

Un esquema transformador para la acción climática

Centremos a los seres humanos en la transición de nuestro país a la energía limpia

La crisis climática ya se está manifestando de manera devastadora y costosa en todo el mundo, afectando desproporcionadamente a las comunidades étnicas y raciales marginadas y de bajos recursos. Trabajando juntos, los países tienen que mitigar los peores impactos climáticos que vendrán, reduciendo a la mitad las emisiones globales de carbono para 2050 (IPCC 2018; IEA 2021). Estados Unidos tiene que aportar a estos esfuerzos la parte que le corresponde.

Reducir el consumo de combustibles fósiles (una de las principales soluciones climáticas) también brindará beneficios a la salud pública. Producir, transportar y quemar estos combustibles sucios genera cantidades enormes de contaminación del aire, del agua y del suelo, lo que contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y pulmonares, asma y cáncer. Desde las comunidades de minería de carbón en Appalachia hasta las comunidades vecinas de las zonas industriales que utilizan combustibles fósiles, vertederos de ceniza de carbón y corredores dedicados al transporte de mercancías (comunidades que suelen ser desproporcionadamente de etnias y razas marginadas y de bajos recursos), la gente sufre los costos mortales y destructivos de los combustibles fósiles por los que el mercado no se ha responsabilizado ni se ve reflejado en los precios.

Alcanzar nuestras metas climáticas se trata de mucho más que de reducir las emisiones de carbono. Si miramos más allá del carbono hacia todas las maneras en que nuestra economía basada en los combustibles fósiles afecta a las personas, podemos descubrir nuevas oportunidades para el progreso. Hacer la transición de una economía dependiente de los combustibles fósiles para una impulsada por la energía limpia es una oportunidad emocionante para avanzar en múltiples e importantes prioridades importantes: el empleo, la salud y la justicia. Adaptar las políticas públicas y las inversiones a estas prioridades puede ayudar a asegurar que los cambios necesarios ocurran rápidamente y los beneficios se acumulen de manera equitativa para los trabajadores y todas las comunidades.

Al mismo tiempo, las circunstancias históricas y actuales muestran que la raza, las clases sociales, los ingresos, el poder político y hasta las tradiciones están profundamente entrelazadas con nuestro sistema energético basado en combustibles fósiles. Para desenredar un desafío hay que desenredar los demás. Una transición tecnológica llevada *de la mano con* una transformación social representa el camino más seguro para alcanzar nuestras metas climáticas de manera justa y equitativa.

El presente informe, fruto de un esfuerzo colaborativo entre la Unión de Científicos Conscientes (UCS por sus siglas en inglés) y un comité asesor de expertos, es motivado por una visión positiva por enfrentar las complejas crisis del cambio climático, el racismo estructural y una creciente desigualdad de ingresos que enfrenta el país (Caja 1). Partimos de los principios rectores fundamentales arraigados en la ciencia y la justicia. Luego utilizamos un ejercicio de modelado de datos para explorar la magnitud y ritmo del cambio tecnológico necesario para reducir las emisiones de carbono del sistema energético, y simultáneamente usamos esos hallazgos analíticos para elevar las amplias implicaciones económicas y sociales que son imprescindibles para promover las soluciones multidimensionales que el marco de modelo no logra captar. Por último, acoplamos los principios con las

modalidades para destacar las intervenciones políticas que pueden dar importantes beneficios a la salud pública y a la economía de las comunidades en todo el país.

Instamos a los servidores públicos y las partes interesadas a todo nivel de nuestra sociedad y en cada rincón de nuestro país a aprovechar este momento y a tomar pasos determinados para hacer realidad esta visión y encaminar a Estados Unidos en una ruta más saludable, sostenible y próspera. Si se diseñan de manera intencional, las políticas y las inversiones que reducen las emisiones que causan el calentamiento global drásticamente también podrán avanzar la causa de justicia ambiental, apoyar una transición justa para las personas que trabajan en el sector de combustibles fósiles y sus comunidades, crear millones de puestos de trabajo de buena calidad y promover la resiliencia climática. Tales políticas e inversiones focalizadas tienen que ser una prioridad durante ésta y futuras décadas.

Caja 1. Una asociación colaborativa: Desarrollar una visión para una transformación hacia la energía limpia centrada en las personas.

La UCS y un comité asesor de expertos participaron en una colaboración de dos años para desarrollar un marco más integral para un enfoque justo y equitativo para lograr la descarbonización profunda del sistema energético estadounidense. Los miembros del comité asesor aportan una amplia gama de perspectivas a este tema. El presente informe representa la síntesis de conocimientos importantes que han surgido de nuestro trabajo compartido. Sus temas son variados y esperamos que brinden un punto de partida y una base sólida para una visión y para una transición hacia la energía limpia centrada en las personas. Todos nosotros creemos en esta visión, aunque puede haber una diversidad de perspectivas con respeto a las políticas específicas que se deben implementar para lograrla. Este trabajo también será desarrollado a través de materiales adicionales que respondan a una gama de necesidades de las partes interesadas.

Los miembros del comité asesor:

Ted Boettner, Investigador Sénior, Ohio River Valley Institute

Chandra Farley, Director, Just Energy Partnership for Southern Equity

Brett Isaac, Fundador, Navajo Power

Jackson Koeppel, Director Ejecutivo Fundador, Soulardarity

Dr. Monica Unseld, Fundadora, Until Justice Data Partners

Dr. Shelley Welton, Profesora Asistente, Universidad de Carolina de Sur, Facultad de Derecho

I. Principios para una transición energética transformadora

Proponemos **tres principios fundamentales para una transición transformadora a la energía limpia** (ver Caja 2 para nuestra definición de energía limpia). Este enfoque integral debe

- abordar la crisis climática de manera eficaz,
- promover la equidad y la justicia,
- impulsar un cambio sistémico, no gradual.

Estos principios para la transición que se acerca, y cuyos objetivos apuntan a lograr, están basados en la manera en que entendemos cómo llegamos a este punto de complejas crisis convergentes, que describimos con más detalle más adelante.

CONTEXTO PARA LOS PRINCIPIOS

La historia de la dependencia de los combustibles fósiles de nuestro país es compleja, pero en el fondo existe un sistema político y económico cuyos incentivos están fuertemente sesgados hacia las ganancias empresariales, incluso a expensas del bienestar de la sociedad, algo que ha distorsionado las políticas y sus resultados de forma importante. Mucho antes de que el cambio climático se volviera un imperativo urgente, la carga inmensa a la salud y al medioambiente resultante de la extracción y la quema de combustibles fósiles debería haber indicado la necesidad de girar hacia una energía más limpia. Sin embargo, las personas siguen sufriendo los impactos del consumo de combustibles fósiles. Hoy 135 millones de personas en Estados Unidos viven en condados con aire insalubre, principalmente por la quema de combustibles fósiles. Las personas de comunidades étnicas y raciales marginadas tienen más de tres veces más probabilidades que las personas blancas de respirar el aire más contaminado (ALA 2021). Según una estimación, la contaminación por material particulado generado por de la quema de carbón, gasolina y diésel mata a aproximadamente 355.000 personas cada año en Estados Unidos (Vohra et al. 2021). La contaminación producida por el uso anterior de recursos, como las tierras mineras y pozos petrolíferos y de gas abandonados, vertederos de ceniza de carbón y suelos contaminados, también representa un desafío permanente para las comunidades. Las comunidades étnicas y raciales marginadas y de bajos recursos son las que desproporcionadamente han tenido que asumir la carga de la contaminación proveniente de la extracción, el transporte y la quema de combustibles fósiles, las mismas comunidades que han sido históricamente marginadas y sujetas al racismo sistémico (Donaghy y Jiang 2021; Tessum et al. 2021; Thind et al. 2019).

Los derechos laborales también se han visto cada vez más socavados ya que los sindicatos han perdido terreno y los empleos bien remunerados y capaces de sostener a una familia están amenazados a medida que las corporaciones vayan buscando métodos cada vez más económicos de hacer negocios. Mientras tanto, un número récord de desmantelamientos de centrales eléctricas de carbón en los últimos años ha arruinado los medios de subsistencia de los mineros de carbón y las economías de las comunidades de minería de carbón. Al mismo tiempo, algunas empresas de carbón se han declarado en quiebra y han eludido sus obligaciones de pago por pensiones y atención médica de los trabajadores además de sus obligaciones de limpiar la contaminación producida por las operaciones mineras.

Experiencia previa también indica que, si una transición económica no cuenta con inversiones proactivas e intencionales, los trabajadores y sus comunidades pueden terminar siendo ignoradas y olvidadas. Por ejemplo, cuando un sector experimenta una desaceleración (como se ve hoy en la industria de carbón), los trabajadores y las comunidades cercanas a las operaciones mineras suelen quedar desamparados y asumen solos las consecuencias económicas. A medida que nos alejamos de los combustibles fósiles, cada vez más trabajadores y comunidades se verán afectados. El país tiene que hacer más para invertir en capacitación de trabajadores, educación, nuevas oportunidades laborales, diversificación económica y una red justa de seguridad social que cubra las necesidades básicas, como la alimentación, el alojamiento y la salud.

En este marco, es evidente que para garantizar una transición a energía baja en carbono que cumpla con las metas climáticas, tendremos que enfrentar los fallos sistémicos del pasado y del presente. Este contexto también nos motiva a pensar más allá de reducciones a las emisiones de carbono para desarrollar políticas climáticas justas y equitativas.

TRES PRINCIPIOS PARA UNA TRANSICIÓN TRANSFORMADORA A LA ENERGÍA LIMPIA

1. Abordar la crisis climática de manera eficaz. La transición a una economía baja en carbono debe estar arraigado en objetivos y cronogramas climáticos: hacer reducciones a las emisiones que atrapan el calor de al menos un 50 por ciento por debajo de los niveles del 2005 para 2030 y lograr cero emisiones netas de carbono para toda la economía para 2050 a más tardar, dando prioridad a las reducciones absolutas y directas de

emisiones que se logran a través de una importante reducción en el consumo de combustibles fósiles que también garantizará reducciones en otros contaminantes dañinos. La ciencia indica que tendremos que doblar drásticamente la curva global de emisiones de carbono *dentro de esta década* para tener la posibilidad de mantener nuestros objetivos climáticos al alcance (Cleetus y Spanger-Siegfried 2021; IEA 2021; IPCC 2018; UNFCCC 2021).

Como uno de los principales responsables de las emisiones de carbono, Estados Unidos tiene una responsabilidad particular para reducir sus emisiones de manera rápida y drástica. La administración de Biden se ha comprometido a reducir las emisiones en el país por entre un 50 y 52 por ciento por debajo de los niveles de 2005 para el año 2030 (Casa Blanca 2021a), un importante paso adelante que requiere que se aleje de los combustibles fósiles. Es necesario tomar más pasos así en los años que vienen (incluso más reducciones a emisiones y financiación internacional para el tema climático a países en vías de desarrollo) para aportar la parte que nos corresponde a los esfuerzos internacionales para enfrentar la crisis climática (USCAN 2020).

Incluso si alcanzamos nuestros más ambiciosos objetivos con respecto al carbono, las emisiones pasadas y actuales aún nos obligarán a enfrentar impactos climáticos que son significativos y que están empeorando, algo que amenaza con provocar una disrupción social severa e inequitativa. Por eso tenemos que invertir en aumentar la resiliencia climática al calor extremo, las inundaciones, las sequías, los incendios forestales, los aumentos en la temperatura marítima y en la acidificación oceánica, entre otros impactos climáticos. Hay que priorizar los enfoques que ponen primero a la salud y al bienestar de las personas, incluso los que aseguran que la infraestructura energética crítica sea climáticamente resiliente.

2. Promover la equidad y la justicia. La transición a una energía limpia, justa y equitativa tiene que ser orientada hacia un conjunto integral de prioridades, procesos y medidas que incluyan la salud pública, el empleo y prioridades relacionadas con la justicia ambiental y el traspaso del poder y los procesos de toma de decisiones a las comunidades (BGA 2019; EJNCF 2019; EPA s.f.; Welton y Eisen 2019). La equidad y la justicia requieren que todas las personas estén protegidas de los daños ambientales, climáticos y económicos que se puedan presentar en nuestro sistema energético actual y durante el proceso de transición, y que tengan acceso equitativo a los procesos de toma de decisiones relacionados con esa transición. Se trata tanto de un resultado al que debemos apuntarnos como un proceso que indica cómo lograrlo. Los resultados justos y equitativos se alcanzan cuando (1) se promueve la participación comunitaria e incluyente en las decisiones sobre las políticas y los recursos y su manejo; (2) las permanentes injusticias ambientales del pasado y del presente son reconocidas; (3) se garantiza el acceso equitativo a los beneficios de la transición a una energía limpia; (4) se aborda de manera proactiva la sostenibilidad ambiental de materiales energéticos, cadenas de suministro y opciones de implementación (Gignac 2020) además de temas de derechos humanos relacionados con conseguir componentes críticos; y (5) se brindan inversiones intencionales, robustas y sostenidas en los trabajadores y comunidades desplazados por las transiciones en el sistema energético (Richardson y Anderson 2021).

3. Impulsar el cambio sistémico, no solo incremental. Para una rápida descarbonización de nuestra economía centrada en las personas, necesitaremos un cambio acelerado sin precedentes hacia una energía limpia, además de cambios sociales que faciliten un consumo, una producción y patrones de desarrollo sostenibles. Necesitaremos nuevas inversiones en una red energética modernizada y expandida, nuevos incentivos en nuestro sistema energético que premien la energía libre de carbono y no contaminante, y nuevas formas de gestión política que garanticen que todas las comunidades (en particular las que han sido históricamente marginadas) puedan prosperar en la nueva economía de energía limpia. Tendremos que enfrentarnos con los intereses poderosos del sector de combustibles fósiles y democratizar los procesos de toma de decisiones y los beneficios brindados por nuestro sistema energético.

Los análisis y las políticas tienen que ir más allá del estado actual y cuestionar las normas del mercado y las estructuras que impiden el despliegue rápido y equitativo de la energía limpia. Un vistazo al panorama energético actual indica que los costos asociados con la energía renovable están cayendo dramáticamente y, en muchos lugares, las energías renovables representan la forma más barata de energía nueva que se puede instalar. Sin embargo, las estructuras de mercado, los subsidios y los sistemas de gobernanza actuales suelen apoyar a los

combustibles fósiles y fortalecer las decisiones que mantienen el estado actual, incluso las decisiones de mantener en operación las centrales eléctricas de carbón, promover la fuerte demanda por el gas natural y redoblar la infraestructura para los vehículos a gasolina. Las normas del mercado y los precios no toman en cuenta los costos a la salud pública y al clima asociados con el uso de combustibles fósiles, en particular la carga de contaminación acumulada que llevan las comunidades de justicia ambiental. Por lo tanto, estas normas y precios producen resultados que lastiman a la gente y al planeta.

Otras necesidades adicionales incluyen promover modelos de propiedad comunitaria y cooperativa (Welton 2017), impulsar la innovación en todos los planos (tecnología, política pública y sociedad) y reducir drásticamente la infraestructura y consumo de combustibles fósiles, incluso el desmantelamiento del poder excesivo de la industria de combustibles fósiles y las empresas eléctricas, para disminuir su influencia sobre las opciones energéticas del país al nivel federal, estatal y local. Para evitar que se cometan los mismos errores y daños del pasado, hay que priorizar las políticas y las inversiones para las comunidades que han sido históricamente marginadas mientras realizamos la transición a energías más limpias, como por ejemplo a través de la iniciativa Justice40 lanzada por la administración de Biden (Casa Blanca 2021b; Justice40 2021).¹

Caja 2. Para un sistema energético limpio hay que pensar más allá de las emisiones de carbono.

Aunque a veces los términos *energía limpia* y *energía de baja o cero emisiones de carbono* se utilizan indistintamente, es importante mirar más allá de las emisiones de carbono y distinguir cuidadosamente las diferentes formas de energía, según los impactos globales que cada una genera en el medio ambiente, la salud pública y la sociedad.

El carbón, el petróleo, el gas natural y la incineración de residuos no representan fuentes energéticas ni limpias ni de bajo carbono. La producción de energía renovable, como la energía solar y eólica, debidamente situada según los principios de la justicia ambiental y usada de manera sostenible representan los recursos más limpios que existen hoy: generan pocas o ningunas emisiones que atrapan el calor ni contaminantes del aire, del agua ni del suelo, y en general representan un bajo riesgo ambiental y social. Por otro lado, la energía nuclear y la producción energética por quema de combustibles fósiles con la captura y almacenamiento de carbono (CAC), son fuentes energéticas de bajo carbono, pero pueden generar otros impactos adicionales e importantes al medio ambiente, la salud pública y la sociedad. Con respecto a otros recursos, como la bioenergía y la energía hidroeléctrica, importan el diseño de proyecto y el nivel de consumo de los recursos: algunas de sus aplicaciones conllevarán altos impactos ambientales y sociales, mientras otras seguirán las normas estrictas de sostenibilidad, salud pública y medio ambiente.

Es importante que los responsables del desarrollo de políticas públicas, las comunidades y otras partes interesadas reconozcan estas diferencias mientras tomemos decisiones sobre cómo limpiar nuestro sistema energético y nos esforcemos para mitigar los impactos dañinos residuales sobre las personas y el medio ambiente.

II. Explorar las modalidades para reducir el carbono, para indagar sobre las repercusiones más amplias de la transición

Un componente principal para lograr las ambiciones climáticas es lograr los objetivos de carbono establecidos más arriba: como mínimo, Estados Unidos tiene que reducir las emisiones que atrapan el calor en un 50 por ciento por debajo de los niveles de 2005 para 2030 y lograr cero emisiones netas para 2050 a más tardar para contribuir a las

¹ La Iniciativa Justice40 anunciada por la administración de Biden tiene como su objetivo repartir el 40 por ciento de los beneficios generales de inversiones gubernamentales relevantes a comunidades marginadas. Las medidas principales para definir cuáles son las comunidades marginadas y para monitorear el progreso hacia ese objetivo están siendo desarrolladas por el Consejo de Calidad Ambiental por un proceso interinstitucional.

acciones climáticas internacionales.² Evaluar el alcance y ritmo de las reducciones en las emisiones requeridas para alcanzar estos objetivos puede orientar el desarrollo de políticas de transición energética además de evaluar hasta qué punto los caminos tecnológicos propuestos son suficientemente ambiciosos. Emprendemos un esfuerzo para presentar tal modelado de datos aquí, en el cual analizamos las modalidades técnicas para lograr los objetivos de reducción de carbono en toda la economía estadounidense, por sector y como un todo interconectado.

Sin embargo, aunque esta forma de modelado tecno-económico puede ser útil para mostrar la viabilidad y rentabilidad de modalidades de bajo carbono, reconocemos que no puede captar otros temas importantes relacionados con el logro de los principios anteriormente detallados, tales como el acceso a los beneficios, gobernanza y transiciones económicas, ni tampoco toma en cuenta los amplios cambios sistémicos que se necesitarían para producir resultados justos y equitativos. Por lo tanto, un cambio transformador requiere soluciones para un resultado mucho más multidimensional que el producido cuando las medidas se centran exclusivamente en el carbono. Por eso resulta muy importante que los hallazgos centrados en el carbono no se consideren como conjuntos de soluciones definitivas sino entradas iniciales que requieren más evaluación dentro de un marco de prioridades más amplio.

Por estas razones, además de destacar los principales hallazgos del análisis de modalidades con baja emisión de carbono, también llamamos la atención a las consecuencias sobre prioridades más amplias relacionadas con la implementación de políticas y la priorización de modalidades a utilizar. En conjunto, estas ideas nos permiten crear un marco más integral para modelar y escoger entre intervenciones políticas, como se explora en la sección final.

MODELO DE REDUCCIÓN DE CARBONO Y SUPOSICIONES

Existen dos formas principales para reducir las emisiones de carbono energético: (1) cambiar la manera en que se usa la energía y (2) cambiarse a formas más limpias de producir la energía. La primera tiene que ver con la eficiencia energética, cambios estructurales que facilitan una demanda energética menor en general y el desplazamiento directo de combustibles fósiles a través de la electrificación de los sectores de uso final, mientras la segunda tiene que ver con el cambio de combustibles fósiles por fuentes energéticas de baja o cero emisión y tecnologías relacionadas. Las demás emisiones tienen la posibilidad de ser contrarrestadas por medidas naturales y tecnológicas de conseguir emisiones negativas, que quitan emisiones que atrapan el calor de la atmósfera. Los estudios indican que estas medidas (aunque cuentan con niveles variados de disponibilidad hoy) probablemente sean necesarios para mantener los aumentos en la temperatura global media muy por debajo de 2°C y alcanzar las cero emisiones netas de carbono para mediados del siglo (IPCC 2018; NAS 2018).

Para analizar las posibles modalidades para la reducción de carbono, utilizamos un conjunto de modelos energéticos desarrollados por Evolved Energy Research que permiten una exploración de las opciones por el lado de demanda acompañado de un análisis del lado de oferta para alcanzar los objetivos de reducción de carbono (EnergyPATHWAYS y RIO, respectivamente). Afuera del marco de modelo energético, también hacemos algunas suposiciones sobre las reducciones profundas de emisiones que atrapan el calor producidas por gases diferentes al dióxido de carbono (CO₂) y que el sumidero de carbono de tierra sigue absorbiendo al dióxido de carbono al nivel actual. Describimos las principales restricciones a las emisiones de carbono que forman la base de análisis en Tabla 1. Para más detalles sobre el modelo y las suposiciones, ver el Anexo Técnico. Se aplican estas restricciones a las emisiones de carbono en todo el análisis.

² Usamos el término *cero emisiones netas de carbono* en el sentido científico, reconociendo que las emisiones que entran a la atmósfera representan la diferencia entre el total de las emisiones causadas por humanos que atrapan el calor y lo que la tierra y los mares absorban (o lo que se podría quitar a través de tecnologías que aún no han sido desarrolladas). No representa una laguna ni una compensación para permitir la producción actual de emisiones por combustibles fósiles. Reducciones profundas y absolutas en las emisiones que atrapan el calor tienen que ser la base de nuestras soluciones climáticas.

Tabla 1: Principales restricciones a las emisiones de carbono incluidas en los escenarios del modelo.

Parámetro	Detalles
Emisiones que atrapan el calor incluidas	Dentro del modelo: CO ₂ de la energía y la industria (equivalente al 80% de las emisiones que atrapan el calor brutas producidas en EEUU hoy) Estimaciones externas: metano, óxido nitroso y gases fluorados provenientes de la agricultura, la silvicultura, la industria y cambios al uso del suelo.
Sectores incluidos	Generación de electricidad, transporte, edificios e industria
Reducciones netas de emisiones que atrapan el calor	El 50% por debajo de niveles de 2005 para 2030, cero emisiones netas para 2050
<i>CO₂ producido por usos energéticos y procesos industriales</i>	<i>El 46,5% por debajo de niveles de 2005 para 2030 y el 100% para 2050</i>
<i>Emisiones que no son del CO₂</i>	<i>Entre el 30 y el 36% por debajo de niveles de 2005 para 2030 y entre el 40 al 50% para 2050^[1]</i>
<i>CO₂ absorbido por sumidero de carbono de tierra</i>	<i>Constante mantenido a 0,79 gigatoneladas (Gt) CO₂ por año durante el período de 2020-2050</i>
Presupuesto de carbono (total de emisiones acumuladas)	80 Gt de equivalente de CO ₂ 2020-2050

Las restricciones de carbono están aplicadas a toda la economía e incluyen tanto las emisiones que atrapan el calor incluidas en este marco de modelo como las que no entran en el marco de modelo.

^[1] Abhyankar, Mohanty, y Phadke 2021; EDF 2021; EPA 2021; Fargione et al. 2018; Hultman et al. 2021; NAS 2018; NRDC 2021; Larsen, Larsen, y Pitt 2020.

A continuación, destacamos los resultados de los dos escenarios del modelo que exploran las modalidades para alcanzar estas restricciones de carbono. Un escenario clave, “Cero CO₂ 2050”, y una iteración del mismo, “Baja Demanda Energética”, que también alcanza cero emisiones netas de CO₂ en 2050 pero se distingue por sus suposiciones sobre los niveles futuros de la demanda energética de la sociedad. En particular, mientras el escenario “Cero CO₂ 2050” se basa en los pronósticos sobre la futura demanda energética creados por la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA por sus siglas en inglés), el escenario de “Baja Demanda Energética” explora las repercusiones para la transición energética que implicarían cambios sociales importantes que facilitarían un consumo energético mucho menor. Proponemos este último escenario como un desafío directo a las suposiciones del estado actual y como una manera de mostrar las posibilidades de reducción de carbono que tienen las intervenciones no tecnológicas, por ejemplo: el cambio a los viajes al trabajo que reduzca las millas recorrido por vehículo, la planeación urbana y rural que facilite un aumento importante en el uso de transporte público y bicicletas o en caminar, la implementación de nuevos diseños de edificios para crear estructuras que sean de alta eficiencia, tengan cero emisiones neta y que sean productores de energía neta, y un rediseño completo de los procesos industriales para que sean de bajo carbono. Independientemente del

escenario, los resultados de este análisis deben ser considerados ampliamente direccionales, representando un posible camino entre varios para lograr reducciones profundas a las emisiones.³

RESULTADOS DE ALTO NIVEL DE LAS RUTAS DE REDUCCIÓN DE CARBONO

Los objetivos de reducción de carbono aquí implementados son ambiciosos pero este modelado de datos deja claro que técnicamente se pueden alcanzar a un costo razonable, en particular cuando se compara con los enormes costos para el clima y para la salud del estado actual que supone seguir en el camino actual. Cada sector económico tiene que actuar y tiene opciones a su alcance *que están disponibles en el mercado hoy* para reducir drásticamente sus emisiones de carbono. Esta evaluación de viabilidad técnica por lo general encaja con varios estudios recientes que exploraron las modalidades tecnológicas de descarbonización profunda (EDF 2021; Hultman et. al 2021; Larson et al. 2020; NAS 2021; NRDC 2021; Orvis y Mahajan 2021).

A continuación, destacamos los cinco principales hallazgos del análisis de modalidades con baja emisión de carbono, los cuales preparan el terreno para un estudio más detallado.

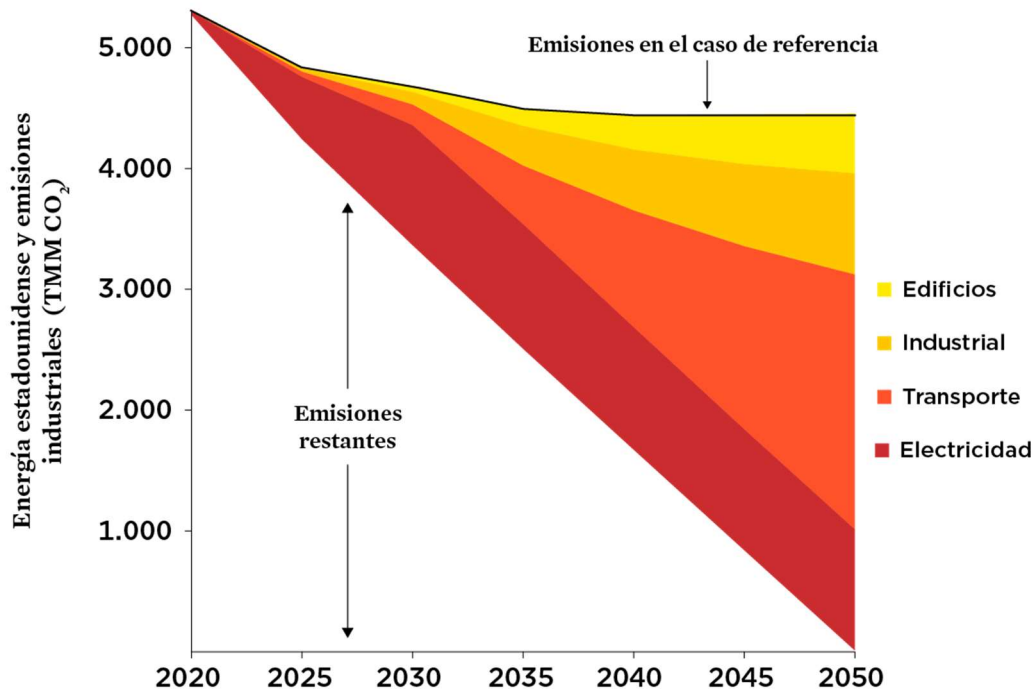
1. Recortes profundos en las emisiones que atrapan el calor son factibles para su adopción dentro de la presente década y continuando hasta 2050, acorde con objetivos climáticos rigurosos.
2. Para lograr estas reducciones, cada sector de la economía debe realizar cambios transformadores que incluyen los realizados a través del aumento generalizado de eficiencia energética, la electrificación de los sectores de uso final y energía libre de carbono (Figura 1). Aportes adicionales de fuentes y sumideros de carbono no modelados son claves. Finalmente, los mejoramientos tecnológicos incrementales son críticos para mantener bajos los costos, pero no se encontró que las tecnologías novedosas fueran necesarias para alcanzar los objetivos climáticos. Un conjunto de soluciones viables está a nuestro alcance hoy.
3. Los costes de sistema de esta transición son comparativamente modestos y son fácilmente compensados cuando se toma en cuenta los beneficios de un mejorado estado de salud y los impactos climáticos que se evitarían. Los ahorros generados por la reducción en gastos de combustible fósil recompensarán en su totalidad o en casi su totalidad las inversiones en nuevos sistemas. Sin embargo, los desembolsos a corto plazo podrían impactar a los consumidores si no están gestionados de manera proactiva.
4. La ruta tecnológica para alcanzar los objetivos de reducciones de carbono a corto plazo está cada vez más clara. El camino hacia mediados de siglo está más incierto, pero brinda un contexto importante para anticipar los cambios necesarios y sentar las bases anticipadamente. Retrasar las acciones necesarias a corto plazo es costoso y crea un riesgo de dejar en desuso a activos, lo que imposibilitaría las rutas hacia algunas soluciones y probablemente incapacitaría la posibilidad de lograr los objetivos climáticos.
5. Las vías para reducir el carbono brindan ideas, no soluciones precisas. Se necesitan marcos más amplios para determinar la implementación de la modalidad y avanzar otros elementos de transición para lograr un cambio transformador.

La ruta exacta desde aquí hacia 2050 es incierta pero este análisis aclara que estamos equipados para perseguir objetivos climáticos ambiciosos. El análisis también destaca la necesidad urgente de tomar acciones. La incertidumbre con que se caracterizan las décadas posteriores no disminuye la claridad cada vez mayor con respecto a las acciones que son necesarias a corto plazo. A lo largo del análisis vemos que un enfoque singular en

³ Este escenario supone una reducción de otro 20 por ciento en la demanda por edificios y una reducción de 33 por ciento en industria. Con respecto al transporte, supone una reducción del 40 por ciento en carros particulares, un aumento del 100 por ciento en transporte público, rutas escolares y ferrocarriles, y una reducción del 20 por ciento en vuelos y el tránsito de otras mercancías. Es parecido a otros escenarios desarrollados en otros estudios recientes (Grubler et al. 2018; KeyBer y Lenzen 2021; IEA 2020; IPCC 2018; Nadel y Unger 2019).

el carbono (en lugar de uno que toma una perspectiva de sistemas más amplios) no alcanzará para abordar el panorama completo.

Figura 1. Reducciones de CO₂ en EE. UU. por sector, caso de cero CO₂ 2050.



El sector energético tiene un papel importante en impulsar las reducciones de emisiones al corto plazo, a medida que más carros, camiones, viviendas y empresas cambien los combustibles fósiles por electricidad de bajo carbono. Para 2050, casi la mitad de todas las reducciones del/al CO₂ vendrán del transporte y el 30 por ciento vendrá de la industria y de los edificios.

ENFOQUE EN LAS VÍAS Y LAS REPERCUSIONES MÁS AMPLIAS

Aquí miramos más allá de los hallazgos de alto nivel para resaltar los hallazgos más detallados sobre la reducción de carbono, además de repercusiones más amplias fuera del modelo. Estas repercusiones incluyen las generadas por los resultados del modelo enfocado en carbono además de las repercusiones totalmente excluidas por el marco de modelo aplicado. No pretenden ser completas sino ejemplos de la importancia de aplicar un enfoque multidimensional a un problema que requiere soluciones multidimensionales. Aunque los hallazgos están presentados por sector, dado el hecho de que los combustibles fósiles están entrelazados en toda la economía y la sociedad, existen superposiciones en diferentes áreas temáticas, soluciones tecnológicas y repercusiones más amplias tras diferentes sectores.

Sector energético. Durante décadas, el sector energético ha sido dominado por generadores de combustibles fósiles, primero a carbón y ahora a gas natural. Al girar hacia una economía profundamente descarbonizada, un sistema eléctrico de bajo carbono que se vuelve clave para desencadenar avances hacia la transición económica, lo que conlleva un ajuste rápido y masivo de la oferta de electricidad renovable.

- **La generación energética se aleja de los combustibles fósiles hacia energías principalmente renovables.** La energía eólica, solar y otras formas de energía renovable crecen desde un 20 por ciento de la generación de electricidad en Estados Unidos en 2020 hasta un 60 por ciento para 2030 y un 90 por ciento para 2050 en el caso del Cero CO2 2050 (Figura 2). A la vez, el uso del carbón disminuye desde un 20 por ciento en 2020 hasta casi cero para 2030 y el uso del gas natural disminuye desde un 40 por ciento en 2020 hasta un 26 por ciento para 2030 y solo un 3 por ciento de la generación de electricidad en 2050. Durante el mismo período, el uso de la energía nuclear disminuye del 20 por ciento en 2020 hasta el 15 por ciento para 2030 y un 6 por ciento para 2050 mientras que la generación de energía eléctrica supera el doble del actual, algunas centrales nucleares se cierran (aunque la mayoría se mantienen en operación hasta 2050) y nuevos recursos nucleares no entran en la combinación de energías para la generación de electricidad.

 - *Repercusión más amplia—Tomar en cuenta la salud pública:* Las centrales eléctricas de carbón y gas son los responsables por la emisión de grandes cantidades de contaminantes nocivos además del CO2. Algunas de estas instalaciones están ubicadas en zonas densamente pobladas y en comunidades que sufren los impactos de múltiples cargas de contaminación. Entender y explicar estos impactos a la salud es clave para priorizar la eliminación gradual de combustibles fósiles e impulsar el acceso a energía limpia.

- **Aumenta el uso de la electricidad.** La electrificación de los sectores de uso final por toda la economía con el tiempo impulsa un aumento en la demanda por electricidad limpia, superando en un 9 por ciento los niveles de 2020 para 2030 para luego casi duplicarse entre 2030 y 2050. Los programas ambiciosos de eficiencia energética impiden que la demanda crezca mucho más.

 - *Repercusión más amplia—Transiciones laborales:* El cambio al conjunto de recursos conllevará un cambio profundo en las necesidades del mercado laboral y las inversiones económicas locales, desde la eliminación gradual de combustibles fósiles hasta el aumento en la producción y disponibilidad de recursos renovables, infraestructura de la red y la eficiencia energéticas. Serán necesarias inversiones proactivas por los dos lados de la ecuación para garantizar una transición justa que deje atrás los combustibles fósiles y un acceso amplio a nuevos empleos que cumplan con altos estándares laborales.

- **Se expande la nueva infraestructura de energía limpia.** Para 2030, la media anual de adiciones a la capacidad para la energía eólica y solar representarán aproximadamente el doble de los niveles recientes, alcanzando un nivel entre cuatro y cinco veces mayor para 2050. También es necesario llevar a cabo acciones de desarrollo importantes de la infraestructura de la red para almacenar, transmitir y distribuir energía, con la capacidad de transmisión casi duplicada para 2050, para ayudar a desplazar a la energía limpia por todo el país, hasta con un despliegue importante de recursos distribuidos.

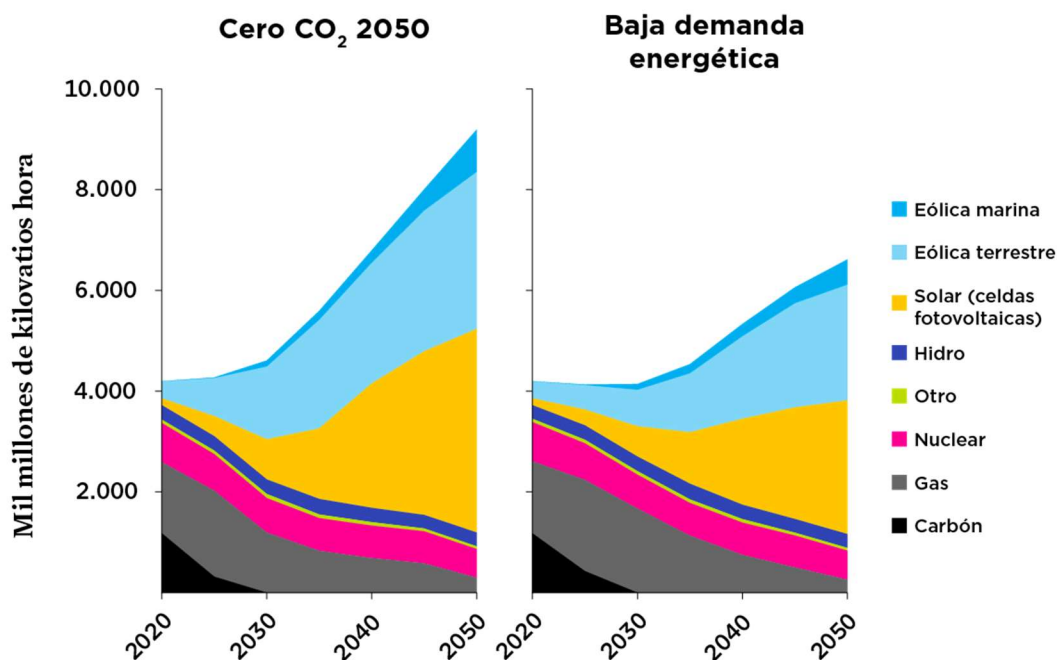
 - *Repercusión más amplia—Sostenibilidad de nuevos recursos:* Será necesario implementar programas de reciclaje y retiro de servicio para turbinas de viento, paneles solares, baterías y otras tecnologías para reducir el impacto de ciclo de vida del sector energético y garantizar que la transición a energía limpia no continúe las prácticas no sostenibles del pasado.

- **Cambios sociales alivian los requisitos materiales de la transición.** En el escenario de Baja Demanda de Energía, el uso de la electricidad se mantiene constante hasta 2030 y luego aumenta en un 56 por ciento entre 2030 y 2050, resultando en una necesidad muy reducida para nuevas capacidades eléctricas e infraestructuras de apoyo en comparación con el caso de Cero CO2 2050.

 - *Repercusión más amplia—Desafiar el estado actual:* La preponderancia de las políticas de transición energética se centran en reemplazos de tipo uno por uno, de energía que emite carbono por energía libre de carbono, sin reconsiderar de manera sustancial las inversiones que podrían facilitar cambios sociales más amplios que resultarían en niveles de consumo de energía

más bajos mientras se mantuvieran los estilos de vida saludables y prósperos. Este modelado de datos muestra el valor de incluir estas opciones en los análisis de la transición.

Figura 2. Generación eléctrica estadounidense por combustible, casos Cero CO₂ 2050 y Baja Demanda Energética.



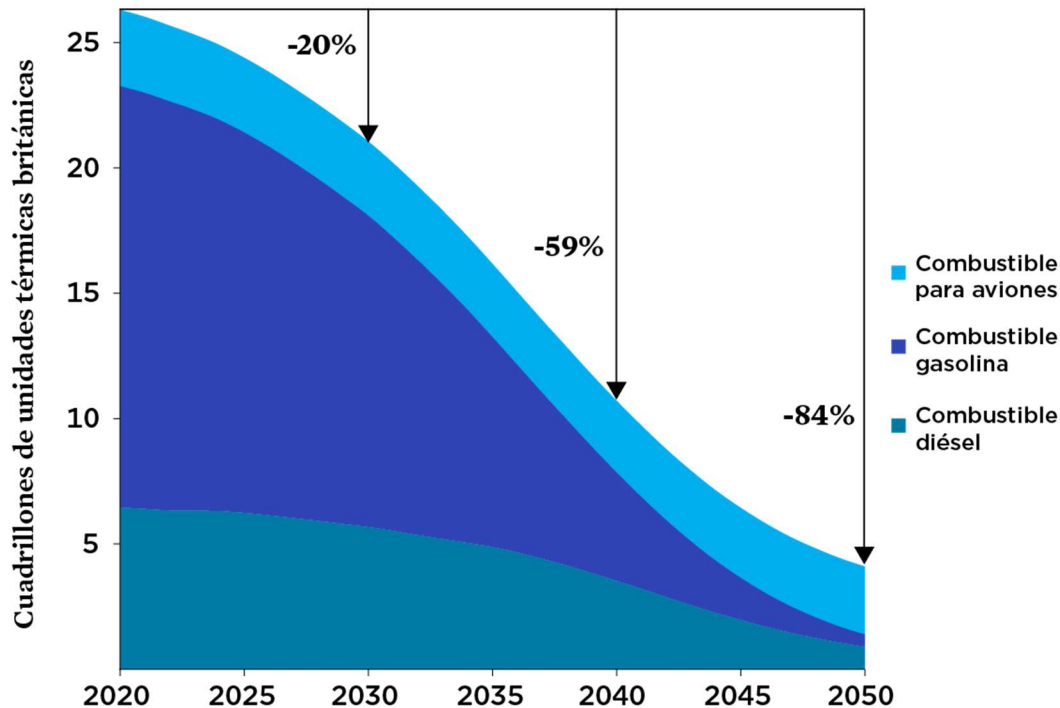
La energía eólica y solar tienen un papel importante en la descarbonización del sector energético, dado que la generación de electricidad por carbón se eliminará gradualmente para 2030 y la generación de electricidad por gas disminuirá con el tiempo. Para 2050, la energía eólica, solar y otras fuentes de energía renovable brindan aproximadamente el 90 por ciento de la generación eléctrica en Estados Unidos, con la energía nuclear y gas suministrando el 10 por ciento restante. El crecimiento en la demanda de electricidad es mucho menor en el caso de Baja Demanda Energética, lo que reduce la necesidad de nueva infraestructura.

Transporte. El sector de transporte, que incluye el movimiento tanto de individuos como de mercancía, representa hoy la fuente más grande de emisiones de carbono en el país, que en su mayoría proviene de la combustión de gasolina, diésel, combustible para aviones y otros combustibles de petróleo. Descarbonizar el transporte requiere inversiones y políticas públicas que expandan el acceso y la habitabilidad a la vez que reduzca la cantidad total de viajes de carros particulares y de mercancía, logre una electrificación rápida de los vehículos, mejore la eficiencia y reemplaza los combustibles líquidos por alternativas de bajo carbono. Estas medidas pueden reducir el consumo de combustibles líquidos por un 20 por ciento para 2030, un 60 por ciento para 2040 y más de un 80 por ciento para 2050 (Figura 3).

- Se amplían el acceso y las opciones de movilidad.** Ampliar el alcance, la fiabilidad y la seguridad del transporte público, transporte activo y otros servicios de transporte compartido (además de repensar la planeación de uso del suelo) puede ampliar el acceso a la movilidad personal y reducir el uso individual de carros particulares. Junto con otras políticas públicas que apoyen la creación de comunidades asequibles y sostenibles, un sistema de transporte con opciones de transporte asequibles, accesibles e integradas pueden reducir la dependencia en viajes privados en carros particulares y la demanda energética en general.

- *Repercusión más amplia—Desafiar el estado actual:* Algunas opciones de descarbonización sólo se pueden acceder a través de cambios estructurales que faciliten un cambio social más amplio. Estos cambios estructurales incluyen priorizar las intervenciones, como por ejemplo aumentar la disponibilidad y asequibilidad del transporte público, junto con hacer inversiones coordinadas para desarrollar viviendas y espacios comerciales asequibles y más densos cerca del transporte público, construir edificios residenciales y comerciales asequibles y más densos cerca de transporte público. Estas representan soluciones potentes pero que no son fácilmente modeladas aquí como medios alternativos para satisfacer las necesidades pronosticadas del transporte.
- **Todo tipo de vehículos se convierten rápidamente al modo eléctrico y se mejora la eficiencia de vehículos y sistemas de transporte.** Se alcanza el 100 por ciento de ventas de vehículos eléctricos de baterías de iones de litio y de pila de combustible para carros y camionetas ligeras particulares para 2035 y para camionetas medianas y camiones pesados para 2040. A la vez, maximizar la eficiencia de todo tipo de vehículo y todo modo de transporte de individuos y mercancía, incluso aumentar la eficiencia de los vehículos de motores de combustión interna en el corto plazo, dado que estos seguirán representando una porción importante de ventas de vehículos en la próxima década y de la flota hasta mediados de la década del 2040.
 - *Repercusión más amplia—Contrarrestar los daños ocasionados por la contaminación:* La electrificación del transporte puede reducir el grado en que una comunidad esté expuesta a contaminación dañina que proviene de los tubos de escape, una carga llevada desproporcionadamente por comunidades asiáticas, negras y latinxs en Estados Unidos (Reichmuth 2019). Priorizar la acumulación de beneficios de salud pública en comunidades sobrecargadas para abordar estos daños requiere programas explícitamente diseñados para considerar los impactos a la salud pública, en vez de enfocarse exclusivamente en el carbono.
- **Se descarbonizan los combustibles líquidos restantes.** La contaminación del aire que viene de la combustión, la disponibilidad limitada y los costos altos de combustibles líquidos descarbonizados y los usos de insumos en competencia entre sí, hacen que sea imprescindible minimizar el uso de combustibles líquidos en el transporte. Para la aviación y otros usos donde una transición total a tecnologías de cero emisiones puede ser más difícil, los combustibles líquidos restantes pueden ser descarbonizados a través de una combinación de biocombustibles, combustibles líquidos sintéticos producidos por la electricidad renovable y la captura de carbono para enfrentar las emisiones producidas por el resto de los usos de petróleo.
 - *Repercusión más amplia—Sostenibilidad de la transición:* La producción de petróleo, biocombustibles y otros combustibles líquidos conlleva un conjunto particular de riesgos y daños potenciales en toda la cadena de suministro, desde la extracción y gestión de recursos hasta el transporte, refinamiento y producción, que deben ser abordados con salvaguardias y la participación de la comunidad y las partes interesadas.

Figura 3. El uso de combustibles líquidos por el sector de transporte en EE.UU., Caso de Cero CO₂ 2050.



Una transición rápida a vehículos de cero emisiones que utilizan baterías de iones de litio y pilas de combustible, y un aumento a la eficiencia de vehículos puede reducir el uso de combustibles fósiles líquidos en gran medida. El uso de gasolina, diésel y combustible para aviones disminuye en un 84 por ciento para 2050, a medida que todas las ventas de nuevos vehículos ligeros de pasajeros sean de cero emisiones para 2035 y todos los vehículos de carga mediana y pesada sean de cero emisiones para 2040.

Edificios. Las emisiones producidas por el sector inmobiliario provienen de la energía usada para electrificar los lugares donde vivimos y trabajamos, desde la calefacción y el enfriamiento hasta las luces. Al convertir el petróleo y el gas de los sectores de uso final a eléctrico y mejorar la eficiencia eléctrica de las viviendas y los electrodomésticos en general, las emisiones directas de los edificios (es decir, sin incluir las emisiones indirectas provenientes del uso de la electricidad) se puede reducir en un 17 por ciento entre 2020 y 2030 y en un 90 por ciento para 2050.

- **Se aumenta la eficiencia de las viviendas nuevas y existentes.** Climatizar y aislar las viviendas y negocios e instalar equipo de alta eficiencia reduce el consumo energético de los edificios a la vez que reduce costos y aumenta las tasas de salud y confort de las personas que los ocupan. Para 2030 suponemos alta eficiencia para toda iluminación nueva, toda estructura de edificio residencial nueva y para casi el 90 por ciento de los nuevos aires acondicionados (la mayoría de los cuales tienen bombas de calor reversibles), refrigeradores, lavadoras, secadoras y otros electrodomésticos.
 - *Repercusión más amplia—Mejorar la resiliencia climática:* Mientras se esfuerzan para mitigar los impactos climáticos, las comunidades también tendrán que enfrentarse cada vez más con impactos climáticos. Climatizar y mejorar la eficiencia de las viviendas puede reducir las

necesidades energéticas a la vez que brinda una protección crítica en el caso de que un fenómeno meteorológico extremo provoque un apagón.

- **Los edificios son convertidos para funcionar con electricidad.** Convertir a los calentadores, las calderas y los calentadores de agua que usan el gas, el petróleo y el propano en unos que usan bombas eléctricas de calefacción de alta eficiencia puede reducir notablemente las emisiones que producen los edificios al mismo tiempo que permite que los consumidores ahorren dinero en las facturas de energía y da acceso a enfriamiento en el verano. Para 2030 se asume que más de la mitad de las ventas de nuevos sistemas de calificación serán bombas de calor comparado con un 14 por ciento de las ventas en 2020. La porción de las ventas de electrodomésticos eléctricos para cocinar aumenta del 62 por ciento en 2020 hasta el 83 por ciento para 2030, lo que reduce las emisiones y brinda beneficios de salud pública al mejorar la calidad del aire interior.
 - *Repercusión más amplia—Contrarrestar los daños por contaminación:* Existen inequidades de larga duración en la calidad, la salud y la asequibilidad del inventario de viviendas en el país, algo que, en muchos casos, representan una consecuencia directa del racismo estructural. Las iniciativas de electrificación pueden abordar algunos de los problemas de contaminantes del aire interior nocivos para la salud, como las estufas a gas. Estas iniciativas tienen que priorizar explícitamente la equidad para así impulsar las inversiones como corresponde.
- **Se implementan de manera amplia los paneles solares de techo y se hace más flexible el uso de la electricidad.** Se instalan tecnologías de energía solar en más de 12 millones de viviendas y empresas, generando más de 110 gigavatios (GV) de energía a través de paneles solares de techo y otras fuentes de energía solar distribuida para 2030. Esta cantidad de energía aumenta a 500 GV en 55 millones de viviendas y empresas para 2050. Las cargas de electricidad que se pueden volver flexibles, desde la recarga de vehículos eléctricos hasta el calentamiento de agua, se optimizan para aumentar el uso de energía renovable y bajar los costos de sistema (McNamara 2020).
 - *Repercusión más amplia—Ampliar el acceso:* Los sistemas de energía solar de techo pueden reducir la carga energética, crear riqueza, aumentar la resiliencia contra los apagones y disminuir la necesidad de generar combustibles fósiles, sin embargo, hasta la fecha el acceso no ha sido distribuido de manera equitativa. Se necesita una explícita intervención de política públicas para mejorar el acceso y superar las barreras financieras y procedimentales.

Industria. El sector industrial fabrica mercancías y materiales. La industria consume una gran cantidad de combustibles fósiles in situ, incluso para la energía, la calefacción y como materia prima química. Rediseñar los procesos industriales para notablemente reducir el consumo energético y sustituir los combustibles y materiales fósiles por recursos de cero emisiones puede reducir las emisiones y los residuos y aumentar la productividad.

- **Se aumenta la eficiencia in situ.** Suponemos que las inversiones de la industria en eficiencia energética resultarían en una reducción de un 2 por ciento anual en la intensidad energética de industria (medida en consumo energético por dólar de producción industrial) entre 2020 y 2050 en el caso Cero CO2 2050, el doble de niveles históricos. La gestión estratégica de la energía y un despliegue aumentado de la manufactura inteligente (que incluye optimizar los motores, los ventiladores, las bombas y los sistemas de aire comprimido) representan oportunidades infrautilizadas que podrían reducir el consumo energético por un estimado 20 por ciento (Nadel y Unger 2019).
 - *Repercusión más amplia—Desafiar el estado actual:* Los ajustes a la eficiencia in situ mejoran el sistema tal como es hoy en día, sin embargo, las intervenciones al nivel sistémico pueden cambiar totalmente las vías de consumo. Entender este contraste es sumamente importante si vamos a cambiar los patrones insostenibles de consumo que requieren intervenciones muy afuera del alcance de los actores individuales.

- **Los sectores de uso final se electrifican y se vuelven más flexibles.** Existen oportunidades para aumentar la electrificación de procesos industriales de calefacción requeridos por las industrias de hierro y acero, pulpa y papel, vidrio, aluminio y refinado de petróleo, que representan el 60 por ciento de la energía utilizada para los procesos de calefacción para uso industrial en Estados Unidos (Kirin et al. 2019). Interconectar el consumo energético de los diferentes sectores puede optimizar el uso de energía renovable a través de emparejar las cargas flexibles con un suministro de energía limpia, por ejemplo, con el uso de calderas eléctricas de doble combustible y electrolizadores.
 - *Repercusión más amplia—Contrarrestar los daños por contaminación:* El sector industrial representa una fuente notable de contaminación del aire, agua y suelo, lo que se descuenta u omite en los marcos de priorización de carbono. La integración de los impactos a la salud pública y al medioambiente por contaminación, incluso en comunidades que sufren las cargas acumuladas de contaminación, podría llevar a la priorización de soluciones que no usen la combustión.

- **Se descarbonizan los demás combustibles y se capturan las emisiones de carbono.** Las tecnologías emergentes sugieren que nuevas rutas para reducir las emisiones de sistemas industriales que son difíciles de electrificar, incluso el uso del hidrógeno como combustible y reactivo, cambiar a materias primas biológicas y usar productos de madera reconstituida para reemplazar al acero y cemento en los edificios (Nadel y Unger 2019). Realizado con opciones contemporáneas, el modelo utiliza la captura y almacenamiento de carbono (CAC) para reducir las emisiones de CO₂ en 580 millones de toneladas métricas (MTm), lo que representa aproximadamente el 13 por ciento de reducciones por toda la economía para 2050 en el caso de Cero CO₂ 2050, y en 430 MTm, que representa casi el 10 por ciento en el caso de Baja Demanda Energética. Se aplica la mayor parte de la CAC a las instalaciones de biocombustibles, usando cultivos energéticos y desechos agropecuarios de bajo carbono, y el resto está representado por las industrias de cemento, acero y químicos.
 - *Repercusión más amplia—Procedimiento y gobernanza:* Es probable que algún grado de CAC sea necesario para reducir las emisiones de carbono provenientes de procesos industriales en particular. Sin embargo, esta tecnología conlleva otros riesgos sociales y ambientales que hay que mitigar, y para algunas aplicaciones que se están contemplando para el uso de CAC se podrían utilizar alternativas como la electrificación. La participación comunitaria en la toma de decisiones, incluso en la evaluación de opciones y la implementación de medidas de protección, es imprescindible (Caja 3).

En particular, el modelado de datos muestra que los costos netos de sistema de la transición de nuestro sistema energético en la manera descrita arriba son relativamente modestos, aunque existe un cambio importante en los destinos de las inversiones. Para alcanzar cero emisiones netas para 2050 en el escenario Cero CO₂ 2050, hay un costo neto de \$45 mil millones para 2030 y \$155 mil millones para 2050, la diferencia entre los \$830 mil millones invertidos y los \$675 mil millones en ahorros derivados del consumo reducido de combustibles fósiles. Con requisitos notablemente menores de infraestructura, el escenario de Baja Demanda Energética requiere menores gastos de inversión. A la larga, las inversiones crearán nuevos empleos, beneficiarán a las economías locales y aumentarán las industrias de energía limpia, pero el cambio, con respeto a los destinatarios de las inversiones, puede generar impactos profundos a ciertas industrias, trabajadores y comunidades.

Caja 3. Abrir espacios para la toma de decisiones sobre concesiones desafiantes.

Nuestro análisis comienza dónde nos encontramos hoy: con una economía dependiente de los combustibles fósiles, una situación creada por tecnologías, políticas y prácticas erróneas arraigadas al racismo y el clasismo estructurales, y desde allí nuestro análisis busca rutas para la transición a un sistema energético de bajo carbono. Los resultados y sus repercusiones señalan que habrá buenas oportunidades más adelante, que pueden beneficiar directamente a las comunidades. Sin embargo, con este punto de partida tan problemático, la transición en sí no está exenta de desafíos.

Surgen claramente dos puntos claves: (1) que existen múltiples rutas para alcanzar nuestras metas para reducir las emisiones de carbono, y (2) el conjunto principal de soluciones consiste en la eficiencia energética, la energía renovable y la electrificación, todas las cuales generan recortes profundos y absolutos en las emisiones que atrapan el calor. Además, hallamos que los cambios sociales transformadores que permitan un consumo de energía sustancialmente menor podrían resultar en un consumo mucho menor de recursos energéticos en general, y por lo tanto crear oportunidades adicionales para una transición equitativa.

Sin embargo, para alcanzar los objetivos para la reducción de emisiones de carbono estrictos y que estén basados en la ciencia dentro de un cronograma que responda a las exigencias de la crisis climática, nuestro modelado de datos muestra las posibilidades de un despliegue relativamente limitado de tecnologías que involucren otros riesgos y concesiones sociales y ambientales. Incluso contando con la implementación ambiciosa y rápida de las soluciones preferidas por los sectores energéticos y agrícolas, nuestros resultados indican que algunas tecnologías de CAC y de cero emisiones probablemente sean necesarias para ayudarnos a alcanzar el objetivo de mantener el aumento de la temperatura media global muy por debajo de 2° C. Estas tecnologías incluyen el uso de la CAC en el sector industrial, los biocombustibles en el sector de transportes y la energía nuclear que ya existe en el sector eléctrico.

Generalmente, estas tecnologías se ven como soluciones falsas por las comunidades de justicia ambiental (Amorelli, Gibson y Gilbertson, 2021), muchas de las cuales tienen preocupaciones legítimas sobre las posibilidades de tener que asumir de forma desproporcionada los costos ambientales, sociales y a la salud de estas tecnologías, como lo han hecho durante años con las tecnologías de combustibles fósiles. Un resultado así sería injusto e inaceptable. Inevitablemente, hasta la implementación de las soluciones preferidas implica asumir algunos riesgos y algunas concesiones y decisiones desafiantes, como las decisiones relacionadas con la ubicación de centrales de transmisión, tecnologías de energía fotovoltaica y turbinas eólicas. Como país, tendremos que ser conscientes de nuestras decisiones pasadas y actuales que han contribuido al racismo estructural, el cambio climático, y las inequidades e injusticias sociales a medida que estructuramos nuestras futuras decisiones tecnológicas. Las comunidades históricamente marginadas deben tener el poder de escoger las soluciones que les convengan y rechazar las que no, y necesitamos una gobernanza y procesos de toma de decisiones robustos que les brinden la oportunidad y la autonomía para hacerlo.

El despliegue de las tecnologías menos preferidas podría aumentar si los responsables de políticas retrasaran más la implementación de políticas climáticas robustas o si enfrentáramos desafíos tecnológicos o de otra índole en una ampliación de energía renovable de forma suficientemente rápida. Este riesgo resalta la necesidad urgente de implementar políticas ambiciosas y eficaces centradas en las tecnologías claves de energía limpia y en la asesoría significativa de las comunidades afectadas, algo que debe comenzar al inicio de todo proceso de desarrollo de políticas. Aunque quizás no sea posible evitar totalmente todas las decisiones difíciles, no podemos simplemente exigir por defecto que las mismas comunidades que sufrieron injusticias en el pasado asuman los impactos de estas decisiones de aquí en adelante. Esperamos que este marco y análisis puedan servir como punto de partida para formas de pensar innovadoras y nuevas soluciones más equitativas y justas.

III. Acoplar a los principios con las vías para identificar oportunidades políticas

Para posibilitar que las políticas públicas que tomen en cuenta la problemática del clima y le den respuestas que aborden las más amplias prioridades sociales que son igualmente urgentes, estas prioridades deben estar centradas desde el inicio, con la participación directa de la comunidad. Aquí, acoplamos los tres principios para una transición energética transformadora con las modalidades indicadas para identificar las palancas políticas críticas. Para lograr un cambio totalmente transformador, este acoplamiento de principios con las modalidades de reducción de carbono debe estar entrelazado con el desarrollo de todas las políticas de energía limpia.

ABORDAR LA CRISIS CLIMÁTICA DE MANERA EFICAZ

Lograr reducciones robustas de emisiones que atrapan el calor. Las acciones climáticas de Estados Unidos deben impulsar reducciones profundas, rápidas y sostenidas en las emisiones que atrapan el calor, e incluir objetivos robustos de corto plazo y reducciones directas y absolutas de emisiones donde sea posible. Las intervenciones políticas incluyen las siguientes:

- Revisar periódicamente las últimas informaciones científicas y adaptar los objetivos climáticos como corresponda.
- Dentro de una estrategia amplia para múltiples contaminantes, establecer políticas climáticas vinculadas a objetivos climáticos para crear parámetros dentro de los cuales se promuevan otras políticas públicas sectoriales, como el estándar de energía limpia (CES) orientada a objetivos para el sector de la energía, las normas de cero emisiones de vehículos para el sector de transporte y las normas de desempeño para los edificios y la industria.
- Incluir mecanismos de monitoreo y ejecución en las políticas orientadas a objetivos para garantizar que las acciones cumplan con el nivel indicado de reducción de emisiones.
- Estar atentos al lavado de imagen verde y garantizar que el marco de objetivos de emisiones netas cero sea fiel a la ciencia y no se use como una laguna para evitar recortes profundos y absolutos de emisiones.

Mejorar la resiliencia climática. Las modalidades de transición energética también deberían aumentar la resiliencia hacia los impactos climáticos anticipados. Al respecto, algunas estrategias son particularmente útiles. Climatizar las viviendas mejora la eficiencia energética durante todo el año y ayuda a mantener temperaturas más seguras por más tiempo en el caso de que ocurra un apagón, realizar una transición a bombas de calor descarboniza la calefacción de espacios y aumenta el acceso al aire acondicionado a medida que aumente la exposición al calor extremo. Los sistemas de energía solar distribuida, las pilas, los vehículos eléctricos y las microrredes de energía limpia pueden brindar, tanto a las comunidades como a la infraestructura crítica, un acceso sostenido a electricidad durante apagones ocasionados por fenómenos meteorológicos extremos. Al mismo tiempo, utilizar estos sistemas evita el uso de generadores diésel sucios. Las intervenciones políticas incluyen las siguientes:

- Priorizar las viviendas actuales para personas de bajos y medianos ingresos con actualizaciones de eficiencia energética y conversión a bomba de calor con beneficios traspasados a los residentes, acoplado con actualizaciones más amplias en energía limpia y resiliencia climática además de mejoras de edificios. Activamente dar protección contra la consiguiente posibilidad de gentrificación y desplazamiento. Garantizar que todas las nuevas viviendas sean altamente eficientes y resilientes.
- Requerir que los procesos de modelado energético, planificación de recursos y planificación del transporte y del uso de la tierra examinen los impactos climáticos sobre la oferta y la demanda.
- Analizar y valorar las contribuciones de resiliencia de los recursos descentralizados y las microrredes de energía limpia.

- Requerir que la nueva infraestructura sea construida y mantenida en vista de los impactos anticipados durante la vida útil del equipo y ofrecer incentivos para garantizar la resiliencia.
- Promover el derecho a la energía limpia y a transportes limpios y asequibles como una herramienta crítica para sobrevivir los fenómenos meteorológicos extremos.

PROMOVER LA EQUIDAD Y LA JUSTICIA

Facilitar la participación en la toma de decisiones sobre recursos y en su gobernanza. A medida que se tomen decisiones con respecto a las opciones para la transición energética, hay que garantizar que las comunidades tengan voz y voto. También deben participar en resolver los problemas compartidos de distintos escenarios, como la ubicación de grandes cantidades de energía renovable y su infraestructura relacionada. También es el caso cuando las modalidades varían y la existencia de diferentes preferencias y prioridades resulta en que diferentes comunidades tomen decisiones diferentes con respecto a la descarbonización. Un ejemplo son los costos y beneficios relativos de recursos distribuidos frente a los recursos a gran escala. La adhesión a procesos incluyentes y a la gobernanza local se volverá más importante a medida que los retrasos en tomar acción hagan que haya que enfrentar decisiones cada vez más difíciles y esto obligue a aceptar concesiones cada vez más grandes. Las intervenciones políticas incluyen las siguientes:

- Empoderar a las comunidades afectadas e históricamente oprimidas a participar plena y justamente en los procesos de toma de decisiones, incluyendo que se garantice la eliminación de obstáculos para la participación, por ejemplo, recursos (económicos y materiales), barreras lingüísticas y horarios.
- Requerir la inclusión de participación pública significativa y remuneración para el agente interventor en las decisiones reglamentarias al nivel local, estatal y federal.
- Abrir caminos para la propiedad pública a distintas escalas, así empoderando a las comunidades a tomar control de las funciones tradicionalmente ocupadas por las empresas privadas de servicios públicos que pertenecen a inversionistas y las comisiones públicas de servicios públicos.
- Garantizar que las decisiones que se tomen, en particular las relacionadas con temas difíciles que pueden requerir concesiones, haya sido resultado de una representación comunitaria garantizada, de grupos de trabajo incluyentes y sean un reflejo eficaz de las preocupaciones y los deseos de la comunidad.

Ampliar el acceso a la energía y al transporte limpio y asequible. La transición a la economía de bajo carbono producirá importantes beneficios económicos y para la salud, desde el despliegue masivo de capital para construir recursos renovables e infraestructura de transporte limpia hasta aire más limpio en los barrios como resultado de la electrificación de los buses y los camiones de carga pesada, a viviendas más saludables, asequibles y cómodas debido a la electrificación de los electrodomésticos y profundas adaptaciones de eficiencia energética, a opciones de transporte más limpias, menos costosas y más convenientes. La manera en que estos beneficios se obtienen, sin embargo, se verá determinado por quién tenga acceso a los procesos y la toma de decisiones. Hoy, ese acceso está distribuido de manera desigual. Las políticas públicas deben intervenir activamente para contrarrestar este desequilibrio, si no, correrán el riesgo de continuar las inequidades existentes (*Generating Equity 2021*). Tales intervenciones deben incluir oportunidades a nivel individual, como los electrodomésticos que utilicen energía limpia y que sean eficientes, la climatización de vivienda, los vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía solar de techo. También deben incluir oportunidades a nivel comunitario, como la inversión directa en la base impositiva local, los puntos de apoyo para nuevos negocios y nuevas instancias de propiedad comunitaria, los cambios sistémicos para facilitar una reducción al consumo y las inversiones en transporte público asequible. Las intervenciones políticas incluyen las siguientes:

- Posibilitar y promover modelos de propiedad comunitaria, donde sea apropiado.

- Contrarrestar históricas inequidades de acceso a través de una orientación explícita hacia los beneficios, como a través de la disociación financiera de ingresos y comunidades o multiplicadores de inversiones específicos para cada lugar, para programas a nivel individual y sistémico.
- Posibilitar la remuneración directa o la posibilidad de reembolso por créditos fiscales de energía y transporte limpios para ampliar la accesibilidad de mecanismos financieros aplicados ampliamente.
- Implementar enfoques de financiación de energía limpia para aumentar el acceso al financiamiento de tasas de cero o de bajo interés para proyectos de energía limpia en comunidades marginadas y que históricamente han tenido un bajo nivel de inversión
- Alejarse de los marcos normativos y programáticos centrados en los cálculos de costo-beneficio hacia uno centrado en la valoración plena de atributos de salud y bienestar, incluso para los beneficios que no se pueden cuantificar o monetizar, y que tengan en cuenta explícitamente los impactos distributivos.
- Desarrollar los criterios de evaluación del proyecto de transporte que prioricen un mayor acceso al trabajo y a los servicios, en particular para las comunidades con una historia de tasas inequitativas de inversión.

Contrarrestar los daños históricos y actuales ocasionados por los combustibles fósiles. A medida que realicemos la transición a recursos más limpios, los contaminadores deben rendir cuentas cuando rectifiquen los daños históricos y actuales provenientes de los combustibles fósiles. Además, aunque la electrificación a través de tecnologías de energía renovable terminará dominando el sistema energético, habrá fuentes residuales de contaminación por algún tiempo. Hay que abordar problemas como, por ejemplo, dónde se ubicarán estas instalaciones contaminantes y otros sectores de uso final, cómo se operan, si se contemplarán alternativas a la combustión y en qué medida se valorarán los impactos a la salud pública. Las intervenciones de políticas públicas incluyen las siguientes:

- Fortalecer las normas de contaminación del aire y del agua, ampliar la reglamentación para incluir cargas acumuladas de contaminación y garantizar que realmente incluyan las fuentes de contaminación y que las normas se cumplan.
- Promover estrategias de contaminantes múltiples que maximicen los beneficios a la salud pública y reduzcan directamente las cargas acumuladas de contaminación en comunidades de justicia ambiental, por ejemplo, a través del cierre de las centrales de combustible fósil y los sitios de extracción más dañinos, la reducción de emisiones en las refinerías en zonas densamente pobladas y con altos niveles de contaminación y la inversión en la eliminación de contaminación por diésel.
- Instalar y mantener monitores de contaminación de aire en comunidades sobrecargadas y marginadas.
- Requerir la remediación y reclamación completa de instalaciones decomisadas de combustibles fósiles que hemos heredado, incluyendo las instalaciones tóxicas de antiguas fuentes de contaminación además de minas de carbón, pozos petrolíferos y de gas natural y embalses de ceniza de carbón abandonados.
- Facilitar la reurbanización de antiguos sitios industriales y baldío guiada por la comunidad.
- Poner como objetivo la electrificación de carga pesada que pasa cerca de los corredores de mercancías y los puertos y mitigar el tránsito de camiones en comunidades con aglomeraciones de instalaciones intermodales y de almacenamiento.
- Priorizar la consideración de los impactos de salud para los trabajadores y las comunidades al sopesar las alternativas de recursos.

Abordar los impactos laborales y comunitarios de la transición energética. La transición hacia una economía de bajo carbono promete la posibilidad de generar un crecimiento enorme en el mercado laboral en los campos de energía limpia emergente, desde la aplicación de energía renovable hasta la fabricación de tecnología limpia. También requerirá alejarnos de nuestra gran dependencia actual de combustibles fósiles. Una transformación justa y equitativa del sistema energético requiere inversiones intencionales, robustas y sostenidas en los trabajadores y las comunidades que han impulsado el desarrollo de este país durante toda su historia (Richardson y Anderson 2021). Esas inversiones, acopladas con centrar el liderazgo local, puede ayudar a preparar a los trabajadores para nuevas oportunidades y apoyar a las comunidades con la diversificación de sus economías y sanear la contaminación que heredaron. Los negocios emergentes, la fabricación y las oportunidades de inversión deben ser ampliamente accesibles y los nuevos empleos deben ofrecer buena paga y ofrecer buenos beneficios para la transición a energía limpia para abordar la actual inequidad económica. Las intervenciones políticas incluyen las siguientes:

- Financiar apoyo para la transición de los trabajadores y comunidades del sector de combustibles fósiles a medida que el consumo energético nacional se aleje de combustibles fósiles y se dirija hacia recursos limpios.
- Establecer desde el inicio normas laborales que prioricen el buen trato a los empleados como un requisito para la financiación de energía limpia.
- Garantizar que las instalaciones para la capacitación laboral estén distribuidas a lo largo y ancho de las comunidades y que incluyan oportunidades y habilidades que reflejen las necesidades del mercado laboral local y requerir el acceso equitativo y asequible a procesos de capacitación y luego a empleos.
- Desplegar recursos federales para facilitar la transición intencional de fábricas para oportunidades en la energía limpia y los vehículos eléctricos, e invertir en la fabricación y las cadenas de suministro nacionales.
- Financiar incentivos para negocios de energía limpia con propietarios de raza negra, indígena y otras grupos étnicos y raciales marginados y remover las barreras que existen para lograr una fuerza laboral diversa.
- Desarrollar enfoques más integrales para promover una sociedad más justa, con acceso equitativo a la educación, la salud, el alojamiento, el empleo y servicios públicos robustos para satisfacer las necesidades básicas.

Promover un enfoque proactivo a la sostenibilidad de la transición. Las tecnologías de energía limpia tienen la posibilidad de mejorar los resultados de sostenibilidad, pero no los alcanzarán si no se tienen presentes plenamente a los costos externos de la extracción de recursos, el consumo y la eliminación de desechos como una prioridad desde el inicio. Hay que realizar análisis rigurosos de ciclo de vida para comparar toda la gama de impactos de las alternativas (no solo el carbono y no solo en el punto de uso) y desde el principio gestionar de manera proactiva el reciclaje de recursos para las tecnologías como refrigerantes, pilas, paneles solares y turbinas eólicas. Los biocombustibles que se utilicen para el transporte, la energía o para los procesos industriales, deben ser extraídos y producidos de manera responsable y limitados a una escala sostenible. Las intervenciones políticas incluyen lo siguiente:

- Establecer, implementar y hacer cumplir normas para gestionar de manera sostenible los ciclos de vida de productos de energía limpia, incluyendo requisitos de fin de vida útil, y dar incentivos para una gestión ingeniera continua y eficaz.
- Requerir análisis rigurosos del fin de vida útil cuando se contemplan modalidades de transición energética y apoyar el desarrollo de marcos consistentes para comparar los impactos de rutas divergentes.

- Garantizar que los productos agropecuarios o forestales para los biocombustibles, la energía renovable u otros productos se consigan de fuentes responsables y se usen a una escala que evite fomentar la inseguridad alimentaria y precios elevados o la expansión de huellas de agricultura y plantación a costa del sustento de la comunidad, los bosques naturales y otros ecosistemas críticos.
- Desarrollar, implementar y hacer cumplir políticas para garantizar la extracción responsable de recursos en las cadenas de suministro domésticas e internacionales y la protección de los derechos humanos y las prácticas justas del mercado.

IMPULSAR EL CAMBIO SISTÉMICO, NO INCREMENTAL

Desafiar las suposiciones sobre el estado actual. El sistema energético actual les falla a demasiadas personas, desde la cuarta parte de hogares estadounidenses (y los dos tercios de hogares de bajos ingresos) que enfrentan cargas de costos energéticos elevados (Drehobl, Ross y Ayala 2020), hasta los miles de personas en el país que cada año fallecen prematuramente por contaminación de combustibles fósiles. Las soluciones de energía limpia que se conforman a los sistemas y estructuras actuales sin cuestionarlos amenazan con propagar las inequidades a largo plazo. La influencia del estado actual genera una preferencia para soluciones a la transición energética que se alinean con el sistema en general tal como es, en vez de impulsar soluciones novedosas hacia cómo podría ser. Por ejemplo, implementar la CAC en las instalaciones industriales porque sí en vez de explorar las alternativas a la combustión crea el riesgo de perpetuar las inequidades, al igual que lo haría cambiar los vehículos de motores de combustión interna de baja ocupación por vehículos eléctricos de baja ocupación sin explorar seriamente las soluciones sistémicas para reducir de manera significativa el uso de carros particulares en general. Hay que desafiar repetidamente las suposiciones y disposiciones como estas. Las intervenciones de políticas públicas incluyen las siguientes:

- Cuestionar las suposiciones tradicionales de caso de base, incorporar el estudio de alternativas no incrementales, re-imaginar fundamentalmente los modelos de financiación federal y cambiar las medidas utilizadas para evaluar las inversiones en el transporte.
- Mantener una diversidad de perspectivas en cada etapa de las discusiones, quitar los obstáculos a la participación en los procesos de toma de decisiones de las comunidades históricamente marginadas y distribuir la tenencia del poder.
- Promover, facilitar y empoderar la ciencia comunitaria y el monitoreo comunitario del aire, agua y otros tipos de contaminación ambiental.
- Adoptar marcos que promueven la implementación de enfoques políticos y soluciones tecnológicas que impulsen prioridades múltiples, no solo la reducción de carbono.

Enfrentar las normas del mercado y estructuras que impiden el cambio transformador. El sistema energético del siglo 21 debe ser mucho más flexible y descentralizado que el sistema actual y debe tener en cuenta los costos sociales más amplios como los costos a la salud pública de la contaminación. Se necesitan nuevos modelos de servicios públicos que incluyan un mandato para distribuir electricidad limpia y asequible y que tengan que responder a las comunidades afectadas. Estos modelos pueden incluir estructuras de propiedad pública y comunitaria que aumenten la responsabilidad democrática y empoderen a las comunidades para desarrollar sus propias visiones de un futuro con energía limpia. Las políticas públicas deben balancear firmemente la necesidad de construcción de infraestructura de gran escala, la cual debe ir acompañada de un proceso fuerte donde las partes interesadas participen en la toma de decisiones sobre la ubicación de instalaciones energéticas y el otorgamiento de permisos. Las intervenciones de políticas públicas incluyen las siguientes:

- Hacer cumplir los mecanismos rigurosos de responsabilidad al nivel local, estatal, regional y federal para garantizar que los operadores de electricidad tanto públicos como privados sean verdaderamente receptivos y dirigidos por las personas a las que están destinado servir.

- Crear marcos para la viabilidad de propiedad pública e inversión comunitaria local en la energía limpia.
- Adoptar marcos que incluyan el valor pleno de los recursos distribuidos, la demanda flexible y el almacenamiento energético para los servicios de red que dan, y volver a estudiar la gobernanza de los mercados energéticos que ha permitido la discriminación sistémica contra los recursos energéticos limpios y rentables.
- Elevar las voces del público y requerir la inclusión de la retroalimentación pública en general.

Reducir drásticamente el uso de los combustibles fósiles y su infraestructura. Con la necesidad urgente de enfrentar las crisis climáticas y de salud pública generadas por combustibles fósiles, el país sencillamente no puede darse el lujo, ni hay necesidad, de continuar desarrollando infraestructura de combustibles fósiles de larga duración como siempre lo ha hecho. (IEA 2021). En algunas situaciones limitadas, es posible que se necesiten algunas infraestructuras nuevas y existentes. Sin embargo, en general Estados Unidos debe aplicar una perspectiva lúcida a nivel sistémico y reducir rápidamente su dependencia en los combustibles fósiles. Las intervenciones políticas incluyen las siguientes:

- Aplicar un estudio al nivel sistémico a la planeación para combustibles fósiles que adopte una posición por defecto de rechazar el desarrollo de nueva infraestructura y recursos para combustibles fósiles (incluso para la ampliación de carreteras) y permitir excepciones solo en circunstancias muy limitadas que no perpetúen las injusticias ambientales.
- Enfrentar los sistemas que han perpetuado resultados racistas en la ubicación, construcción y operación continua de infraestructura de combustibles fósiles y priorizar la eliminación gradual de las mismas en las comunidades más afectadas.
- Abordar los fallos del mercado que perpetúan el consumo de combustibles fósiles aun cuando no está alineados con la economía, los diseños de políticas públicas y los objetivos climáticos.
- Garantizar que la eliminación gradual de infraestructura de combustibles fósiles activamente gestione las fugas de contaminantes que atrapan el calor y remedie los daños al agua y la tierra.
- Requerir la divulgación consistente, comparable y fiable de riesgos climáticos y responsabilizar a las empresas de combustibles fósiles (y las entidades financieras que las respaldan) por realizar una transición rápida en sus modelos empresariales e inversiones para que estos estén alineados con los objetivos climáticos.

IV. Mirar al futuro hacia un cambio transformador

Enfrentar las crisis complejas nacionales del cambio climático, el racismo estructural y una creciente desigualdad de ingresos requiere soluciones intersectoriales que abarquen toda la sociedad. A medida que desenredemos las emisiones de carbono de cada faceta de nuestra economía, tenemos la obligación de reformar nuestros sistemas para que sean mejores. Los cambios transformadores al sistema energético pueden reducir drásticamente las emisiones que atrapan el calor a la vez que garantizan beneficios para todas las comunidades, en particular para las que el sistema actual ha marginado o lastimado.

No tenemos tiempo que perder. Para aprovechar los beneficios importantes para la salud y la economía que ofrece una transición energética equitativa y limpia, los responsables de políticas y las partes interesadas deben estar involucrados. Los gobiernos federales, estatales, locales y tribales deben trabajar juntos en estrecha coordinación para impulsar políticas e inversiones robustas. Las agencias con mandatos relacionados con lograr una transición energética justa y equitativa (que incluyen las agencias de contaminación de aire, organizaciones regionales de transporte, agencias de energía, comisiones de servicios públicos, agencias de vivienda, instituciones

de transmisión de energía eléctrica y la Comisión Federal Reguladora de Energía) deben asumir el alcance pleno de este trabajo. El diálogo directo y auténtico con las comunidades locales afectadas, muchos de quienes ya han propuesto recomendaciones importantes de política pública, ayudará a garantizar que cada una tenga la posibilidad de desarrollar y beneficiarse directamente de estos cambios.

En la ruta de aquí al 2050 y más allá, abunda la incertidumbre, por eso se necesita humildad ante las suposiciones sobre los costos y el desempeño de tecnologías, el estado de la innovación, la posibilidad para una transformación social y los impactos climáticos en desarrollo. Sin embargo, como se puede observar en el presente informe, aún se puede ver un camino a un mejor futuro, una ruta fundamentalmente distinta a la trayectoria rota, no sostenible y dañina del estado actual. Es más, el camino al 2030, que representa un hito importante en la transformación de la mitad del siglo, se está apareciendo nítidamente y requiere saltos grandes y alcanzables en materia de la implementación de energía renovable y la eliminación gradual del carbón, la electrificación rápida de vehículos, la implementación a gran escala de medidas de eficiencia energética y climatización y el inicio de una evolución industrial. Todo esto se debe combinar con apoyos para la actualización y el desarrollo de las redes existentes, en preparación para niveles más altos de recursos energéticos variables y para un futuro aumento en la demanda eléctrica mucho mayor, prestando atención diligente a las reducciones en emisiones que no vienen del CO2 y brindando una gestión activa e intencional de los sectores agropecuarios, forestales y de la tierra.

Sin embargo, algo aún más convincente que los hallazgos de estos modelos es lo que los objetivos y los datos tecnológicos no logran captar: los beneficios humanos que conllevará el acto de aceptar la necesidad y oportunidad urgente e innegable para una transición energética transformadora con justicia y equidad, de principio a fin. Esta es la visión audaz y emocionante que estamos llamados a hacer realidad para que las comunidades de todo el país y las futuras generaciones puedan prosperar en una sociedad más sana y sostenible.

El presente informe fue fruto de un esfuerzo colaborativo entre la Unión de Científicos Conscientes y un comité asesor de expertos. Los miembros del comité asesor incluyen a Ted Boettner, Ohio River Valley Institute; Chandra Farley, Partnership for Southern Equity; Brett Isaac, Navajo Power; Jackson Koeppel, Soulardarity; Dr. Monica Unseld, Until Justice Data Partners; y Dr. Shelley Welton, Universidad de Carolina del Sur, Facultad de Derecho. El equipo de autores del informe de la Unión de Científicos Conscientes incluyen a Youngsun Baek, Rachel Cleetus, Steve Clemmer, Camilo Esquivia-Zapata, Jeremy Martin, Julie McNamara, Cecilia Moura, Sital Sathia, y Sandra Sattler. El estudio de modelado fue realizado por Ryan Jones de Evolved Energy Research.

RECONOCIMIENTOS

El presente informe fue posible gracias al generoso apoyo de Heising-Simons Foundation, Joyce Foundation, John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, Rauch Foundation, y los miembros de la Unión de Científicos Conscientes.

Los autores quieren agradecer a las siguientes personas por su atenta revisión del informe: Rachel Fakhry y Starla Yeh, Natural Resources Defense Council; Tom FitzGerald, Kentucky Resources Council; Christina H. Fuller, Georgia State University School of Public Health; Haley Havens, Institute for Energy Justice; Tina Johnson, Johnson Strategies; y Alice Kaswan, Escuela de Derecho de la Universidad de San Francisco

Los autores también están agradecidos con sus colegas de la Unión de Científicos Conscientes por su apoyo y por aportar ideas valiosas al análisis, en particular les agradecemos a Don Anair, Colin Byers, Angela Anderson, Katherine Catalano, Jeff Deyette, Peter Frumhoff, Paula Garcia, Brandon Gibbs, Jonna Hamilton, Adrienne Hollis, Elizabeth Irvin, Brian LaShier, Jiayu Liang, Lisa Nurnberger, Jeremy Richardson, Megan Rising, y Michelle Robinson, y también antiguos colegas Eyal Li, Anusha Narayanan, y Ashanti Washington.

Agradecimiento especial a Leslie Brunetta, Cynthia DeRocco, Gillian Esquivia-Cohen, Michelle Rama-Poccia, Heather Tuttle, Bryan Wadsworth, y Pamela Worth por sus contribuciones en la edición, traducción, y producción del presente informe.

Las afiliaciones de organizaciones se enumeran sólo con fines de identificación. Las opiniones expresadas en este documento no necesariamente reflejan las de las organizaciones que financiaron el trabajo ni las de las personas que lo revisaron. La Unión de Científicos Conscientes es responsable del contenido del presente informe.

GLOSARIO DE TÉRMINOS CLAVES

Captura y almacenamiento de carbono (CAC): Un proceso tecnológico en el que el CO₂ que se derive de los procesos industriales o de la producción energética es separado, comprimido y transportado a través de tuberías a sitios subterráneos de almacenamiento a largo plazo en vez de ser emitido a la atmósfera.

Cero emisiones netas: Un estado que se logra cuando la suma de las emisiones que atrapan el calor producidas por los humanos se encuentra en equilibrio con las emisiones que son absorbidas por los sumideros de tierra o de mar y por métodos tecnológicos de eliminación, durante un período de tiempo específico. Esto se puede definir con relación a un solo gas (por ejemplo, CO₂) o a múltiples gases que atrapan el calor. Específicamente, en este informe el término emisiones netas cero no se emplea para describir las compensaciones bajo un sistema de mercado de intercambio de emisiones, ni como una laguna para evitar o atrasar los recortes profundos y absolutos a las emisiones que atrapan el calor.

Comunidades de bajos ingresos: Las comunidades caracterizadas por una tasa alta de hogares que viven por debajo de la línea de pobreza. Según el Departamento del Tesoro de Estado Unidos la definición de una comunidad de bajos ingresos es un área de censo donde la tasa de pobreza esté al menos a un 20% o donde la media de los ingresos familiares no exceda al 80% de la media estatal de ingresos familiares.

Democracia energética: Un término que ha sido definido por grupos comunitarios para significar el trabajo para impulsar un sistema energético más limpio y justo. A continuación, hay dos ejemplos de cómo se ha definido.

La democracia energética es una manera de enmarcar la lucha de los trabajadores, las comunidades de bajos recursos y las comunidades de razas y etnias marginadas además de sus aliados, para tomar el control de los recursos energéticos y procesos de toma de decisiones del establecimiento energético empresarial y usar esos recursos para empoderar a sus comunidades. Significa un sistema energético no centralizado, caracterizado por el control social y comunitario y la propiedad de los recursos energéticos, un recurso compartido que se desarrolla en armonía con los ecosistemas de la Tierra.

La democratización energética representa un elemento principal de una transición justa, de una economía basada en los combustibles fósiles a una nueva economía energética centrada en la justicia económica y social.

—Fairchild y Weinrub 2017; *The Energy Democracy Project*, s.f.

La democracia energética representa un alejamiento de la economía empresarial y centralizada basada en los combustibles fósiles hacia una controlada por las comunidades, está diseñada y centrada en el principio de no hacer daño al medioambiente, apoya a las economías locales y contribuye a la salud y el bienestar de todas las personas.

Equidad: Esencialmente, es el principio de igualdad. En la práctica, la equidad se puede referir a resultados justos (por ejemplo, el reparto justo de los costos y los beneficios de una política), la imparcialidad con respecto a las características de una persona (como sus ingresos, género y raza), la justicia a lo largo del tiempo (la equidad intergeneracional), o la imparcialidad de procesos y gobernanza (la equidad procesal).

“Fenceline community” o comunidad vecina de instalación industrial: Una comunidad ubicada cerca de los límites de una central energética u otra instalación industrial y que, por consiguiente, vive un mayor riesgo de ser expuesta a contaminación generada por esa instalación.

—Climate Justice Alliance, s.f.

Justicia ambiental: La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) define la justicia ambiental así:

La justicia ambiental es el trato justo y la participación significativa de todos, independientemente de su raza, etnicidad, origen nacional o ingresos, con respeto al desarrollo, la implementación y la aplicación de leyes, normas y políticas ambientales. Este objetivo se logrará cuando cada persona disfrute de:

- El mismo grado de protección contra riesgos ambientales y a la salud, y
- El acceso igualitario a los procesos de toma de decisiones para tener un ambiente saludable en donde vivir, aprender y trabajar.

—EPA, *s.f.*

El Environmental Justice for All Act (el proyecto de ley Justicia Ambiental para Todos), presentado por primera vez en febrero de 2020 y de nuevo en marzo de 2021, usa una definición parecida:

El término *justicia ambiental* significa el trato justo y la participación significativa de todos, independientemente de su raza, etnicidad, cultura, origen nacional o ingresos, con respecto al desarrollo, la implementación y la aplicación de leyes, normas y políticas ambientales que garanticen que cada persona disfrute de:

(A) el mismo grado de protección contra riesgos ambientales y a la salud, y

(B) el acceso igualitario a cualquier actividad desarrollada por una instancia federal sobre temas de justicia ambiental para que se pueda tener un ambiente saludable donde vivir, aprender y trabajar.

—de the Environmental Justice for All Act (116° Congreso)

Participación pública: Un proceso que brinda oportunidades significativas para las partes interesadas (individuos, comunidades, organizaciones) para orientar y formar una decisión, e incluye el marco que dice que “las personas más próximas al problema son las que están más próximas la solución” (Parnell 2018). La participación pública debe ser un esfuerzo permanente que tome en cuenta el acceso a la información, las fuentes de financiación, las reuniones y la traducción. Además, con respecto a la información recibida por las partes interesadas, “la consulta no significa el consentimiento,” como dicen las comunidades indígenas.

Presupuesto o balance de carbono: Una estimación de las acumuladas emisiones netas que atrapan el calor que aún se pueden emitir a la atmósfera mientras se mantienen las temperaturas medias globales por debajo de los umbrales críticos, por ejemplo muy por debajo de 2°C. Repartir el presupuesto global de carbono entre los países requiere hacer suposiciones críticas sobre la equidad y la justicia, dado que los países más ricos que se industrializaron primero ya han consumido una parte desproporcionadamente alta del presupuesto de carbono desde los inicios de la revolución industrial.

Remediación: La limpieza de contaminación ambiental ocasionada por actividades energéticas e industriales, tanto históricas como actuales y cuyos impactos han sido asumidos de manera desproporcionada por comunidades raciales y étnicas marginadas, a través de la restauración al estado más cerca posible a su anterior condición no contaminada. La remediación puede reducir los dañinos impactos ambientales y de salud, generar empleo y crear nuevas oportunidades económicas en los lugares que han sido restaurados.

Resiliencia climática: La capacidad de las comunidades, los ecosistemas o las infraestructuras para resistir y recuperarse de impactos climáticos, por ejemplo, las inundaciones, el calor extremo, las sequías y los incendios forestales.

Soluciones interseccionales: Las soluciones que toman en cuenta la interrelación de sistemas humanos y naturales y tienen como objetivo resolver los problemas de manera multidimensional.

Sumidero de carbono/ Sumidero de carbono de tierra: Cualquier depósito de emisiones que atrapan el calor, por ejemplo, los mares, los bosques y el suelo. Sumidero de carbono de tierra se refiere a cualquier sumidero terrestre.

Transición justa: Es la idea que los trabajadores y las comunidades negativamente afectados por el alejamiento de los combustibles fósiles deben tener acceso a recursos integrales, robustos y prolongados para manejar estos cambios, incluso a través de apoyos económicos y oportunidades de desarrollo laboral para los trabajadores que se vean afectados, la recuperación y descontaminación de sitios afectados para limpiar la contaminación ocasionada por instalaciones decomisadas y apoyos en forma de desarrollo económico de largo plazo y diversificación, dirigidos por la comunidad (BGA 2021; JTF 2020).

REFERENCIAS

- Abhyankar, N., P. Mohanty, y A. Phadke. 2021. *Illustrative Strategies for the United States to Achieve 50% Emission Reductions by 2030*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, Energy Analysis and Environmental Impacts Division. https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/us_50_percent_ndc_memo_finalap.pdf
- ALA (American Lung Association). 2021. "State of the Air." Chicago. <https://www.lung.org/research/sota>
- Amorelli, L., D. Gibson, y T. Gilbertson (eds.). 2021. *Hoodwinked in the Hothouse: Resist False Solutions to Climate Change*, tercera edición. Climatefalsesolutions.org. https://climatefalsesolutions.org/wp-content/uploads/2021/04/HOODWINKED_ThirdEdition_On-Screen_version.pdf
- BGA (BlueGreen Alliance). 2019. *Solidarity for Climate Action*. Minneapolis, MN. <http://www.bluegreenalliance.org/wp-content/uploads/2019/07/Solidarity-for-Climate-Action-vFINAL.pdf>
- BGA (BlueGreen Alliance). 2021. *BlueGreen Alliance National Energy Transition Policy Framework*. Washington, DC. <https://www.bluegreenalliance.org/wp-content/uploads/2021/05/Transition-Platform-v1-1-column-5321.pdf>
- Brecher, Jeremy. 2015. "A Superfund for Workers: How to Promote a Just Transition and Break Out of the Jobs vs. Environment Trap." *Dollars & Sense*, noviembre/diciembre 2015. <http://www.dollarsandsense.org/archives/2015/1115brecher.html>
- Casa Blanca. 2021a. "President Biden Sets 2030 Greenhouse Gas Pollution Reduction Target Aimed at Creating Good-Paying Union Jobs and Securing US Leadership on Clean Energy Technologies." Hoja informativa, 22 de abril. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-president-biden-sets-2030-greenhouse-gas-pollution-reduction-target-aimed-at-creating-good-paying-union-jobs-and-securing-u-s-leadership-on-clean-energy-technologies/>
- Casa Blanca. 2021b. "President Biden Takes Executive Actions to Tackle the Climate Crisis at Home and Abroad, Create Jobs, and Restore Scientific Integrity Across Federal Government." Hoja informativa, 27 de enero. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/01/27/fact-sheet-president-biden-takes-executive-actions-to-tackle-the-climate-crisis-at-home-and-abroad-create-jobs-and-restore-scientific-integrity-across-federal-government/>
- Cleetus, R., y E. Spanger-Siegfried. 2021. "Biden's Earth Day Summit Is a Crucial Opportunity for Climate Action." *Scientific American*, 14 de abril 2021. <https://www.scientificamerican.com/article/bidens-earth-day-summit-is-a-crucial-opportunity-for-climate-action/>
- Climate Justice Alliance. S.f. "What Is Energy Democracy?" Accedido el 25 de junio de 2021. <https://climatejusticealliance.org/workgroup/energy-democracy/>
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 2021. *Nationally Determined Contributions under the Paris Agreement: Synthesis Report, February 26, 2021*. Bonn, Germany. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_02E.pdf
- Donaghy, Tim, y Charlie Jiang. 2021. *Fossil Fuel Racism: How Phasing Out Oil, Gas, and Coal Can Protect Communities*. Washington, DC: Greenpeace USA. <https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2021/04/Fossil-Fuel-Racism.pdf>
- Drehobl, A., L. Ross, y R. Ayala. 2020. *How High Are Household Energy Burdens? An Assessment of National and Metropolitan Energy Burden Across the United States*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy. <https://www.aceee.org/sites/default/files/pdfs/u2006.pdf>
- EDF (Environmental Defense Fund). 2021. *Recapturing US Leadership on Climate: Setting an Ambitious and Credible Nationally Determined Contribution*. Washington, DC. <https://www.edf.org/sites/default/files/documents/Recapturing%20U.S.%20Leadership%20on%20Climate.pdf>

- EIA (Administración de Información Energética). 2019. *Annual Energy Outlook 2019*. Washington, DC. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/aeo2019.pdf>
- EJNCF (Equitable y Just National Climate Forum). 2019. Equitable and Just National Climate Platform. <https://ajustclimate.org/>
- Energy Democracy Project. S.f. "What Is Energy Democracy?" Accedido el 25 de junio de 2021. <https://energydemocracy.us/>
- Environmental Justice for All Act of 2020, H.R. 5986, 116 ° Congreso (2020). <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/5986/text>
- EPA (Agencia de Protección Ambiental). 2021. *Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2019*. Washington, DC. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2019>
- EPA (Agencia de Protección Ambiental). s.f. *Environmental Justice*. Washington, DC. <https://www.epa.gov/environmentaljustice>
- Fairchild, Denise y Al Weinrub. 2017. *Energy Democracy: Advancing equity in clean energy solutions*. Washington, DC: Island Press.
- Fargione, J. E., et al. 2018. "Natural Climate Solutions for the United States." *Science Advances* 4 (11): eat1869. <https://advances.sciencemag.org/content/4/11/eaat1869>
- Generating Equity: Deploying a Just and Clean Energy Future, before the Subcommittee on Energy of the Committee on Energy and Commerce*, 117° Congreso (2021) (el testimonio escrito de Chandra Farley, Directora de Just Energy, Partnership for Southern Equity). https://energycommerce.house.gov/sites/democrats.energycommerce.house.gov/files/documents/Witness%20Testimony_Farley_ENG_2021.04.20_0.pdf
- Gignac, James. 2020. "Introducing a Blog Series on Recycling Clean Energy Technologies." *The Equation (blog)*. 30 de octubre. <https://blog.ucsusa.org/james-gignac/introducing-a-blog-series-on-recycling-clean-energy-technologies/>
- Grubler, A., et al. 2018. "A Low Energy Demand Scenario for Meeting the 1.5oC Target and Sustainable Development Goals without Negative Emission Technologies." *Nature Energy* 3 (junio): 515–27. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>
- Hultman, N., L. Clarke, H. McJeon, R. Cui, P. Hansel, E. McGlynn, K. O'Keefe, J. O'Neill, C. Wanner, y A. Zhao. 2021. *Charting an Ambitious US NDC of 51% Reductions by 2030*. College Park: Universidad de Maryland, Facultad de Política Pública of Public Policy. <https://cgs.umd.edu/research-impact/publications/working-paper-charting-ambitious-us-ndc-51-reductions-2030>
- IEA (International Energy Agency). 2020. *World Energy Outlook 2020*. Paris. <https://www.iea.org/topics/world-energy-outlook>
- IEA (International Energy Agency). 2021. *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy System*. Paris. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4482cac7-edd6-4c03-b6a2-8e79792d16d9/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>
- IPCC (El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2018. *Special Report on Global Warming of 1.5°C*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- JTF (Just Transition Fund). 2020. "National Economic Transition Platform." Accedido el 25 de junio de 2021. <https://nationaleconomictransition.org/platform>
- Justice40 (Equitable and Just National Climate Forum, Center for American Progress, and Tishman Environment and Design Center). 2021. *Justice40 Recommendations*. <https://cdn.americanprogress.org/content/uploads/2021/03/16083513/Justice40-Recommendations.pdf>
- KeyBer, L., y M. Lenzen. 2021. "1.5oC Degrowth Scenarios Suggest the Need for New Mitigation Pathways." *Nature Communications* 12: 2676. <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22884-9>
- Kiran, T., S. Nimbalkar, A. Thekdi, y J. Cresko. 2019. "Energy Implications of Electrotechnologies in Industrial Process Heating Systems." Ponencia presentada al ACEEE Summer Study on Energy Efficiency de 2019, Portland, OR, 12 de agosto 2019. <https://www.osti.gov/biblio/1564150>
- Larsen, J., K. Larsen, y H. Pitt. 2020. *Climate Progress in the Year-End Stimulus*. Nueva York: Rhodium Group. <https://rhg.com/research/climate-progress-in-the-year-end-stimulus/>
- Larson, E., C. Greig, J. Jenkins, E. Mayfield, A. Pascale, C. Zhang, J. Drossman, et al. 2020. *Net-Zero America: Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts*. Princeton, NJ: Princeton University. https://environmenthalfcentury.princeton.edu/sites/g/files/toruqf331/files/2020-12/Princeton_NZA_Interim_Report_15_Dec_2020_FINAL.pdf
- Matthews, J.B.R., editor. 2018. "Annex I: Glossary." En *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*, edited by V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, et al. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>
- McNamara, Julie. 2020. *The Flexible Demand Opportunity: How Smarter Electricity Use Can Support a Clean Energy Future*. Cambridge, MA: Unión de Científicos Conscientes <https://www.ucsusa.org/resources/flexible-demand-oppportunity>
- Nadel, S., y L. Unger. 2019. *Halfway-There: Energy Efficiency Can Cut Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Half by 2050*.

- Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy. <https://www.aceee.org/fact-sheet/halfway-there>
- NAS (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2018. *Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25259>
- NAS (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2021. *Accelerating Decarbonization of the US Energy System*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25932>
- NRDC (El Consejo para la Defensa de los Recursos Naturales). 2021. *The Biden Administration Must Swiftly Commit to Cutting Climate Pollution at Least 50 Percent by 2030*. Nueva York. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/2030-biden-climate-pollution-ib.pdf>
- Orvis, Robbie, y Megan Mahajan. 2021. *A 1.5°C NDC for Climate Leadership by the United States*. San Francisco: Energy Innovation. https://energyinnovation.org/wp-content/uploads/2021/04/A-1.5-C-Pathway-to-Climate-Leadership-for-The-United-States_NDC-update-2.pdf
- Parnell, Whitney. 2018. "4 Truths to Equip the Fight Against White Nationalism." *Sojourners*, 10 agosto. <https://sojo.net/articles/4-truths-equip-fight-against-white-nationalism>
- Reichmuth, David. 2019. "Air Pollution from Cars, Trucks, and Buses in the US: Everyone Is Exposed, But the Burdens Are Not Equally Shared." *The Equation (blog)*. 16 octubre. <http://blog.ucusa.org/dave-reichmuth/air-pollution-from-cars-trucks-and-buses-in-the-u-s-everyone-is-exposed-but-the-burdens-are-not-equally-shared/>
- Richardson, J., y L. Anderson. 2021. *Supporting the Nation's Coal Workers and Communities in a Changing Energy Landscape*. Washington, DC: Unión de Científicos Conscientes. www.ucusa.org/resources/support-coal-workers
- Tessum, Christopher W., David A. Paoletta, Sarah E. Chambliss, Joshua S. Apte, Jason D. Hill, y Julian D. Marshall. 2021. "PM2.5 Polluters Disproportionately and Systemically Affect People of Color in the United States." *Science Advances* 7 (18): eabf449. DOI: 10.1126/sciadv.abf4491
- Thind, Maninder P.S., Christopher W. Tessum, Inês L. Azevedo, y Julian D. Marshall. 2019. "Fine Particulate Air Pollution from Electricity Generation in the US: Health Impacts by Race, Income, and Geography." *Environmental Science and Technology* 53: 14010–19.
- USCAN (US Climate Action Network). 2020. *The US Fair Share*. Washington, DC. http://usfairshare.org/files/US_Climate_Fair_Share_Backgrounder.pdf
- Vohra, Karn, Alina Vodonos, Joel Schwartz, Eloise A. Marais, Melissa P. Sulprizio, y Loretta J. Mickley. "Global Mortality from Outdoor Fine Particle Pollution Generated by Fossil Fuel Combustion: Results from GEOS-Chem." *Environmental Research* 195: 110754. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110754>
- Welton, S., y J. Eisen. 2019. "Clean Energy Justice: Charting an Emerging Agenda." *Harvard Environmental Law Review* 43: 307–71.
- Welton, Shelley. 2017. "Electricity Markets and the Social Project of Decarbonization." *Columbia Law Review* 1067: (2018). <https://ssrn.com/abstract=3091297>