

Energías renovables para la transición energética: una mirada integral

Autores

Gabriel Blanco y Daniela Keesler

Centro de Tecnologías Ambientales y Energía, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Colaboradores

Jazmín Rocco Predassi y Camila Agustina Mercure

Fundación Ambiente y Recursos Naturales

Elaborado por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires para la Fundación Ambiente y Recursos Naturales.

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	03
Introducción	04
Análisis sistémico del sistema energético	05
Herramienta para un análisis sistémico de impactos	05
Dimensiones y aspectos a considerar	06
Aspectos socioambientales	06
Aspectos socioeconómicos	08
Aspectos político-institucionales	09
Casos de estudio	10
Centrales eólicas	11
Centrales solares fotovoltaicas	15
Centrales de ciclo combinado	19
Producción de biodiésel	23
Calefones solares	28
A modo de conclusión	33
Referencias	34

Resumen ejecutivo

A lo largo de la historia de la Argentina, la toma de decisiones en materia energética no se ha basado en análisis transversales, sino parciales, muchas veces dominados por la coyuntura económica y social.

La transformación del sector energético no implica solo un cambio tecnológico hacia fuentes renovables bajas en emisiones, sino también nuevos consensos sociales y cambios estructurales a nivel cultural, económico y político, respetando los límites energéticos, materiales y ecológicos del planeta (IAF, 2023).

En este cambio de paradigma es fundamental analizar la sostenibilidad de cada política, medida o proyecto específico, desde las esferas ambiental, social, económica y político-institucional. En este sentido, este documento propone un modelo de evaluación sistémica y realiza una evaluación integral ilustrativa de los impactos –tanto negativos como positivos– que algunas tecnologías renovables pueden causar sobre diversos aspectos de las esferas ya mencionadas.

Los resultados muestran que los potenciales impactos en general son positivos, en algunos casos, neutros y, en pocos casos, negativos. Sin embargo, es necesario aclarar que siempre la evaluación final deberá realizarse atendiendo a las condiciones sociales, económicas, ambientales y culturales del lugar y de la región en particular.

Realizar una evaluación sistémica como la presentada en este documento podría servir como fuente de información para la ciudadanía y las personas tomadoras de decisiones, ya que permite dar un marco y un sustento sólido a las discusiones sobre políticas, medidas y proyectos para la transformación del sistema energético.

Introducción

El sistema energético argentino es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero del país (MAyDS, 2021). Su transformación tendrá implicancias sobre todos los sectores de la economía y sobre la sociedad en su conjunto, pues requerirá de cambios tecnológicos, recursos financieros y modificaciones de hábitos y comportamientos arraigados con respecto al uso y consumo de combustibles fósiles y las tecnologías para su aprovechamiento.

El proceso de transformación del sistema energético abre oportunidades para alcanzar un sistema sostenible en sí mismo y que contribuya también al desarrollo sostenible del país, considerando los aspectos sociales, ambientales y económicos en un plano de igualdad, y a partir de una participación ciudadana activa. Esta transformación debe considerar la diversificación de la matriz energética, el desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables, la creación de nuevas cadenas de valor y el desarrollo territorial a través de un sistema descentralizado del cual más actores puedan formar parte. Una transformación de esta naturaleza contribuirá, a su vez, a incrementar la resiliencia del sistema energético a los impactos presentes y futuros del cambio climático como, por ejemplo, el incremento de las olas de calor o la disminución de los caudales de los ríos.

Los cambios deberán involucrar a los sectores productivos, de servicios y de consumo final de energía y, por supuesto, al sector público a cargo de definir e implementar las políticas y lineamientos generales.

Por un lado, se deberá abordar el uso racional y eficiente de la energía en todas sus formas a partir de una profunda electrificación de la demanda energética en los niveles residencial, industrial, comercial y público, incluyendo el recambio de equipos, dispositivos y artefactos, así como la electrificación y otros cambios de combustibles en el transporte particular y público de pasajeros y en el transporte de carga.

Por otro lado, será necesario el uso masivo de energías renovables para la generación eléctrica –tanto centralizada como distribuida–, para la producción y el uso del hidrógeno verde como reemplazo de combustibles fósiles en aquellas aplicaciones donde predomina el uso de energía térmica, como en las industrias del cemento y del acero, y para la producción de biocombustibles para la maquinaria agrícola y algunas modalidades del transporte, incluyendo la aviación comercial.

Si bien la transformación del sistema energético tiene a la “carbono neutralidad” como una de sus metas, es necesario crear al mismo tiempo un sistema energético que contribuya al desarrollo sostenible del país. En este sentido, será fundamental analizar y evaluar *a priori* la sostenibilidad tanto de la explotación de los recursos energéticos como de las tecnologías para su transformación y aprovechamiento. Un análisis de este tipo permitiría, por ejemplo, mejorar la seguridad y la soberanía energética a través de la diversificación de los recursos energéticos utilizados y la descentralización de la producción, potenciando desarrollos científicos, tecnológicos y productivos con nuevos emprendimientos y cadenas de valor que apoyen el desarrollo territorial, mejoren el acceso a la energía y reduzcan la pobreza energética.

Para que la evaluación de la sostenibilidad de las acciones que se lleven adelante para transformar el sistema energético sea justa, deberá ser fundamentalmente sistémica. Esto implica evaluar las consecuencias, positivas y negativas, de la producción y uso de la energía sobre cada uno de los aspectos socioambientales, socioeconómicos y político-institucionales que hacen al desarrollo.

Análisis sistémico del sistema energético

El análisis sistémico de las políticas, medidas y proyectos específicos se fundamenta en la necesidad de asegurar la integridad socioambiental, socioeconómica y político-institucional de una sociedad. Esto requiere abordar simultáneamente las diversas problemáticas y las consecuencias, positivas o negativas, que una determinada acción puede generar en cada una de esas dimensiones.

Gracias a la implementación de este tipo de análisis, la urgencia para hacer frente al cambio climático, u otras emergencias socioambientales o socioeconómicas, puede generar sinergias positivas entre diversas líneas de acción y, al mismo tiempo, evitar la toma de decisiones equivocadas que impacten negativamente en otros aspectos del desarrollo, tanto en el presente como en el futuro.

Un análisis de este tipo permite, además, la evaluación exhaustiva de un proyecto, medida o política, a fin de brindar a los tomadores de decisiones una visión integral de las consecuencias de una determinada acción, constituyéndose de este modo en una herramienta de gestión estratégica para el diseño de políticas públicas que permite prevenir los efectos negativos y potenciar los positivos sobre diversos componentes de los sistemas biofísicos, productivos y humanos.

Por su complejidad intrínseca, los impactos presentan hechos inciertos, pluralidad de valores y decisiones urgentes, lo cual impone serios retos y desafíos para su evaluación y posterior toma de decisiones. Analizar las consecuencias que una acción puede generar sobre los diversos aspectos que representan las dimensiones del desarrollo implica que todos estos potenciales impactos sean considerados y evaluados simultáneamente y de forma equilibrada, a fin de prever durante la etapa de planificación aquellas consecuencias negativas de corto, mediano y largo plazo de un proyecto, medida o política, y poder actuar en consecuencia antes de su implementación.

Este documento propone una evaluación sistémica modelo para analizar los impactos de algunas tecnologías para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables que son y serán clave para la transformación buscada del sistema energético argentino. Luego, se profundiza compartiendo evaluaciones sistémicas ilustrativas de algunos casos (centrales eólicas, centrales solares fotovoltaicas, centrales de ciclo combinado, producción de biodiésel y calefones solares).

HERRAMIENTA PARA UN ANÁLISIS SISTÉMICO DE IMPACTOS

El análisis y la evaluación sistémica de las acciones necesarias para la transformación del sistema energético requieren de una herramienta metodológica para poder ser llevados a cabo. Una de estas herramientas es el análisis multicriterio (AMC), que permite la evaluación de las acciones —sean estas políticas, medidas o proyectos específicos con potenciales impactos sobre múltiples aspectos socioambientales, socioeconómicos y político-institucionales— a partir del manejo de gran cantidad de información y a través de procesos participativos y transparentes. El AMC requiere como condición *sine qua non* la participación de todos los actores involucrados, por lo que excede el alcance de este trabajo. Sin embargo, para la evaluación sistémica de tecnologías para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables que se propone aquí se seguirán algunos de sus lineamientos.

Dimensiones y aspectos a considerar

Según la literatura, existen diversas formas para pensar las dimensiones fundamentales que hacen al desarrollo de una sociedad. Una de ellas, frecuentemente utilizada en la práctica, establece las dimensiones socioeconómica, socioambiental y político-institucional, entendiendo que no hay límites precisos entre ellas y que los impactos sobre una de estas dimensiones tienen consecuencias sobre las otras. A su vez, cada una estará conformada por una serie de aspectos o factores que deberán ser considerados específicamente en cualquier análisis y evaluación. Estos aspectos, en muchos casos, atraviesan horizontalmente dos o más dimensiones.

A continuación, se presentan los aspectos centrales identificados dentro de las dimensiones socioeconómica, socioambiental y político-institucional, sobre los cuales se deberá abordar el análisis y la evaluación sistémica de las acciones que lleven a la transformación del sistema energético.

Se considera que los aspectos identificados constituyen fragmentaciones de sistemas complejos y, por lo tanto, pueden resultar arbitrarios y no ser aplicables a todos los contextos por igual, aun cuando se busque reflejar las múltiples relaciones e interacciones entre las dimensiones.

Es imprescindible que la evaluación de cada uno de estos aspectos se realice atendiendo el contexto local donde la acción o política se lleve adelante, incluyendo, entre otras, las condiciones ambientales y sociales preexistentes, las actividades económicas del lugar, los ecosistemas circundantes y los aspectos culturales del lugar y la región.

ASPECTOS SOCIOAMBIENTALES

Son aquellos que registran las dinámicas de los componentes biofísicos, entendiendo su intrínseca relación con las comunidades humanas. Así, se consideran los efectos que estas comunidades generan sobre la biósfera y los ecosistemas y, también, se relevan las consecuencias sobre estas comunidades de las modificaciones generadas en estos componentes biofísicos.

Los aspectos socioambientales identificados como más importantes son:

Aspectos socioambientales	Definición
Agua	Evalúa el impacto sobre el manejo del agua, tanto superficial como subterránea, considerando si su gestión es adecuada desde el punto de vista de su provisión y utilización, y si es eficiente, contemplando alternativas de reutilización, reciclado y reducción de la demanda.
Suelo	Evalúa, por un lado, si la acción incluye mecanismos para preservar las características originales del suelo y evitar su erosión y contaminación y, por otro, si la acción analiza los cambios de uso del suelo que se pudieran generar, bajo la premisa de resguardar los valores socioambientales.

Aspectos socioambientales	Definición
Calidad de aire	Evalúa la emisión de gases y material particulado perjudiciales para la salud humana, animal y de los ecosistemas.
Gases de efecto invernadero (GEI)	Evalúa las emisiones de GEI que generará o evitará la acción cada año y a lo largo de su vida útil.
Otros recursos naturales	Evalúa el impacto de la extracción y uso de recursos naturales, tales como minerales, energéticos, forestales y otros, priorizando el múltiple uso de estos de manera jerarquizada según demandas locales, con planes de manejo que respeten los ciclos naturales de renovación, potencien la minimización del uso de estos recursos, la reducción de la demanda y contemplen el reciclado.
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	Evalúa la protección de la biodiversidad y de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, haciendo énfasis en la preservación de la conectividad y la calidad del paisaje, sin impactos irreversibles.
Pasivos ambientales	Evalúa la generación y caracterización de residuos sólidos y efluentes líquidos, así como su tratamiento y disposición final.
Balance energético	Evalúa la demanda energética a lo largo del ciclo de vida y las fuentes de la energía demandadas.
Paisaje y patrimonio cultural	Evalúa las alteraciones al paisaje y al patrimonio cultural que puedan causar la instalación y operación de centrales y otro equipamiento para la producción de energía.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Son aquellos componentes de la economía del país intrínsecamente relacionados con el desarrollo social que requieren ser considerados para que las dinámicas económicas sean acompañadas por una mejora integral de la calidad de vida de los habitantes.

Los aspectos socioeconómicos identificados como más relevantes son:

Aspectos socioeconómicos	Definición
Empleo	Evalúa la generación y/o destrucción de empleo, considerando la cantidad de nuevos puestos a generar en las diferentes etapas de una acción determinada y la priorización de la mano de obra local.
Desarrollo territorial/ emprendimientos/cadenas de valor locales	Evalúa el potencial impacto sobre el desarrollo territorial de una acción a partir del potencial de creación de empleos calificados y de cadenas de valor integradas por nuevos emprendimientos para la fabricación de equipos y componentes, junto con la instalación, operación y mantenimiento de equipos y sistemas.
Capacitación	Evalúa el requerimiento de capacidades técnicas y de gestión para llevar adelante una acción.
Costos y beneficios económicos directos	Evalúa la relación entre costos económicos directos de la acción (p. ej.: inversiones, costos operativos) y los beneficios económicos directos generados por la venta de productos y/o servicios (p. ej.: venta de energía).
Infraestructura y acceso a servicios	Evalúa el impacto de una acción sobre la infraestructura y el acceso a servicios (p. ej.: energía, agua, transporte, educación) de las comunidades de la región a partir de cambios en la disponibilidad del servicio y/o de modificaciones en los precios.
Vulnerabilidad y riesgo	Evalúa la contribución de las acciones en la reducción de la vulnerabilidad y de los riesgos de los impactos del cambio climático sobre las poblaciones y los ecosistemas.
Salud	Evalúa el potencial impacto directo e indirecto de una acción sobre la salud de la población.

ASPECTOS POLÍTICO-INSTITUCIONALES

Se conforman con aquellas áreas que, reflejando las características y dinámicas de los propios procesos de la sociedad civil, junto con las de las instituciones del Estado, deben ser consideradas para garantizar que las acciones tiendan a un desarrollo sostenible y equitativo, preservando el bienestar general y la paz interior.

Los aspectos político-institucionales identificados como más relevantes son:

Aspectos político-institucionales	Definición
Soberanía energética	Evalúa si la acción promueve la soberanía energética, entendida como el grado de autodeterminación en la toma de decisiones, así como en materia de disponibilidad y acceso a los recursos energéticos, al financiamiento y a las tecnologías para su extracción, transformación, distribución y uso final.
Seguridad energética	Evalúa si la acción contribuye al suministro energético de la localidad o región donde se implementa y asegura una amplia accesibilidad de la población local a la energía.
Balanza comercial	Evalúa el potencial impacto sobre la balanza comercial energética considerando las importaciones y exportaciones de combustibles primarios y secundarios, incluyendo energía eléctrica e hidrógeno, las importaciones y exportaciones de bienes de capital, y los impactos indirectos sobre las exportaciones de productos agrícolas primarios.
Conflictividad social	Evalúa el potencial de consenso o conflictividad social que una acción puede generar, considerando los recursos naturales que involucra, los residuos y efluentes que genera, los posibles impactos en la calidad de vida de las poblaciones afectadas, el grado de participación ciudadana y la vulneración de los derechos de las comunidades locales, entre otros.
Equidad de género ¹	Evalúa el potencial impacto de la acción sobre la equidad de género en la inclusión de la mujer en el ámbito laboral del sector renovable en la cadena de valor del mercado energético.
Desarrollo tecnológico	Evalúa el posible impulso que pueda generar una acción sobre el desarrollo tecnológico local, regional o nacional.

1. Este aspecto deja fuera de consideración a la evaluación de los posibles impactos sobre la equidad de género teniendo en cuenta el grado de accesibilidad a la energía que cada tecnología evaluada podría brindar.

Aspectos político-institucionales	Definición
Participación	Evalúa el nivel de participación ciudadana en la toma de decisiones sobre la gestión, producción y uso de la energía, para que estas decisiones resulten apropiadas a las circunstancias ecológicas, sociales, económicas y culturales, y respeten la normativa internacional pertinente.
Concientización	Evalúa si la acción promueve la educación/concientización de la población para el completo entendimiento de las acciones y sus impactos positivos y/o negativos.

Casos de estudio

En este apartado se presenta una serie de evaluaciones cualitativas ilustrativas de los potenciales impactos generados por la producción de energía a partir de recursos energéticos renovables y fósiles en base al análisis de los diferentes aspectos descritos en la sección precedente. Por un lado, se evalúan las tecnologías eólica y solar fotovoltaica (FV) para la producción de energía eléctrica renovable a gran escala y, a fines comparativos, se analiza la generación eléctrica a partir de una central térmica de ciclo combinado que utiliza combustibles fósiles.

A la evaluación de centrales para la generación eléctrica a gran escala se suma la evaluación de la producción y uso de energía térmica a partir de biodiésel para el transporte y, por otro lado, de calefones solares (energía solar térmica de baja temperatura) para agua caliente sanitaria.

Se debe advertir en primer lugar que, al no conocer la ubicación específica de las centrales, la evaluación será necesariamente genérica. En segundo lugar, esta se realiza a partir de documentación y estudios existentes y de consultas internas dentro del equipo conformado por las personas autoras de este documento, por lo que tendrá el sesgo propio de sus integrantes.

En todos los casos, los potenciales impactos deben evaluarse para cada fase del ciclo de vida de los proyectos, desde la extracción del recurso energético y otros insumos, pasando por la fabricación de equipos y componentes, y por las fases de instalación, operación y cierre de los proyectos. Dada la magnitud de esa tarea, aquí solo se hará referencia a los elementos principales de cada una de las fases.

En las tablas siguientes se utiliza un código de colores para visualizar de forma rápida el posible sentido (positivo, negativo o neutro) y la magnitud de los potenciales impactos de cada tecnología sobre cada uno de los aspectos considerados.

Potencial impacto negativo relevante	Potencial impacto negativo moderado	Impacto nulo o despreciable	Potencial impacto positivo moderado	Potencial impacto positivo relevante

Para una comprensión más justa de la magnitud de los posibles impactos de las alternativas evaluadas se deben mencionar los distintos potenciales de participación que tendrían cada uno de estos recursos y tecnologías en una transformación del sistema energético enfocada en la descarbonización y en la sostenibilidad.

A partir de escenarios energéticos elaborados por el Centro de Tecnologías Ambientales y Energía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) en conjunto con la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) y proyectados a 2050, se estima que las centrales eólicas pasarían de una participación actual del 3% en la demanda total de energía al 35% en ese año. Las centrales solares fotovoltaicas, por su parte, ascenderían del casi 2% actual al 20%. En el caso de las centrales de ciclo combinado, su participación actual es del 11% y se reduciría a un valor despreciable en el escenario considerado. El biodiésel, por su parte, actualmente tiene una participación cercana al 3% y podría aumentar o disminuir en varios puntos porcentuales en algunos escenarios. Finalmente, los calefones solares, cuya participación actual es despreciable, podrían alcanzar un 0,5% de la demanda total de energía. Estos porcentajes solo pretenden dar una idea del orden de magnitud de los potenciales de participación de cada recurso y tecnología evaluados en este trabajo, y pueden variar según el escenario energético que se utilice.

CENTRALES EÓLICAS

Se define como “centrales eólicas” a la instalación de un conjunto de turbinas eólicas de más de 1 MW de potencia nominal cada una junto al equipamiento para el control y acondicionamiento de potencia dentro de un predio determinado. En general, estas centrales se encuentran conectadas a una red eléctrica a la cual inyectan la energía generada.

Para una evaluación sistémica de centrales eólicas se siguen las definiciones establecidas para cada uno de los aspectos a evaluar.

Aspectos socioambientales

Aspectos socioambientales	Definición
Agua	El impacto sobre el uso de agua de las centrales eólicas es despreciable en todas las fases de un proyecto, cualquiera sea su ubicación geográfica.
Suelo	El impacto sobre el uso del suelo puede ser algo relevante según sea el uso que habitualmente se haga del predio donde se instale la central. No obstante, en lugares donde se practica agricultura y/o ganadería, estas actividades pueden seguir desarrollándose.
Calidad de aire	El impacto sobre la calidad del aire es irrelevante en todas las fases y cualquiera sea su ubicación geográfica.

Aspectos socioambientales	Definición
GEI	Las emisiones de GEI de las centrales eólicas son despreciables en todas sus fases y cualquiera sea su ubicación geográfica.
Otros recursos naturales	<p>El impacto sobre otros recursos naturales podría tener alguna relevancia según la locación. En ecorregiones como montes de llanuras y mesetas o la estepa patagónica el impacto sobre recursos naturales será menor.</p> <p>Las centrales eólicas no requieren de otros recursos naturales para su instalación y operación, a excepción de cantidades menores de piedra caliza para la fabricación del cemento usado en las fundaciones.</p> <p>La fabricación de equipos requiere principalmente de cobre y acero.</p>
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	<p>El impacto sobre biodiversidad y los servicios ecosistémicos podría tener alguna relevancia según la ecorregión donde se instale y la locación específica.</p> <p>En algunos casos puede ocurrir que las palas de las turbinas eólicas interfieran con la ruta de aves migratorias o el ruido altere la fauna local.</p>
Pasivos ambientales	<p>La generación de residuos sólidos y efluentes líquidos es despreciable independientemente de la ubicación geográfica.</p> <p>El cierre de una central podría generar pasivos ambientales vinculados con las fundaciones de hormigón de las turbinas y la disposición final de los equipos.</p>
Balance energético	El balance energético de una central eólica es positivo a lo largo de su ciclo de vida en todos los casos donde el funcionamiento sea normal.

Aspectos socioeconómicos

Aspectos socioeconómicos	Definición
Empleo	La instalación de centrales eólicas ha creado en la Argentina un promedio de 1,4 empleos calificados por MW instalado, mientras que la fase de operación ha requerido de 0,2 empleos por MW. Otros empleos podrían generarse en otras fases de un proyecto.
Desarrollo territorial/ emprendimientos/cadenas de valor locales	De acuerdo con el estado actual del desarrollo de esta tecnología, aproximadamente el 40% de los equipos y componentes que conforman una central eólica se fabrica en el país. A su vez, el mantenimiento es realizado, en general, por el proveedor de las turbinas. Esta situación podría cambiar en el mediano plazo según sean las políticas que se implementen en el sector.
Capacitación	Los empleos requeridos para la instalación y operación son, en su mayoría, calificados y nacionales. Por el contrario, la fabricación de equipos y componentes se realiza en otros países. Esta situación podría mejorar en el mediano y largo plazo según sean las políticas de desarrollo que se implementen en el sector.
Costos y beneficios económicos directos	Las centrales eólicas tendrán indicadores económicos positivos o negativos dependiendo del acceso al financiamiento y de la política en materia de precios de la energía. En situaciones normales la relación costo-beneficio será positiva.
Infraestructura y acceso a servicios	Una central eólica conectada a la red eléctrica nacional no necesariamente impacta sobre el acceso a servicios e infraestructura de las comunidades cercanas.
Vulnerabilidad y riesgo	La contribución de las centrales eólicas a reducir la vulnerabilidad y los riesgos de los impactos del cambio climático se debe a su aporte a la diversificación de la matriz energética.
Salud	El impacto sobre la salud de la población es prácticamente nulo. En casos muy esporádicos se han registrado efectos en pobladores cercanos a partir del ruido generado por las turbinas y por reflejos lumínicos intermitentes.

Aspectos político-institucionales

Aspectos político-institucionales	Definición
Soberanía energética	El impacto de las centrales eólicas a la soberanía energética dependerá de algunos factores tales como el acceso al financiamiento para el desarrollo e implementación de los proyectos y el acceso, fabricación y dominio de la tecnología. También, dependerá del control de la gestión y operación de los proyectos para asegurar el cumplimiento de la legislación vigente en materia energética y ambiental.
Seguridad energética	El impacto en la seguridad energética de las centrales eólicas conectadas a la red eléctrica podría evidenciarse a partir de la contribución a la diversificación de la matriz eléctrica.
Balanza comercial	El impacto sobre la balanza comercial será positivo si las centrales eólicas contribuyen a reducir la importación de energía eléctrica y de gas natural licuado (GNL) para la producción de energía eléctrica en centrales térmicas. La instalación de estas centrales tendrá un impacto negativo a partir de la importación de la tecnología; el desarrollo tecnológico local podría mitigarlo o revertirlo en la medida que se impulsen políticas públicas orientadas a la sustitución gradual de esas importaciones.
Conflictividad social	Las centrales eólicas, en general, reciben la aceptación de las poblaciones involucradas. En algunos países donde estas centrales avanzan sobre territorios más poblados o valorados por su atractivo paisajístico, han causado conflictos y la negativa a su implementación. Esto no ha ocurrido hasta ahora en la Argentina.
Equidad de género	La gestión sobre el desarrollo e implementación de centrales eólicas no tiene, necesariamente, impactos sobre la equidad de género en la inclusión de la mujer en el ámbito laboral del sector renovable de la cadena de valor del mercado energético.
Desarrollo tecnológico	Una alta proporción de los equipos y componentes utilizados en centrales eólicas en la actualidad son importados. Existe la capacidad técnica para reemplazar las importaciones, por lo que podría esperarse que con políticas adecuadas y acceso al financiamiento esto pueda ocurrir en el futuro cercano.

Aspectos político-institucionales	Definición
Participación	Más allá de las audiencias públicas no vinculantes establecidas en la legislación vigente para la implementación de proyectos energéticos, no se registran actualmente otras formas de participación en el desarrollo de centrales eólicas.
Concientización	No se registran campañas oficiales de concientización a partir de la instalación de centrales eólicas. Solo se pueden mencionar algunas publicidades de las empresas desarrolladoras de estos proyectos.

CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Se define como “centrales solares fotovoltaicas” (FV) a la instalación de un conjunto de paneles solares fotovoltaicos de más de 1 MW de potencia nominal total, su estructura soporte y el equipamiento para el acondicionamiento de potencia dentro de un predio determinado. En general, estas centrales se encuentran conectadas a una red eléctrica a la cual inyectan la energía generada.

Para una evaluación sistémica de centrales solares fotovoltaicas se siguen las definiciones establecidas para cada uno de los aspectos a evaluar.

Aspectos socioambientales

Aspectos socioambientales	Definición
Agua	El impacto sobre el uso de agua de las centrales FV es despreciable cualquiera sea su ubicación geográfica. En algunos casos se utiliza una cantidad menor de agua para la limpieza de los paneles. Deberá atenderse al uso del agua en la fabricación de las celdas.
Suelo	El impacto sobre el uso del suelo puede ser relevante según sea el uso que habitualmente se haga del predio donde se instale la central. En algunos casos se intenta que las actividades agrícolas y ganaderas puedan coexistir con la central solar FV.
Calidad de aire	El impacto sobre la calidad del aire es irrelevante cualquiera sea la ubicación geográfica de la central. Otras fases de la producción de la tecnología tampoco presentan impactos de relevancia sobre el aire.

Aspectos socioambientales	Definición
GEI	<p>Las emisiones de GEI de las centrales FV son despreciables cualquiera sea su ubicación geográfica.</p> <p>La fabricación de las celdas conlleva el uso de energía eléctrica que podría generar emisiones de GEI, aunque no de manera relevante.</p>
Otros recursos naturales	<p>El impacto sobre otros recursos naturales podría tener alguna relevancia según la locación específica. Por ejemplo, en ecorregiones del norte del país podría requerir la tala de árboles, mientras que, en otras ecorregiones, como montes de llanuras y mesetas o la estepa patagónica, el impacto sobre recursos naturales podría ser menor.</p> <p>Las centrales FV no requieren de otros recursos naturales para su instalación y operación.</p> <p>La fabricación de las celdas utiliza grandes cantidades de silicio.</p>
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	<p>El impacto sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos podría tener alguna relevancia según la ecorregión donde se instale y la locación específica.</p>
Pasivos ambientales	<p>La generación de residuos sólidos y efluentes líquidos es despreciable independientemente de la ubicación geográfica. El cierre de una central FV podrá generar pasivos vinculados a los materiales y equipos utilizados.</p>
Balance energético	<p>El balance energético de una central FV es positivo en todos los casos, y a lo largo del ciclo de vida, siempre que su funcionamiento sea normal.</p>
Paisaje y patrimonio cultural	<p>La evaluación positiva o negativa de las alteraciones al paisaje y al patrimonio cultural es fuertemente dependiente de la locación donde se desarrolle e instale cada proyecto. Por ello es necesario poner a consideración de las poblaciones locales y otros actores de la sociedad el desarrollo e implementación de cada uno. Las centrales solares FV podrían tener impactos negativos, pero también podrían convertirse en atractivos turísticos y generadores de conciencia sobre la problemática energética.</p>

Aspectos socioeconómicos

Aspectos socioeconómicos	Definición
Empleo	<p>La instalación de centrales FV ha creado en la Argentina un promedio de 1,76 empleos calificados por MW instalado, mientras que su operación ha requerido 0,2 empleos por MW.</p> <p>Nuevos empleos podrían generarse en otras fases de un proyecto y, fundamentalmente, en la fabricación de celdas y módulos FV.</p>
Desarrollo territorial/ emprendimientos/cadenas de valor locales	<p>De acuerdo con el estado actual del desarrollo tecnológico de las centrales solares FV, una fracción importante de los equipos y componentes se fabrica en el país, la cual podría incrementarse si se llegaran a fabricar las celdas y equipos de acondicionamiento de potencia. A su vez, el mantenimiento es realizado, en general, por empresas y personal local.</p> <p>El impacto sobre el desarrollo territorial podría cambiar en el mediano plazo según sean las políticas que se implementen en el sector.</p>
Capacitación	<p>Los empleos requeridos para la instalación y operación son, en su mayoría, calificados y nacionales. Esta situación podría mejorar en el mediano plazo según sean las políticas que se implementen en el sector para la fabricación de celdas y otros equipos.</p>
Costos y beneficios económicos directos	<p>Las centrales FV tendrán indicadores económicos positivos o negativos dependiendo del acceso al financiamiento y de la política en materia de precios de la energía. En situaciones normales, la relación costo/beneficio será positiva.</p>
Infraestructura y acceso a servicios	<p>Una central FV conectada a la red eléctrica nacional no necesariamente impacta sobre el acceso a servicios e infraestructura de las comunidades cercanas.</p>
Vulnerabilidad y riesgo	<p>La contribución de las centrales FV a reducir la vulnerabilidad y los riesgos de los impactos del cambio climático está en la contribución a la diversificación de la matriz energética.</p>
Salud	<p>No se registran impactos sobre la salud de la población en ninguna de las fases.</p>

Aspectos político-institucionales

Aspectos político-institucionales	Definición
Soberanía energética	El impacto de las centrales FV en la soberanía energética dependerá de algunos factores tales como el acceso al financiamiento para el desarrollo e implementación de los proyectos y el acceso, fabricación y dominio de la tecnología. También, dependerá del control de la gestión y operación de los proyectos para asegurar el cumplimiento de la legislación vigente en materia energética y ambiental.
Seguridad energética	El impacto en la seguridad energética de las centrales FV conectadas a la red eléctrica podría evidenciarse a partir de su contribución a la diversificación de la matriz eléctrica.
Balanza comercial	El impacto sobre la balanza comercial será positivo si las centrales FV contribuyen a reducir la importación de energía eléctrica y de GNL para la producción de energía eléctrica en centrales térmicas. La instalación de estas centrales tendrá un impacto negativo a partir de la importación de la tecnología (p. ej.: celdas de silicio y equipamiento para el acondicionamiento de potencia). El desarrollo tecnológico local y la consecuente fabricación de celdas y equipos podrían mitigar o revertir este impacto.
Conflictividad social	Las centrales FV usualmente generan aceptación en las poblaciones involucradas. En algunos casos en los que las centrales avanzaron sobre territorios de pueblos originarios o valorados por su atractivo paisajístico han causado conflictos con las poblaciones locales.
Equidad de género	La gestión sobre el desarrollo e implementación de centrales FV no tiene, necesariamente, impactos sobre la equidad de género en la inclusión de la mujer en el ámbito laboral del sector renovable de la cadena de valor del mercado energético.
Desarrollo tecnológico	Una alta proporción de los equipos y componentes utilizados en centrales FV en la actualidad son importados. Existe la capacidad técnica para reemplazar las importaciones, por lo que podría esperarse que con políticas adecuadas y acceso al financiamiento esto pueda ocurrir en el futuro cercano.
Participación	Más allá de las audiencias públicas no vinculantes establecidas en la legislación vigente para la implementación de proyectos energéticos, no se registran actualmente otras formas de participación en el desarrollo de centrales solares FV.
Concientización	No se registran campañas oficiales de concientización a partir de la instalación de centrales solares FV. Solo se pueden mencionar algunas publicidades de las empresas y/o gobiernos locales desarrolladores de estos proyectos.

CENTRALES DE CICLO COMBINADO

Las centrales térmicas de ciclo combinado resultan de integrar ciclos de turbinas de gas con ciclos de turbinas de vapor. Los gases de salida de las turbinas de gas se aprovechan para producir vapor (en un generador de vapor y por recuperación de calor), que luego se utiliza en el ciclo de turbina de vapor. En la mayoría de los ciclos combinados, el combustible principal es el gas natural, y en el caso particular de la Argentina, el gas natural no convencional.

Para una evaluación sistémica de las centrales de ciclo combinado se siguen las definiciones establecidas para cada uno de los aspectos a evaluar.

Aspectos socioambientales

Aspectos socioambientales	Definición
Agua	<p>El impacto directo sobre el uso de agua se genera en el enfriamiento de las centrales. Y si bien el agua se devuelve casi en su totalidad al curso original de donde se extrajo, se lo hace a una temperatura mayor, causando la llamada "polución térmica".</p> <p>Otro impacto sobre el uso del agua, aunque indirecto, se produce en la extracción del gas natural no convencional usado en las centrales a través de la técnica de fractura hidráulica (<i>fracking</i>).</p>
Suelo	<p>El impacto sobre el uso del suelo de las propias centrales no es de gran relevancia, aunque en la mayoría de los casos se ubican en terrenos a orilla de ríos o lagos que podrían tener valor recreativo y paisajístico.</p> <p>Por otro lado, la extracción de gas natural no convencional genera impactos directos e indirectos relevantes en el uso del suelo, que requieren de estudios específicos en cada caso.</p>
Calidad de aire	<p>El impacto sobre la calidad del aire de las centrales de ciclo combinado podría ser de importancia a partir de potenciales emisiones gaseosas contaminantes, tales como NO_x, hidrocarburos no metánicos, material particulado, CO y SO_x, aunque el uso de gas natural reduce la posibilidad de estas emisiones.</p> <p>Las emisiones fugitivas de metano y otros hidrocarburos durante la extracción de gas natural no convencional tienen alto impacto sobre la calidad del aire y sobre el calentamiento global.</p>
GEI	<p>Las emisiones de GEI de las centrales de ciclo combinado son relevantes a partir de la combustión de combustibles fósiles, gas natural o cualquier sustituto de origen fósil.</p> <p>Las emisiones fugitivas de metano durante la extracción de gas natural no convencional representan una parte relevante de las emisiones de GEI de las centrales de ciclo combinado.</p>

Aspectos socioambientales	Definición
Otros recursos naturales	<p>El impacto sobre otros recursos naturales en la instalación y operación de las centrales puede ser relevante según sea la ubicación geográfica, impactando en los ecosistemas circundantes a partir del uso del agua y de las emisiones gaseosas ya mencionadas.</p> <p>Por otra parte, la extracción del gas natural no convencional a través de <i>fracking</i> genera impactos altamente relevantes sobre recursos naturales debido al uso del suelo, al uso de agua, a la extracción de arenas en márgenes de ríos y a los residuos sólidos y efluentes líquidos generados.</p>
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	<p>El impacto sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos podría ser relevante según la ecorregión y la ubicación específica donde se instalen centrales de ciclo combinado.</p> <p>La extracción de gas natural no convencional a partir de los ya mencionados usos del agua, del suelo, de la extracción de arenas y de la generación de residuos y efluentes, muestra un alto potencial de impacto sobre la biodiversidad, sus hábitats y los servicios ecosistémicos que proveen.</p>
Pasivos ambientales	<p>Además de las mencionadas emisiones gaseosas, uso del agua, residuos y efluentes generados durante la operación, la extracción de gas natural no convencional a través de <i>fracking</i> genera pasivos ambientales altamente relevantes debido al uso del suelo, al uso de agua, a la extracción de arenas en márgenes de ríos y a los residuos sólidos y efluentes líquidos generados.</p>
Balance energético	<p>El balance energético de las centrales de ciclo combinado ronda el 55% (eficiencia térmica).</p> <p>La cantidad de energía consumida durante la extracción de gas no convencional a través de la técnica de <i>fracking</i> resulta en una alta proporción de la energía contenida en el gas obtenido. Los estudios muestran que esta proporción va aumentando a medida que la profundidad de los pozos (entre otras variables) se incrementa. La evolución del balance neto de energía muestra que pasó de utilizarse el 6% de la energía obtenida (pozos convencionales) en los años 90 a cerca de un 20% en la actualidad.</p>
Paisaje y patrimonio cultural	<p>En términos generales, el impacto sobre el paisaje de las centrales de ciclo combinado es negativo, aunque el nivel del impacto dependerá de la localización específica. Por ello es necesario poner a consideración de las poblaciones locales y otros actores de la sociedad el desarrollo e implementación de cada proyecto.</p>

Aspectos socioeconómicos

Aspectos socioeconómicos	Definición
Empleo	<p>Tanto la instalación como la operación de las centrales de ciclo combinado tienen impacto positivo en la creación de empleos calificados.</p> <p>También se crean empleos en los procesos de extracción del gas natural, aunque existe controversia sobre la calidad de estos puestos de trabajo debido a las condiciones generales y los riesgos en materia de seguridad.</p>
Desarrollo territorial/ emprendimientos/cadenas de valor locales	<p>De acuerdo con el estado actual del desarrollo tecnológico de las centrales de ciclo combinado, la posibilidad de desarrollo local está limitada a equipos y componentes auxiliares y tareas de mantenimiento regular.</p> <p>En cuanto a la extracción de gas no convencional, la tecnología utilizada es importada en su mayor parte. Sin embargo, se han creado importantes cadenas de valor para servicios de mantenimiento y fabricación de equipamiento auxiliar.</p>
Capacitación	<p>Los empleos requeridos para la instalación, operación y mantenimiento son, en su mayoría, calificados y nacionales.</p> <p>Algo similar ocurre con los empleos en la fase de extracción de gas natural no convencional.</p>
Costos y beneficios económicos directos	<p>La relación costo/beneficio de las centrales de ciclo combinado dependerá de los precios relativos que se establezcan, a través de regulaciones específicas o del mercado, de la energía eléctrica producida y del gas natural, principal costo operativo de las centrales.</p>
Infraestructura y acceso a servicios	<p>Las centrales de ciclo combinado de gran escala no generan, necesariamente, mejoras en el acceso a servicios e infraestructura en la región donde se instalan.</p>
Vulnerabilidad y riesgo	<p>Las centrales de ciclo combinado no registran una contribución directa a la reducción de la vulnerabilidad y los riesgos de los impactos del cambio climático.</p> <p>Por otro lado, estos podrían incrementarse por el elevado consumo de agua durante la extracción por <i>fracking</i> del gas natural.</p>
Salud	<p>El impacto sobre la salud de la población puede ser relevante si se materializan las emisiones gaseosas contaminantes del aire ya mencionadas. La ubicación de las centrales será clave en este aspecto.</p> <p>Las emisiones gaseosas contaminantes del aire, los residuos sólidos y efluentes líquidos contaminantes de aguas subterráneas y superficiales generados durante la extracción por <i>fracking</i> del gas natural tendrán impacto en la salud de las comunidades cercanas a los pozos de extracción.</p>

Aspectos político-institucionales

Aspectos político-institucionales	Definición
Soberanía energética	<p>La contribución de las centrales de ciclo combinado es controversial a partir de que la tecnología y el equipamiento central (p. ej.: turbinas, generadores de vapor) no se fabrican en el país y no se prevé que se fabriquen en el corto ni el mediano plazo.</p> <p>En cuanto a la extracción de gas natural no convencional, la tecnología también es importada y se requiere de financiamiento para las inversiones necesarias.</p>
Seguridad energética	<p>Las centrales de ciclo combinado ofrecen seguridad en el suministro eléctrico, con factores de carga de entre el 60 y el 80%, brindando también potencia firme al sistema interconectado.</p>
Balanza comercial	<p>El impacto sobre la balanza comercial dependerá del acceso que tengan las centrales de ciclo combinado al gas natural no convencional producido en el país. Este acceso se ve afectado en los meses de invierno, cuando el gas natural se deriva al sector residencial para calefacción y debe importarse gas natural.</p> <p>Si la producción y el transporte de gas natural local fueran los adecuados durante todo el año, se reduciría la importación, mejorando la balanza comercial.</p>
Conflictividad social	<p>Las centrales de ciclo combinado en sí mismas no han originado conflictos socioambientales de consideración. En términos generales, la tecnología es aceptada por la población.</p> <p>Distinto es el caso de la extracción de gas natural no convencional que, desde sus comienzos, ha generado conflictos con las comunidades cercanas afectadas por el uso y la contaminación del agua, contaminación del aire, ruidos y microsismos, y otros residuos y efluentes, además de la vulneración de los derechos humanos.</p>
Equidad de género	<p>Las centrales de ciclo combinado no tienen, necesariamente, impactos sobre la equidad de género en la inclusión de la cadena de valor del mercado energético.</p>
Desarrollo tecnológico	<p>Una alta proporción de los equipos y componentes utilizados en las centrales de ciclo combinado son importados (p. ej.: turbinas de gas, turbinas de vapor y generadores de vapor) y no se prevé el desarrollo y la fabricación de este tipo de equipos en el corto ni en el mediano plazo.</p> <p>Por otro lado, la extracción de gas natural no convencional también requiere de equipamiento importado, aunque una alta proporción de equipos auxiliares son o pueden ser fabricados en el país.</p>

Aspectos político-institucionales	Definición
Participación	Más allá de las audiencias públicas no vinculantes establecidas en la legislación vigente para la implementación de proyectos energéticos, no se registran actualmente otras formas de participación en la instalación y operación de centrales de ciclo combinado. Tampoco se registra participación ciudadana en la toma de decisiones en relación con la extracción de gas natural no convencional.
Concientización	No se registran campañas oficiales ni privadas de concientización en relación con las centrales de ciclo combinado y sus impactos sobre el ambiente. Tampoco existe concientización sobre los impactos de la extracción y uso del gas natural no convencional. Por el contrario, las campañas señalan de manera engañosa solo supuestas bondades de su explotación.

PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL

La producción de biodiésel incluye los procesos industriales para la transformación de aceites vegetales, así como los procesos agropecuarios de los cultivos para la producción de aceite. En general, en la Argentina, el biodiésel se fabrica a partir de aceite de soja y se destina al corte de combustibles (diésel de origen fósil) para el transporte y a la exportación.

Para una evaluación sistémica de la producción de biodiésel se siguen las definiciones establecidas para cada uno de los aspectos a evaluar.

Aspectos socioambientales

Aspectos socioambientales	Definición
Agua	El impacto sobre el uso de agua de la producción de biodiésel es relevante cuando se considera la absorción de agua de lluvia durante el crecimiento del cultivo (p. ej.: soja).
Suelo	El impacto sobre el uso del suelo es relevante en el cultivo de soja. Se suma a esto la degradación y contaminación de los suelos cuando se considera el paquete tecnológico de agroquímicos utilizados. Este impacto podría mitigarse si el cultivo para la producción del aceite se realizara siguiendo prácticas agroecológicas.

Aspectos socioambientales	Definición
Calidad de aire	<p>El impacto sobre la calidad del aire es relevante cuando se considera la contaminación generada durante la aplicación de agroquímicos en el cultivo de soja.</p> <p>Este impacto podría mitigarse si el cultivo para la producción del aceite se realizara siguiendo prácticas agroecológicas.</p> <p>El uso de biodiésel en vehículos también genera material particulado perjudicial para la salud.</p>
GEI	<p>Las emisiones de GEI en la producción de biodiésel pueden ser relevantes dependiendo de las prácticas agrícolas utilizadas para el cultivo de soja, incluyendo el manejo del suelo y los agroquímicos utilizados y su forma de aplicación.</p> <p>En algunos casos, las emisiones de GEI a lo largo de la producción de biodiésel son del mismo orden de magnitud que las emisiones de GEI evitadas por la sustitución de diésel de origen fósil.</p>
Otros recursos naturales	<p>El impacto sobre otros recursos naturales podría ser relevante según la ubicación geográfica de las plantaciones de los cultivos oleaginosos a partir del uso de agroquímicos.</p> <p>Si estas plantaciones requieren cambios en los usos del suelo, como sería en el caso de transformar pastizales, campos naturales o bosques nativos en tierras cultivadas, entonces los recursos naturales podrían verse afectados seriamente.</p> <p>La producción de agroquímicos a partir de derivados del petróleo también genera impactos en recursos naturales a lo largo de la cadena de producción del petróleo.</p>
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	<p>El impacto sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos podría ser relevante según la ecorregión donde se ubiquen las plantaciones de los cultivos oleaginosos.</p> <p>Si estas plantaciones requieren cambios en los usos del suelo, como en el caso de transformar pastizales, campos naturales o bosques nativos en tierras cultivadas, entonces la biodiversidad y los servicios ecosistémicos podrían verse afectados seriamente.</p>
Pasivos ambientales	<p>La generación de residuos sólidos y efluentes líquidos podría ser importante cuando se consideran los procesos agropecuarios e industriales en la producción del biodiésel.</p> <p>Sus impactos incluyen la generación de residuos sólidos debido a los envases de agroquímicos y la contaminación de aguas subterráneas y superficiales por los agroquímicos utilizados en los cultivos.</p>

Aspectos socioambientales	Definición
Balance energético	El balance energético en la producción de biodiésel puede variar según sea el cultivo utilizado como materia prima para la producción del aceite y las prácticas agrícolas empleadas. En general, el balance energético es positivo, pero se registran casos de balances nulos o incluso negativos.
Paisaje y patrimonio cultural	El impacto sobre el paisaje y el patrimonio cultural ocurre en las diversas etapas de la producción de biodiésel, desde la fase del cultivo de soja hasta la fase industrial de producción de aceite y su conversión a biodiésel. No se conocen estudios sobre cómo la población percibe el impacto sobre el paisaje de cada una de estas etapas.

Aspectos socioeconómicos

Aspectos socioeconómicos	Definición
Empleo	La producción de biodiésel crea en la Argentina cerca de 800 empleos por cada millón de toneladas de biodiésel producidas. Se deberán contemplar también los empleos vinculados con la producción del cultivo que sirva como materia prima y en otras fases de la cadena de valor.
Desarrollo territorial/emprendimientos/cadenas de valor locales	De acuerdo con el estado actual del desarrollo de esta tecnología, el potencial impacto sobre el desarrollo territorial podría ser altamente positivo. El equipamiento necesario puede ser fabricado a nivel local casi en su totalidad, y existen capacidades técnicas para la instalación, operación y mantenimiento de las plantas industriales y para la fase agropecuaria, lo cual abre oportunidades para la creación de emprendimientos productivos. La concreción de nuevos emprendimientos y cadenas de valor, locales o regionales, podría verse beneficiada en la medida que exista un mayor número de actores en la producción de biodiésel.
Capacitación	Los empleos requeridos para la instalación, operación y mantenimiento del proceso industrial son, en su mayoría, calificados. La fase agropecuaria incluye empleos calificados y no calificados.
Costos y beneficios económicos directos	La relación costo/beneficio de la producción de biodiésel dependerá de los precios que se establezcan para su comercialización, sean estos impuestos por regulaciones específicas o por el mercado. En la actualidad, el costo de producción está en el mismo orden de magnitud que el del diésel de origen fósil, por lo que las políticas en el sector serán clave para determinar su rentabilidad.

Aspectos socioeconómicos	Definición
Infraestructura y acceso a servicios	La producción de biodiésel a gran escala no genera necesariamente impactos sobre el acceso a servicios de las comunidades cercanas. Esto puede ser diferente en el caso de pequeñas y medianas producciones, con mayor cercanía a la comunidad, donde el biodiésel producido podría ser consumido en cercanías.
Vulnerabilidad y riesgo	La contribución de la producción de biodiésel a la reducción de la vulnerabilidad y los riesgos de los impactos del cambio climático está, en general, limitada a su contribución a la diversificación de la matriz energética. Por otro lado, la vulnerabilidad y los riesgos podrían verse incrementados si los cultivos afectan servicios ecosistémicos.
Salud	El impacto sobre la salud de la población puede ser relevante según sean las prácticas agrícolas utilizadas para el cultivo de la soja. En caso de uso intensivo de agroquímicos el potencial de impactos sobre la salud de la población será considerable. El uso de biodiésel en vehículos genera material particulado perjudicial para la salud.

Aspectos político-institucionales

Aspectos político-institucionales	Definición
Soberanía energética	La contribución de la producción de biodiésel a la soberanía energética puede ser relevante en tanto la cadena de producción —incluyendo las fases agropecuaria e industrial— se desarrolle con personal técnico y equipamiento local. Sin embargo, el paquete tecnológico que se utiliza en la actualidad para la producción de soja es importado en su mayor parte, generando dependencia tecnológica. Esto podría revertirse a partir de cambios en las prácticas agrícolas que utilicen otras variedades de semillas y fertilizantes, y también mediante otras técnicas para la protección frente a posibles plagas y malezas.
Seguridad energética	El impacto de la producción de biodiésel en la seguridad energética podría evidenciarse a partir de la contribución de este biocombustible a la diversificación de la matriz eléctrica.

Aspectos político-institucionales	Definición
Balanza comercial	<p>El impacto sobre la balanza comercial será positivo si la producción de biodiésel contribuye a reducir la importación de diésel de origen fósil y de GNL. Sin embargo, esto podría verse afectado por una merma en la exportación de soja para destinarla a la producción de biodiésel.</p> <p>Cambios en las prácticas agrícolas que reduzcan la importación de paquetes tecnológicos también podrían generar impactos positivos en la balanza comercial.</p>
Conflictividad social	<p>La producción de biodiésel puede generar conflictos socioambientales, fundamentalmente los relacionados con los cambios en el uso del suelo que impliquen utilización de agroquímicos, destrucción y/o alteración de hábitats, pérdida de biodiversidad y el deterioro de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar de las poblaciones afectadas.</p> <p>Recientemente y de manera incipiente surgieron conflictos con trabajadores del sector de hidrocarburos que entienden que el desarrollo de biodiésel para sustituir combustibles fósiles podría afectar sus empleos.</p>
Equidad de género	<p>La producción de biodiésel no tiene, necesariamente, impactos sobre la equidad de género en la inclusión de la mujer en el ámbito laboral del sector renovable de la cadena de valor del mercado energético.</p>
Desarrollo tecnológico	<p>Una alta proporción de los equipos y componentes utilizados en la producción de biodiésel son fabricados en el país, tanto en la fase agropecuaria como en la industrial, a excepción del ya mencionado paquete tecnológico de semillas y agroquímicos.</p> <p>Existe la capacidad técnica para mejorar aun más la proporción del equipamiento local y, a través de nuevas prácticas agrícolas, sustituir el paquete tecnológico, por lo que podría esperarse que con políticas adecuadas esto pueda ocurrir en un futuro cercano.</p>
Participación	<p>Más allá de las audiencias públicas no vinculantes establecidas en la legislación vigente para la implementación de proyectos energéticos, no se registran otras formas de participación en la producción de biodiésel.</p>
Concientización	<p>No se registran campañas oficiales ni privadas de concientización a partir de la producción de biodiésel. Por el contrario, no se publicita ni se concientiza sobre el actual corte que se realiza del diésel de origen fósil con biodiésel.</p>

CALEFONES SOLARES

Se define como “calefones solares” a los paneles planos o tubos para el aprovechamiento de la energía solar directa a baja temperatura, esto es, sin concentración de la radiación solar.

En general, los calefones solares precalientan el agua que luego ingresa al sistema de calentamiento de agua domiciliar habitual basado en el uso de algún combustible fósil (p. ej.: gas natural o gas licuado de petróleo [GLP]) o de energía eléctrica, contribuyendo así a sustituir de forma total o parcial estos combustibles. Los calefones solares evaluados aquí son de aplicación residencial, comercial, pública y eventualmente para pequeñas aplicaciones industriales.

Para una evaluación sistémica de los calefones solares se siguen las definiciones establecidas para cada uno de los aspectos a evaluar.

Aspectos socioambientales

Aspectos socioambientales	Definición
Agua	El impacto sobre el uso de agua de los calefones solares es despreciable en todas las fases del ciclo de vida, cualquiera sea su aplicación y ubicación geográfica.
Suelo	El impacto sobre el uso del suelo es nulo. En general, los calefones solares se ubican sobre techos y terrazas de viviendas, comercios, etc.
Calidad de aire	El impacto sobre la calidad del aire es irrelevante en todas las fases del ciclo de vida, cualquiera sea su aplicación y su ubicación geográfica.
GEI	Las emisiones de GEI de los calefones solares son nulas en todas las fases del ciclo de vida, cualquiera sea su aplicación y su ubicación geográfica.
Otros recursos naturales	El impacto sobre los otros recursos naturales es despreciable en todas las fases del ciclo de vida, cualquiera sea su aplicación y su ubicación geográfica.
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	El impacto sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos es irrelevante en todas las fases del ciclo de vida, cualquiera sea su aplicación y su ubicación geográfica.

Aspectos socioambientales	Definición
Pasivos ambientales	La generación de residuos sólidos y efluentes líquidos es despreciable en todas las fases del ciclo de vida, independientemente de la aplicación y de su ubicación geográfica.
Balance energético	El balance energético de los calefones solares es positivo en todos los casos donde el funcionamiento sea normal.
Paisaje y patrimonio cultural	Algunos estudios muestran que el impacto sobre el paisaje de los calefones solares es, en general, bajo, y puede mitigarse a partir del diseño de los equipos involucrados.

Aspectos socioeconómicos

Aspectos socioeconómicos	Definición
Empleo	La instalación y el mantenimiento de calefones solares crea empleos calificados, mientras que su operación no requiere de personal. En la actualidad, existe la capacidad técnica para la fabricación nacional de calefones solares, la cual podría ampliarse en el futuro generando empleos calificados adicionales.
Desarrollo territorial/ emprendimientos/cadenas de valor locales	De acuerdo al estado actual del desarrollo de esta tecnología, la mayoría de los equipos y componentes que conforman un calefón solar se fabrican en el país. A su vez, la instalación y el mantenimiento son realizados, en general, por empresas o técnicos locales. Esto hace que el potencial impacto sobre el desarrollo territorial a partir de la creación de nuevos emprendimientos y cadenas de valor sea muy significativo.
Capacitación	Los empleos requeridos para la fabricación, instalación y mantenimiento son, en su mayoría, calificados y nacionales.
Costos y beneficios económicos directos	Los calefones solares tendrán indicadores económicos positivos dependiendo, fundamentalmente, de la política en materia de precios de la energía y de la política energética en general. En situaciones normales, la relación costo/beneficio será positiva.

Aspectos socioeconómicos	Definición
Infraestructura y acceso a servicios	Los calefones solares mejoran de manera directa el acceso al agua caliente sanitaria en las viviendas, comercios, etc. donde se instalen.
Vulnerabilidad y riesgo	La contribución de calefones solares a la reducción de la vulnerabilidad y los riesgos de los impactos del cambio climático está representada por el acceso al agua caliente casi independientemente de esos impactos.
Salud	El impacto sobre la salud de la población es positivo ya que evita la quema de gas natural u otros combustibles fósiles equivalentes dentro de los hogares.

Aspectos político-institucionales

Aspectos político-institucionales	Definición
Soberanía energética	La contribución de los calefones solares a la soberanía energética es directa. El recurso solar, la tecnología, los procesos de fabricación, instalación, operación y mantenimiento son de dominio propio.
Seguridad energética	El impacto en la seguridad energética de los calefones solares es directo, a partir de que permiten aprovechar la radiación solar directa para producir agua caliente sin intermediaciones que puedan alterar esa seguridad. En forma adicional, los calefones solares contribuyen a la diversificación de la matriz energética, con la consecuente mejora en la seguridad del suministro.
Balanza comercial	El impacto sobre la balanza comercial será positivo si los calefones solares contribuyen a reducir la importación de GNL utilizado para generar agua caliente sanitaria. La fabricación de calefones solares podría provocar algún impacto negativo a partir de la importación de algunos componentes (p. ej.: tubos de vacío), pero el desarrollo tecnológico local podría mitigarlo o revertirlo en el mediano plazo.
Conflictividad social	Los calefones solares tienen la aceptación de las poblaciones involucradas, por lo que no se registran casos de conflictos por su implementación.

Aspectos político-institucionales	Definición
Equidad de género	La fabricación, la instalación y el mantenimiento de los calefones solares no tiene, necesariamente, impactos sobre la equidad de género en la inclusión de la mujer en el ámbito laboral del sector renovable de la cadena de valor del mercado energético.
Desarrollo tecnológico	Una alta proporción de los componentes utilizados en la fabricación de calefones solares son fabricados en el país, con algunas excepciones. Existe la capacidad técnica para aumentar aun más esta proporción, por lo que podría esperarse que con políticas adecuadas y acceso al financiamiento esto pueda ocurrir en el futuro cercano.
Participación	En este caso no existe normativa para la participación ciudadana en la instalación de calefones solares. La potencial participación podría ocurrir a través de programas para la instalación, dado que la gestión de estos programas, así como los fabricantes e instaladores, se encuentran en el territorio, facilitando así la participación ciudadana.
Concientización	No se registran campañas oficiales de concientización para el uso de calefones solares. Esto podría revertirse con políticas adecuadas de apoyo a la diversificación y descentralización de la producción de energía.

La siguiente tabla muestra un resumen de las evaluaciones cualitativas realizadas de los potenciales impactos de las distintas tecnologías tomadas como ejemplo para este trabajo.

	Centrales eólicas	Centrales solares FV	Ciclos combinados	Biodiésel	Calefones solares
Aspectos socioambientales					
Agua					
Suelo					
Calidad de aire					
GEI					
Recursos naturales					

	Centrales eólicas	Centrales solares FV	Ciclos combinados	Biodiésel	Calefones solares
Aspectos socioambientales					
Biodiversidad y servicios ecosistémicos	Yellow	Light Blue	Red	Red	Light Blue
Pasivos ambientales	Light Blue	Light Blue	Red	Red	Light Blue
Balance energético	Light Green	Light Green	Light Blue	Light Green	Light Green
Paisaje y patrimonio cultural	Light Blue	Light Blue	Yellow	Yellow	Light Blue
Aspectos socioeconómicos					
Empleo	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Dark Green
Desarrollo territorial	Light Green	Light Green	Light Blue	Light Green	Dark Green
Capacitación	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Dark Green
Costos y beneficios económicos directos	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green
Acceso a servicios	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Green
Vulnerabilidad y riesgo	Dark Green	Dark Green	Light Blue	Light Blue	Dark Green
Salud	Light Blue	Light Blue	Red	Yellow	Light Green
Aspectos político-institucionales					
Soberanía energética	Light Green	Light Blue	Yellow	Light Green	Light Green
Seguridad energética	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Green
Balanza comercial	Light Green	Light Green	Yellow	Light Blue	Light Green
Conflictividad social	Light Blue	Yellow	Red	Yellow	Light Green
Equidad de género	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Desarrollo tecnológico	Dark Green	Dark Green	Yellow	Dark Green	Light Green
Participación	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue	Dark Green
Concientización	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Green

A modo de conclusión

A lo largo de la historia reciente del país, la toma de decisiones y las políticas en materia energética han estado basadas en análisis parciales, muchas veces dominados por las coyunturas económica y social. Esto ha generado que decisiones tomadas para solucionar problemas urgentes hayan impactado negativamente en otras dimensiones que también hacen al desarrollo.

Es por esto que es imprescindible contar con herramientas que permitan hacer una evaluación sistémica de las acciones que se propongan, integrando en un mismo análisis las dimensiones socioambiental, socioeconómica y político-institucional, que son las bases para un desarrollo sostenible. Las acciones que tengan impactos positivos sobre cada una de estas dimensiones de manera simultánea y equilibrada serán aquellas que contribuirán mejor a un desarrollo sostenible.

A partir de la evaluación sistémica de las tecnologías para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables que a modo ilustrativo se ha realizado aquí, puede observarse que los potenciales impactos sobre los diferentes aspectos considerados que hacen al desarrollo son en general positivos, en algunos casos neutros, y en pocos casos negativos. Sin embargo, es necesario destacar, una vez más, que la evaluación final deberá hacerse caso por caso, no solo atendiendo al tipo y escala de cada proyecto, sino fundamentalmente a las circunstancias locales en relación con las condiciones ambientales y sociales existentes, las actividades económicas del lugar, los ecosistemas circundantes y los aspectos culturales del lugar y la región, lo que hace imprescindible atender las voces de los actores involucrados. Por otro lado, la evaluación de la tecnología de ciclo combinado a gas no convencional de origen fósil presenta múltiples potenciales impactos negativos, principalmente asociados a la dimensión socioambiental, pero también en las otras dimensiones del desarrollo analizadas.

El resultado de una evaluación de este tipo no es trivial sino, por el contrario, es un resultado complejo donde no existen comparaciones determinantes entre diferentes tecnologías que permitan establecer un ordenamiento preferencial definido. Cada tecnología presenta fortalezas y oportunidades que podrían ser potenciadas según sea la forma en que se lleven adelante los proyectos específicos, pero también presentan debilidades y amenazas que se deberían mitigar antes de avanzar en la implementación de esos proyectos. No obstante, en términos generales, las tecnologías para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables muestran un importante potencial para la contribución al desarrollo de un sistema energético sostenible, más aun si son acompañadas por un uso racional y eficiente de la energía.

Realizar una evaluación sistémica, como las presentadas aquí a modo ilustrativo, podría servir como fuente de información para la ciudadanía y para los tomadores de decisión, ya que permite dar un marco y un sustento sólido a las discusiones sobre políticas, medidas y proyectos para la transformación del sistema energético.

Referencias

Argonne National Lab (2011). Energy System Division. Life cycle analysis of shale and natural gas. Disponible en: <https://publications.anl.gov/anlpubs/2012/01/72060.pdf>

Belmonte S. *et al.* (s/f). Evaluación Multicriterio de Energías Renovables en Proyectos de Ordenación Territorial. Universidad Nacional de Salta. IRNED - INENCO - GEONORTE. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/88571/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Blanco, G. y Keesler, D. (2022). Transición energética en la Argentina: Construyendo alternativas. Centro de Tecnologías Ambientales y Energía, Facultad de Ingeniería, UNICEN. Fundación Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Disponible en: https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2022/09/DOC_UNICEN_FINAL_compressed-1.pdf

Ciacci, L. y Passarini, F. (2020). Life Cycle Assessment (LCA) of Environmental and Energy Systems. *Energies* 2020, 13, 5892. <https://doi.org/10.3390/en13225892>

Fritsche, Uwe R.; Fingerman, K. y Hunt, Z. (2014). Comparison of GHG emissions from unconventional natural gas ("fracking") in key studies. INAS. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273641814_Comparison_of_GHG_emissions_from_unconventional_natural_gas_fracking_in_key_studies

García Benedicto, L. (2004). Desarrollo de un modelo multicriterio-multiobjetivo de oferta de energías renovables: aplicación a la Comunidad de Madrid. Tesis (doctoral), E.T.S.I. Montes (UPM) [antigua denominación]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.259>

Geovanny, K. y Villacis, G. (2021). Análisis Multicriterio para el Cambio de Combustibles Fósiles a Energías Renovables de la Empresa Reybanpac. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20881>

Hernández Vásquez, J. D.; Solano De La Rosa, J. E. y Ferreira-Medina, F. E. (2021). Modelo multicriterio AHP-TOPSIS: una estrategia para evaluar alternativas de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 9, n° 2, 175-191, 2021. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.2.4482>

Hilcu, M. (2022) El impacto positivo de las energías renovables sobre el medioambiente. Disponible en: <https://www.otovo.es/blog/energia/impacto-energias-renovables-medioambiente/>

IRENA (2017). Renewable Energy Benefits: Understanding the Socio-Economics. Disponible en: <http://www.irena.org/>

IRENA (2022). World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5° C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponible en: www.irena.org/publications

IRP (2020). Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. Hertwich, E.; Lifset, R.; Pauliuk, S. y Heeren, N. A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. Disponible en: <https://www.resourcepanel.org/reports/resource-efficiency-and-climate-change>

MAyDS (2021). Cuarto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Meitin, A. *et al.* (2023). Compilación de Marchegiani, P. y Nápoli, A. *Informe Ambiental 2023. El laberinto de las transiciones: aportes para pensar una salida socioecológica en tiempos de crisis.*

Ministerio de Energía (2018). Generación de Empleo Energías Renovables. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/empleorenovable.pdf>

NREL (2020). Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined-Cycle Power Generation System. Disponible en: <http://www.doe.gov/bridge>

Sampayo, M. L. (2018). Empleo verde en la generación de biodiésel en Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Disponible en: https://www.academia.edu/38231733/Empleo_verde_en_la_generaci%C3%B3n_de_biodi%C3%A9sel_en_Argentina

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2019). Guía para la evaluación de los impactos ambientales de proyectos de energías renovables (1ª edición). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_esia_proyectos_energias_renovables_0.pdf

Soliman, I. (2012). Socio-Economic and Environmental Impact of Renewable Energy. AgEcon. Disponible en: <http://ageconsearch.umn.edu>

Union of Concerned Scientists (2012). The promise of biofuels, clean power and fuel if handled right. Disponible en: www.ucsusa.org/biomassresources

United Nations Economic Commission for Europe (2021). Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options. United Nations. Disponible en: <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

US Department of Energy (2014). Life Cycle Analysis of Natural Gas Extraction and Power Generation. DOE/NETL-2014/1646. (https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/Life%20Cycle%20Analysis%20of%20Natural%20Gas%20Extraction%20and%20Power%20Generation%2005_29_14%20NETL.pdf)