- Mason-D’Croz, D., J. Vervoort, A. Palazzo, S. Islam a, S. Lord, A. Helfgott, ... L. Lipper (2016), “Multi-factor, multi-state, multi-model scenarios: Exploring food and climate futures for Southeast Asia”, *Environmental Modelling & Software*, núm. 83, pp. 255-270. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.008>
- Merkens, J.-L., L. Reimann, J. Hinkel y A.T. Vafeidis (2016), “Gridded population projections for the coastal zone under the shared socioeconomic pathways”, *Global and Planetary Change*, núm. 145, pp. 57-66. doi:10.1016/j.gloplacha.2016.08.009
- Monterroso, A. y C. Conde (2015), “Exposure to climate and climate change in Mexico”, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 6, núm. 4, pp. 272-288. doi:10.1080/19475705.2013.847867
- Monterroso, A., C. Conde, C. Gay, D. Gómez y J. López (2014), “Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 19, núm. 4, pp. 445-461. doi:10.1007/s11027-012-9442-y
- Monterroso, A., A. Fernández, R. Trejo, C. Conde, J. Escandón, L. Villers y C. Gay (2014), *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*, México, UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera.
- Moss, R.H., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, ... M. Zurek (2008), *Exploración de nuevos escenarios para el análisis de las emisiones, del cambio climático, de sus impactos y de las estrategias de respuesta*, Ginebra, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Moss, R.H., J.A. Edmonds, K. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren, ... T.J. Wilbanks (2010), “The next generation of scenarios for climate change research and assessment”, *Nature*, vol. 463, núm. 7282, pp. 747-56. Disponible en: <https://www.nature.com/nature/journal/v463/n7282/supinfo/nature08823.html>
- Mouratiadou, I., A. Biewald, M. Pehl, M. Bonsch, L. Baumstark, D. Klein, ... E. Kriegler (2016), “The impact of climate change mitigation on water demand for energy and food. An integrated analysis based on the Shared Socioeconomic

- Pathways”, *Environmental Science & Policy*, núm. 64, pp. 48-58. doi:10.1016/j.envsci.2016.06.007
- Nakicenovic, N. (coord.) (2000), *Special report on emissions scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Cambridge.
- Nakicenovic, N., R.J. Lempert y A.C. Janetos (2014), “A framework for the development of new socio-economic scenarios for climate change research. Introductory essay: A forthcoming special issue of climatic change”, *Climatic Change*, vol. 122, núm. 3, pp. 351-361. doi:10.1007/s10584-013-0982-2
- NCAR (2016), “BRACE, Benefits of Reduced Anthropogenic Climate Change. CHSP, Climate & Human Systems Project”, Boulder, National Center for Atmospheric Research. Disponible en: <https://chsp.ucar.edu/brace-benefits-reduced-anthropogenic-climate-change>
- O’Neill, B.C. (2016), “The Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) and their extension and use in impact, adaptation and vulnerability studies”, documento de trabajo para la sesión Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), 19th Conference on Global Economic Analysis, Banco Mundial, Washington, D.C., 15 a 17 de junio. Disponible en: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/8175.pdf>
- O’Neill, B.C., E. Kriegler, K.L. Ebi, E. Kemp-Benedict, K. Riahi, D.S. Rothman, ... W. Solecki (2014), “The roads ahead: Narratives for Shared Socioeconomic Pathways describing world futures in the 21st century”, *Global Environmental Change*, vol. 42 pp.169-180. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378015000060>
- Orellana, Roger, C. Espadas, C. Conde y C. Gay (2009), *Atlas de escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán*, Mérida, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Disponible en: <http://www.ccpy.gob.mx/agenda-regional/escenarios-cambio-climatico/atlas/>
- Pardo Buendía, M. (2007), “El impacto social del cambio climático”, *Panorama social*, núm. 5, Fundación de las Cajas de Ahorros, pp. 22-35.
- van Puijenbroek, P.J., A.F. Bouwman, A.H. Beusen y P.L. Lucas (2015), “Global implementation of two Shared Socioeconomic Pathways for future sanitation and wastewater flows”, *Water Science & Technology*, vol. 71, núm. 2. doi:10.2166/wst.2014.498
- Ramirez, R., M. Mukherjee, S. Vezzoli y A. Matus Kramer (2015), “Scenarios as a scholarly methodology to produce ‘interesting research’”, *Futures*, núm. 71, pp. 70-87. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328715000841>
- Rao, S., Z. Klimont, S.J. Smith, R. Van Dingenen, F. Dentener, L. Bouwman, ... M. Tavoni (2016), “Future air pollution in the Shared Socio-Economic Pathways”, *Global Environmental Change*, vol. 42, pp. 346-358. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016300723>
- Ren, X., M. Weitzel, B.C. O’Neill, P. Lawrence, P. Meiyappan, S. Levis, ... M. Dal-

- ton (2016), “Avoided economic impacts of climate change on agriculture: Integrating a Land Surface Model (CLM) with a Global Economic Model (iPETS)”, *Climatic Change*, septiembre. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-016-1791-1>
- Riahi, Keywan, D.P. van Vuuren, E. Kriegler, J. Edmonds, B.C. O’Neill, S. Fujimori, ... L. Baumsta (2016), “The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview”, *Global Environmental Change*, vol. 42, pp. 153-168. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016300681>
- Rojas-Soto, O., V. Sosa y J.F. Ornelas (2012), “Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: Conservation insights under future climate change scenarios”, *Biodiversity and Conservation*, vol. 21, núm. 10, pp. 2671-2690.
- Roson, R. y R. Damania (2016), “Simulating the macroeconomic impact of future water scarcity: An assessment of alternative scenarios”, Documento de trabajo, núm. 84, Milán, Bocconi University, Center for Research on Energy and Environmental Economics and Policy. Disponible en: <ftp://ftp.unibocconi.it/pub/RePEc/bcu/papers/iefewp84.pdf>
- Sánchez Peña, L. (2014), “Una mirada demográfica a las metas de mitigación de gases de efecto invernadero en México”, en S.E. Giorguli Saucedo y V. Ugalde (coords.), *Gobierno, territorio y población: las políticas públicas en la mira*, México, El Colegio de México, A.C., pp. 611-644.
- Springmann, M., D. Mason-D’Croz, S. Robinson, Tara Garnett, H.C.J. Godfray, D. Gollin, ... P. Scarborough (2016), “Global and regional health effects of future food production under climate change: A modelling study”, *The Lancet* vol. 387, núm.10031, pp. 1937-1946. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673615011563>
- Tol, R.S.J. y S. Fankhauser (1998), “On the representation of impact in integrated assessment models of climate change”, *Environmental Modeling & Assessment*, vol. 3, núm. 1-2, pp. 63-74. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1019050503531>
- van Ruijven, B.J., M.A. Levy, A. Agrawal, F. Biermann, J. Birkmann, T.R. Carter, ... V.J. Schweizer (2014), “Enhancing the relevance of Shared Socioeconomic Pathways for climate change impacts, adaptation and vulnerability research”, *Climatic Change*, vol. 122, núm. 3, pp. 481-494. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-013-0931-0>
- van Vuuren, Detlef P. y Timothy R. Carter (2014), “Climate and socio-economic scenarios for climate change research and assessment: Reconciling the new with the old”, *Climatic Change*, vol. 122, núm. 3, pp. 415-429. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-013-0974-2>
- van Vuuren, Detlef P., Elmar Kriegler, Brian C. O’Neill, Kristie L. Ebi, Keywan Riahi, Timothy R. Carter, ... Harald Winkler (2014), “A new scenario framework for climate change research: Scenario Matrix Architecture”, *Climatic Change* vol. 122, núm. 3, pp. 373-386. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-013-0906-1>

Wiebe, K., H. Lotze-Campen, R. Sands, A. Tabeau, D. van der Mensbrugge, A. Biewald, ... D. Willenbockel (2015), "Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios", *Environmental Research Letters*, vol. 10, núm. 8. Disponible en: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/8/085010/pdf](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/8/085010/pdf)

### Acerca de las autoras

**Ana Escoto Castillo** es doctora en Estudios de Población por El Colegio de México, A.C. Sus líneas de investigación giran en torno a la relación del cambio climático y la distribución de ingresos, el consumo energético de los hogares, así como el análisis sociodemográfico de los mercados laborales latinoamericanos. Es investigadora posdoctoral en el proyecto "Pobreza y cambio climático en México" del Centro de Estudios Urbanos, Demográficos y Ambientales de El Colegio de México, A.C., como parte de la iniciativa Partnerships for Enhanced Engagement in Research (PEER), administrada por la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos. Es candidata al Sistema Nacional de Investigadores.

**Landy Sánchez Peña** es profesora investigadora del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México, A.C. Tiene un doctorado en Sociología y una especialización en Geografía por la Universidad de Wisconsin-Madison. Su investigación se enfoca en examinar las intersecciones entre desigualdad, cambio demográfico y medio ambiente. Ha publicado nacional e internacionalmente acerca de consumo energético, emisiones de gases de carbono en áreas urbanas y desarrollo sustentable, así como sobre desigualdad espacial y transformaciones de los hogares. Forma parte de los comités directivos del Population and Environment Research Network (PERN) y del Panel sobre Demografía Espacial de la IUSSP. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Actualmente investiga sobre los efectos distributivos del cambio climático y sobre las transformaciones de los hogares y la pobreza.

**Sheila Gachuz** es egresada de la licenciatura en Biología por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco; cuenta con una especialidad en Economía, Ecología y Ambiente por el Posgrado de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México; y es maestra en Ecología Internacional por El Colegio de la Frontera Sur, México, y la Université de Sherbrooke, Canadá. Ha participado en distintos proyectos de investigación

a nivel nacional e internacional en temas de ecología costera, agroecología urbana, pobreza y cambio climático. Ha colaborado en instituciones como El Colegio de México, A.C. y el Instituto de Ecología, A.C. Actualmente labora como asesora en conservación y manejo en la Dirección General de Conservación para el Desarrollo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Fecha de recepción: 18 de octubre de 2016.

Fecha de aceptación: 14 de marzo de 2017.

