



EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ECOSISTEMAS Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON ECOSYSTEMS AND RENEWABLE ENERGIES

García, Edgar.*; Pérez, Amauris.**; & Echeverría, Mario.***

* Departamento de Investigación. Instituto Superior Tecnológico Libertad. Ecuador

** Departamento de Investigación. Instituto Superior Tecnológico Libertad. Ecuador

*** Carrera Mantenimiento Eléctrico y Control Industrial. Instituto Superior Tecnológico Libertad. Ecuador

Autor corresponsal: egarcia2@itslibertad.edu.ec

Manuscrito recibido el 01 de Abril de 2021.

Aceptado para publicación, tras proceso de revisión, el 14 de Mayo de 2021.

Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar cómo afectan las variaciones del clima mundial en los diferentes tipos de ecosistemas, la ecología y el uso de las energías renovables, con énfasis en la energía solar, para lo cual se empleó la metodología de análisis bibliográfico documental a través de fuentes secundarias, obteniendo como resultado la identificación de indicadores que evidencian impactos negativos en los dos primeros aspectos, además de realizar una descripción sintetizada del estado del arte relacionado con la energía solar, donde se toman en consideración los pronósticos de su uso en la zona europea hasta el año 2077. Como conclusión se reconocen los efectos dañinos del cambio climático sobre los ecosistemas, la ecología y las fuentes renovables de energía, de manera específica en la energía solar, con una previsión negativa sobre su expansión en un futuro cercano.

Palabras claves: Cambio climático, energía solar, ecología, contaminación atmosférica

Abstract

The objective of the work was to determine how the variations of the world climate affect the different types of ecosystems, ecology and the use of renewable energies, with an emphasis on solar energy, for which the methodology of documentary bibliographic analysis was used through from secondary sources, obtaining as a result the identification of indicators that show negative impacts in the first two aspects, in addition to making a synthesized description of the state of the art related to solar energy, where the forecasts of its use in the area are taken into account European Union until the year 2077. As a conclusion, the damaging effects of climate change on ecosystems, ecology and renewable energy sources are recognized, specifically solar energy, with a negative forecast of its expansion in the near future.

Key words: Climate change, solar energy, ecology, air pollution

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más prominentes en este siglo es el cambio climático. Una población mundial en rápido crecimiento, el alto nivel de vida en países desarrollados, conlleva a una sobreexplotación de energía proveniente de combustibles fósiles. Esto ha incrementado la concentración de los gases de efecto



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

invernadero, produciendo un incremento del calentamiento global con consecuencias negativas sobre los ecosistemas y la ecología mundial. Según la International Renewable Energy Agency (IRENA), una de las formas de paliar esta problemática, son el uso de las energías renovables (ER) constituyendo una alternativa sostenible para la disminución del impacto ambiental en relación con las fuentes convencionales de energía, (IRENA, 2019).

Entre las fuentes de ER se encuentran la bioenergía, la cual se puede producir a partir de una variedad de materias primas de biomasa, como los residuos forestales, agrícolas y ganaderos (Ortiz, Botero y Botero 2019). También se encuentra la energía geotérmica, hidráulica y la oceánica las que aprovechan la energía térmica, potencial y cinética del agua para generar electricidad (Quinaluisa, Peralta, Solano, Gallo, Villalva, & Zambrano, 2019; World Energy Trade: WET, 2019). En cuanto a la energía eólica, aprovecha la energía cinética del aire tanto en la tierra como en el mar (Martinho, 2016). Por su parte las tecnologías de energía solar emplean la irradiación solar para producir electricidad (Cumbajín, Ramírez & Gordón, 2019).

El trabajo tuvo como objetivo evaluar la incidencia del cambio climático, sobre las distintas fuentes de energías renovables a través conocimiento del estado del arte, con énfasis en el uso de la energía solar. Para esto, el trabajo se dividió en tres secciones; la primera explora el efecto del cambio climático en la ecología y en las energías renovables de forma general. La segunda sección discute el potencial de la energía solar como fuente de energía, y por último se aborda el efecto del cambio climático sobre la energía solar en las próximas décadas.

2. MÉTODO

El presente estudio se fundamentó en una extensa consulta bibliográfica de más de 150 fuentes secundarias, incluyendo revistas científicas e indexadas, así como de reportes periódicos especializados, brindados por organizaciones internacionales vinculadas con el tema de estudio, a fin de lograr una síntesis de la situación actual y futura relacionada con los temas que se abordan. Se emplearon como palabras claves; cambio climático, energías renovables, energía solar, contaminación ambiental y como criterio preferencial de selección, se tuvo en cuenta los artículos publicados con menos de 5 años de antigüedad.

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto del cambio climático en la Ecología y en las Energías Renovables.

Se reconoce que el cambio climático ha incidido profundamente en la calidad de vida, afectando el medio ambiente y la biota (Whitmee, Haines, Beyrer, Boltz & Capon, 2015). La Agencia Internacional de Energía (IEA), reportó que la demanda mundial de energía aumentó en el 2018 a casi el doble de la tasa promedio de crecimiento desde el 2010, provocando por consiguiente un incremento de 1,7% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, considerado un nuevo récord (IEA, 2018). Este resultado se debió en gran medida al crecimiento económico y al aumento de las necesidades de climatización en algunos países como China y USA. En tal sentido, Craven, Isbell, Manning, Connolly, Bruelheide & Ebeling, (2016), demostraron que el cambio climático podría alterar los mecanismos de sostenimiento de la biodiversidad, afectando el funcionamiento de los ecosistemas y, por lo tanto, alterar las funciones de los mismos. Por otra parte, el incremento de CO₂ afecta directamente el rendimiento de los cultivos además de aumentar el efecto de las plagas en sembrados, lo que podría provocar la proliferación del uso de fertilizantes químicos, pesticidas, los que pueden mantenerse como residuos tóxicos en los alimentos (Ziska, 2016). Otro efecto del dióxido de carbono es que disuelto en el océano reacciona con el agua de mar para formar ácido carbónico, disminuyendo aún más el pH. El resultado es que la acidificación reduce el carbonato disponible para los corales, algunos pláctones, ostras, almejas y otros organismos. Se ha reportado que el desarrollo del arrecife cesa por debajo de un pH de 7.7. este efecto junto con el estrés por temperatura del calentamiento del agua de mar, afectará severamente los arrecifes de coral (Fabricius, Langdon, Uthicke, Humphrey, 2011; Barton, Hales, Waldbusser, Langdon & Feely, 2012). En el Gráfico 1. se muestra el incremento de la temperatura media anual en el tiempo.

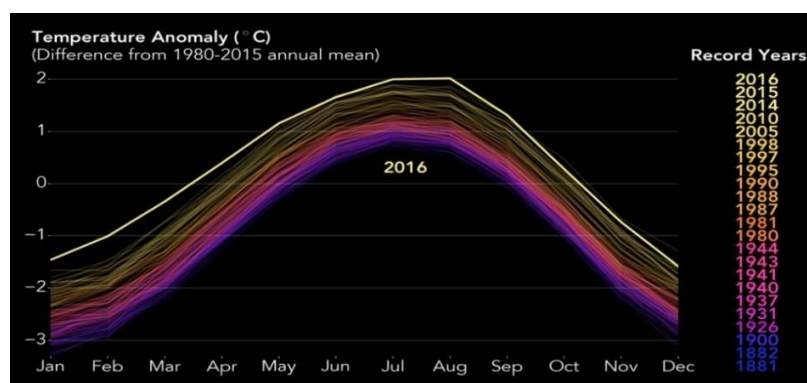


Gráfico 1. Diferencia de la temperatura media anual entre 1980 y 2016.

Fuente: NASA /Earth Observatory.

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

El término efecto invernadero describe el papel de ciertos gases (ver Tabla 1), que tienen la función de retener la radiación de retorno que se emite desde la tierra y los océanos a la atmósfera, una vez que estos son calentados por los rayos solares, la cual se libera en forma de radiación infrarroja, permitiendo mantener la temperatura en la atmósfera terrestre y con ello las mayores formas de vida sobre el planeta. (Cepssa, 2015).

Tabla 1: Fuentes de origen de contaminantes y gases invernaderos.

Gases y contaminantes que producen efecto invernadero	Fuentes de origen de contaminación
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Combustión incompleta
Óxido nitroso (N ₂ O)	Motores de combustión interna y hornos. Producción de fertilizantes, nylon y ácido nítrico, la quema de combustibles fósiles y desechos sólidos.
Dióxido de Sulfuro (SO ₂)	Producto de la combustión del carbón
Metano (CH ₄)	Actividad microbiana en suelos y mar; incendios forestales, sedimentos oceánicos
Clorofluorcarbonos (CFCs)	Se utilizan como refrigerantes en el aire acondicionado (el freón es un CFC) y aerosoles
PM-10 (Partículas)	Hollín formado en diesels e incendios
Ozono (O ₃)	Reacciones químicas que ocurren entre el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos y los óxidos nitrosos (N ₂ O), así como los rayos y los incendios forestales.

Fuente: Elaborado por los autores

En la Tabla 2, se compara la concentración de tres gases invernaderos desde la revolución industrial hasta nuestros días. Como se observa el incremento ha sido notable para los tres gases. Esto ha acelerado el cambio climático, en las últimas décadas donde se ve su impacto en diversos ecosistemas (ver Tabla 3).

Tabla 2. Comparación de la concentración de gases invernaderos desde la revolución industrial hasta la actualidad.

Gases de Invernadero	Concentración máxima en la revolución industrial (1750-1840)	Concentración actual ^c
CO ₂	283.4 ^a	329.29 ^a



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

CH ₄	789.06 ^b	1842.4 ^b
N ₂ O	274.7 ^b	402.88 ^b

a: concentración en ppm; b: concentración en ppb; c: datos del 2016.

Fuente: Agencia europea del medio ambiente

Tabla 3: Impacto del cambio climático sobre diversos ecosistemas

Indicadores	Tendencia	Referencias
Glaciares	↓	(Wang et al. 2018)
Área estacional cubierta de nieve	↓	(Gul et al. 2017)
La primavera comienza antes de la estación	↑	(Czernecki y Miętus, 2017)
Área de sequía	↑	(Smirnov et al. 2016)
Expansión de los trópicos	↑	(Grise et al. 2018)
Incremento de la temperatura en la tierra	↑	(Markins, 2018)
Aceleración del ciclo del agua	↑	(Yeh & Wu, 2018)
Aceleración de la velocidad del viento	↑	(Stakhiv, et al. 2016)
Incremento de la humedad	↑	(Bazhenov, 2019)
Temperatura en los océanos	↑	(Kheir et al. 2019)
Acidificación del agua de mar	↑	(Byrne and Carlos-Hernández, 2020)
Oxígeno disuelto en el mar	↓	(Mahaffey et al. 2020)
Capas de hielo	↓	(Lewis et al. 2019)
Nivel del mar	↑	(Dangendorf et al. 2010)

Aumenta
 Disminuye

Las energías renovables pueden ser una alternativa para paliar el impacto negativo de los combustibles fósiles. Dentro de las ventajas que presentan las energías renovables es que pueden contribuir al desarrollo social y económico. En condiciones favorables, existen ahorros de costos en comparación con los métodos tradicionales, además puede ser disponible en particular en áreas remotas y rurales pobres que carecen de acceso a energía.

En el Gráfico 2 se representa el consumo de las distintas fuentes de energía en el mundo. Las ER representaron un 18,1 % del consumo final total de energía, siendo las renovables modernas un 10,6%, donde se incluyen la energía eólica y la energía solar fotovoltaica las cuales solo aportan (2 %). El transporte

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M. Efectos del cambio climático en los ecosistemas de biocombustibles (alrededor del 1%). En el gráfico se observa, aún la persistencia de los combustibles fósiles como los más usados (80 %).

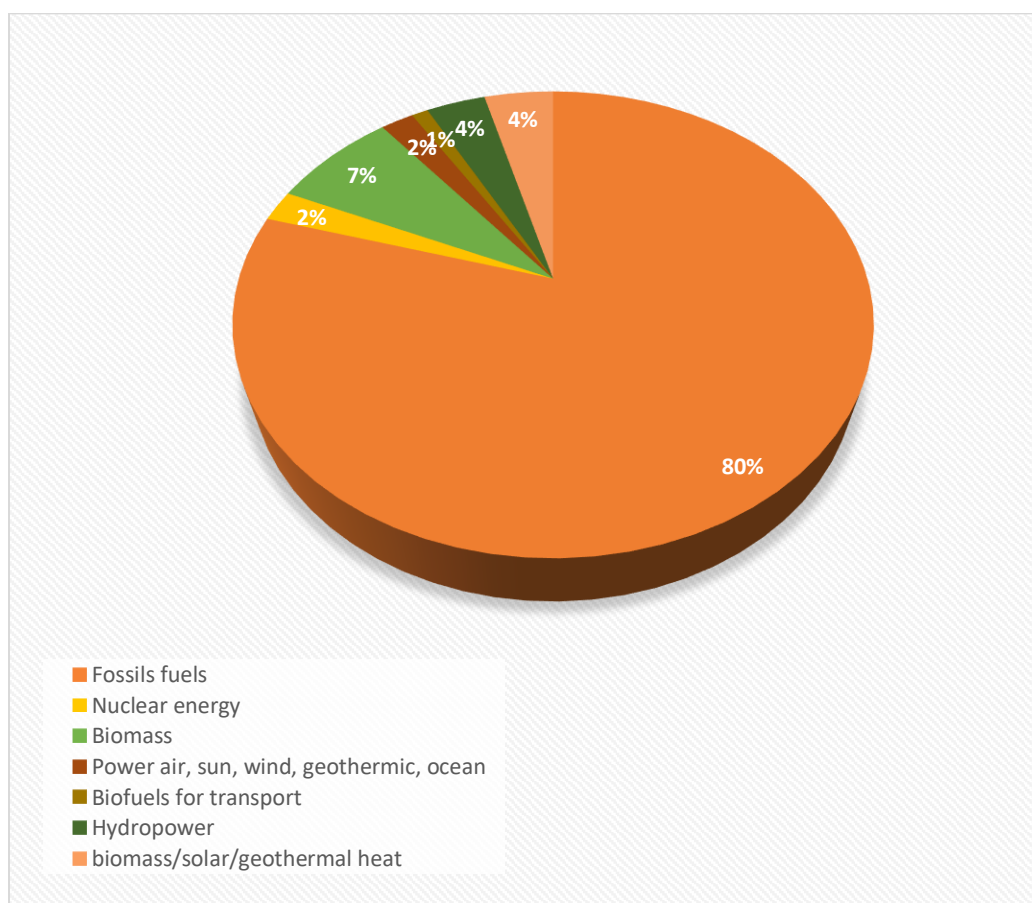


Gráfico 2. Comparación del empleo de energías convencionales con las renovables a nivel mundial. Gráfico adaptado de REN21.

A pesar de estos resultados, se ha reportado que la ER se ha establecido. A fines del 2018, en más de 90 países tenían una capacidad de al menos 1GW de capacidad de generación. Los países líderes e implementar ER fueron China, USA, Brasil, India y Alemania (IRENA, 2019). El impacto obtenido de emplear ER ha sido reducir significativas emisiones de gases invernaderos en algunas regiones del mundo, según datos de la Administración de Información Energética de los EE. UU (IEA) (IEA, 2019).

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

Dos aspectos a tener en cuenta de una fuente de ER, es que las diferentes formas de energía pueden transformarse en una forma alternativa. El otro aspecto es que la forma primaria de energía proviene de la luz solar. Para la sostenibilidad de una ER se debe tener en cuenta los siguientes aspectos (ver Tabla 4).

Tabla 4: Aspectos a tener en cuenta para implementar una ER.

Aspectos	Criterios
Técnicos	Eficiencia
	Eficiencia energética
	Relación con respecto a energía primaria
	Seguridad
	Confiabilidad
	Madurez
Económicos	Costo de inversión
	Costo de operación y mantenimiento
	Costo de combustible
	Costo de electricidad
	Valor presente neto VAN
	Tasa interna de retorno
	Tiempo de vida útil
Medio Ambiente	Costo anual equivalente
	Emisiones de gases invernaderos
	Emisión de partículas
	Uso de la tierra
Social	Compuestos orgánicos no volátiles
	Aceptabilidad social
	Creación de trabajos
	Beneficios sociales

Como se aprecia en la Figura 1, los indicadores que más inciden al escoger una ER, son la cantidad de energía producida, el uso de la tierra y el costo de operación y mantenimiento (18.9, 18.4 y 15.6 %), respectivamente

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

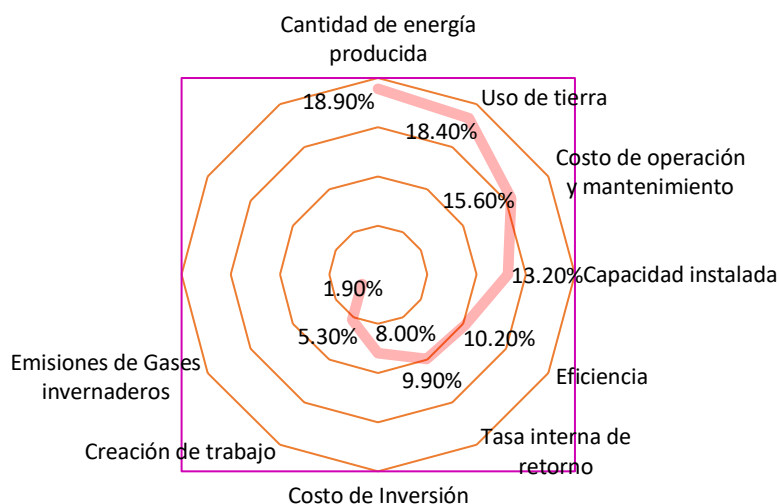


Figura 1. Criterios para escoger la mejor tecnología de energía renovable.

Fuente: Adaptado de Ümran et al. (2015).

En la Tabla 5 se muestra un resumen de indicadores que el cambio climático es un hecho y establece posibles correlaciones del impacto en las fuentes de energía renovables.

Tabla 5: Posibles impactos del cambio climático en las energías renovables.

Energía renovable	Cambio en el clima	Posible impacto en la energía renovable	Referencias
Biomasa	Incremento de la temperatura	Disminución de las fuentes de carbono al existir un desequilibrio en el proceso de fotosíntesis	(Markings, 2018)
	Incremento de sequías extremas	Disminución de la capa vegetal	(Smirnov et al. 2016)
Energía eólica	Incremento de la temperatura	Cambio en los patrones de velocidad del viento	(Fant et al. 2016)
	Variaciones estacionales	Variación en los patrones de vientos en regiones, cambios de sitios potenciales	(Kling & Adkerly, 2020)
Hidroeléctrica	Variación en la disponibilidad de agua	Flujos de agua variables, inestabilidad de	(Wegner et al.2020)

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

Energía renovable	Cambio en el clima	Posible impacto en la energía renovable	Referencias
		generación de corriente	
	Precipitaciones extremas	Causa inundaciones, lo que complicaría la operabilidad de la planta	(Pfahl et al. 2017)
Mareomotriz	Incremento del nivel del mar	Cambio en las frecuencias e intensidad de las mareas	(Lewis et al. 2019)
	Incremento de los eventos extremos	Problemas en la operabilidad de las plantas	(Tarroja et al. 2018)
Térmica	Incremento de sequías	Menor disponibilidad de agua para tratamiento térmico en la planta	(Koutroulis et al. 2019)
	Incremento de eventos extremos	Variación en los patrones geotérmicos	(MacGregor, 2020)

3.2. Potencial de la energía solar como fuente de energía renovable.

La energía solar se encuentra presente en casi todas las formas de energía que utilizamos. El sol hace crecer las plantas, que proporcionan energía a los humanos en forma de alimentos. Por otra parte, el calor del sol también causa diferentes temperaturas, que producen viento que puede alimentar turbinas. Por consiguiente, el sol es la fuente más importante de energía renovable, se estima que el sol emite 63,11MW. De esta cantidad de energía es menor la que llega a la tierra, debido a la reducción que se produce por la reflexión de la atmósfera, la absorción por parte de los gases como el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y dióxido de carbono, así como la latitud geográfica, variación diurna, clima y la geomorfología del relieve, como partes responsables de determinar la intensidad del flujo solar que atraviesa la atmósfera de la Tierra (Al-Tameemi & Chukin, 2016).

El potencial técnico más favorable para utilizar la energía del sol, se muestra en la Figura 2. Las áreas de tierra con alta Irradiancia Normal Directa (DNI), mínimo de 2,000 kWh / m²* año (7,200 MJ / m²* año), son las más adecuadas. Siendo las regiones más favorecidas para el desarrollo de esta tecnología, las que

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M. Efectos del cambio climático en los ecosistemas se ubican cercanas a los trópicos, pero aún hasta en los paralelos 45 ° N y 45 °S, cumplen con las especificaciones de irradiación.

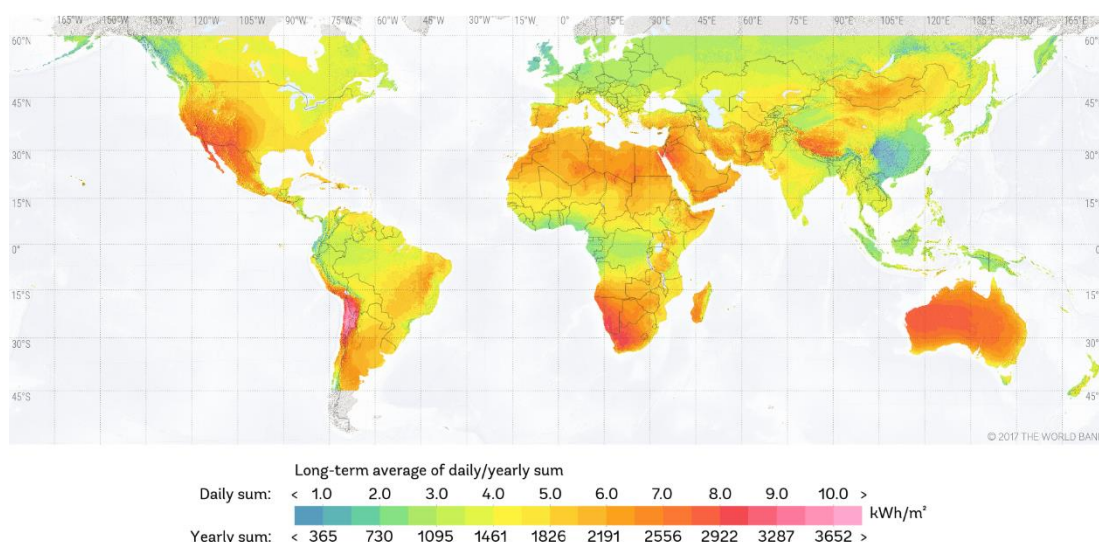


Figura 2: Irradiación normal directa.
Fuente: Atlas Global Solar (2019)

En la Tabla 6 se muestran las ventajas del uso de esta tecnología, aunque existen retos para su desarrollo, siendo uno de los más grandes, el alto costo de instalación y, por otra parte, las eficiencias de la mayoría de los paneles solares domésticos que se encuentran en alrededor del 10-20% (IRENA, 2019). La corta vida útil de las baterías y la eliminación segura de las ya gastadas constituyen otra preocupación. (Kabira, Kumarb, Kumarc, Adelodund, & Kime, 2018). Otras de las limitaciones es la extensión de tierra que se necesita para la instalación de estos parques solares y las condiciones geográficas (Castillo, Silva, & Lavalle, 2016). El uso de la energía del sol lo constituye una familia de tecnologías. Entre ellas: 1) Termosolar, que incluye el calentamiento activo y pasivo de edificios, el calentamiento solar de agua doméstico y comercial, el calentamiento de piscinas y el calor de proceso para la industria; 2) Generación de electricidad fotovoltaica (PV) a través de la conversión directa de la luz solar en electricidad mediante células fotovoltaicas; 3) Concentrar la generación de electricidad de energía solar (CSP) mediante la concentración óptica obteniendo fluidos o materiales a alta temperatura para impulsar motores térmicos y generadores eléctricos; y 4) Métodos de producción de combustibles solares, que utilizan energía solar para

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M. Efectos del cambio climático en los ecosistemas producir combustibles útiles. En la Figura 3 se muestra la clasificación de los tipos de energía solar y sus características.

Tabla 6: Ventajas de emplear la energía solar.

Ventajas	Comentarios	Referencias
Es la fuente más abundante de energía	Emite 3.8×10^{23} Kw, de ello solo llegan 1.8×10^{14} Kw. El resto es interceptado por la atmósfera.	(Panwar et al. 2011)
No es agotable, es abundante en la naturaleza y es una fuente de energía disponible gratuitamente	Puede usarse efectivamente para el sistema de luz en aldeas, operaciones industriales, ya que es fácilmente asequible y aplicable.	(Gielen et al. 2016)
El rango de emisión de CO ₂ es bajo considerado con otras fuentes de energía	Con una generación de electricidad de un 100% a partir de ER, se evitarían las emisiones de CO ₂	(Molina & Ortiz, 2012)
Podría traer ahorros económicos significativos	Se podría tomar más interés en los incentivos fiscales, la eliminación de las facturas de electricidad, el aumento del valor de las propiedades y la alta durabilidad.	(Kabira et al. 2018)
Tecnología estable y duradera	La demanda financiera de energía solar es relativamente estable durante largos períodos	(Kabira et al. 2018)
Flexibilidad para su instalación	Los paneles solares pueden instalarse fácilmente en los tejados y montarse en las paredes de los edificios	(Vasconcelos-Sampaio y Aguirre-Gonzalez, 2017)
Es una tecnología silenciosa	No hace ruido, el cual es una de las fuentes de contaminación ambiental	(Mundo-Hernández et al. 2014)

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

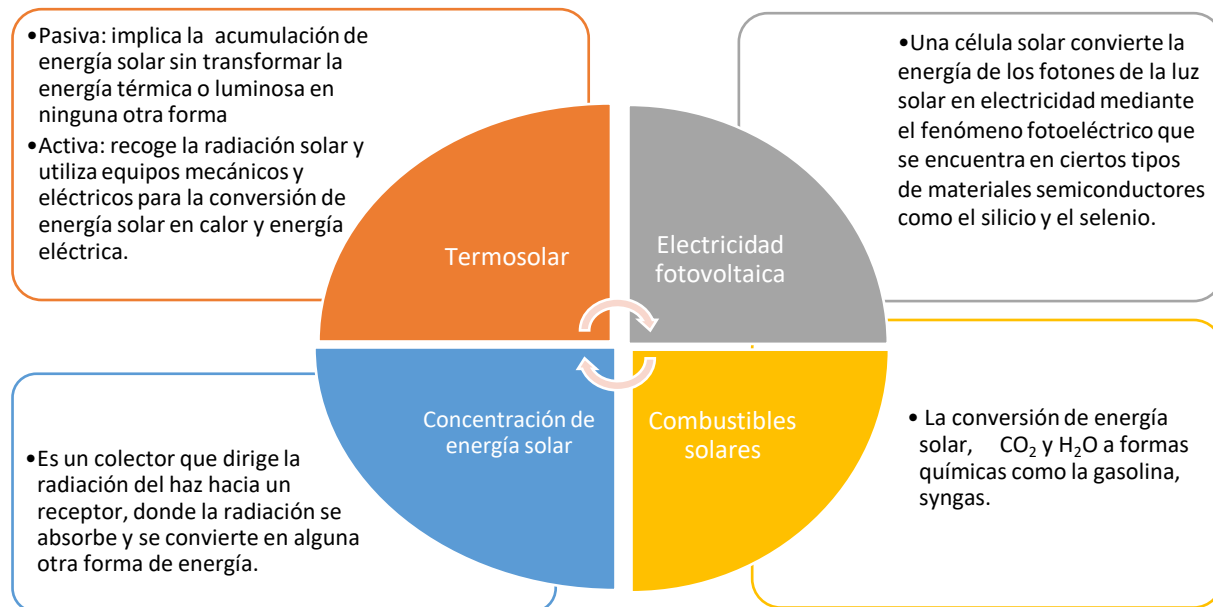


Figura 3: Concepto de los distintos tipos de energía solar.

En la Tabla 7 se representa los distintos tipos de tecnologías de la energía solar y sus características.

Tabla 7: Características de las distintas aplicaciones tecnológicas de la energía solar.

Tipo de Energía Solar	Variantes	Eficiencia (%)	Superficie Requerida	Variables A optimizar	Costo	Ecología	Aplicaciones y comentarios
Termosolar	a) Calentador de agua solar b) Refrigeración solar c) Sistema gravitatorio d) Sistema con circulación forzada	El rendimiento de los colectores solares es bajo en el invierno	Variable	-Sistemas híbridos (combinación con viento). -Materiales eficientes para la absorción de la luz solar.	Los costos de un sistema solar térmico se encuentran dentro de un amplio rango	Los sistemas solares térmicos se encuentran entre los sistemas de energía renovable más ecológicos disponibles.	Termosifón, calentamiento del agua Procesos que demandan vapor Precalentamiento Esterilización, pasteurización Lavado, sanitización Reacciones químicas
	a) Silicon monocristalino b) Silicon policristalino			-Tipo de material de semiconductor		No emite gases invernadero, pero la disposición	Termosifón, calentamiento



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

	c) Silicon amorfo d) Telurio de Cadmio	16-25 ^a	7-16 m ² /Kw Grande	-Angulo de inclinación de paneles solares -Grosor de la película del panel solar -Sistemas híbridos (combinación con viento)	Alto con tendencias a disminuir	de componentes de las celdas como el telurio de Cadmio es un factor crítico	del agua y hogar Producción de electricidad Largo tiempo de vida hasta 30 años ^b Desalinación solar ^c
Concentración	a) Reflector lineal de Fresnel b) Disco parabólico c) Colector a través de antena parabólica d) torre de energía solar	70-75 ^d	Media a gran superficie requerida	-Tipos de lentes -Angulo del panel solar	Alto ^d 2.8-14 euros/W	Tecnologías limpias y sostenibles,	Alcanza temperaturas desde 200-1200°C ^d
Combustibles	Ruta electroquímica Ruta fotoquímica Ruta fotobiológica Ruta termoquímica	10-20	Reactores de mediana y gran capacidad	- Concentraciones de reactivos -Tiempo de reacción -Optimizar procesos como ciclos termoquímicos, termólisis, electroquímica - El material semiconductor que absorbe la luz solar. -Diseño de nuevos reactores y materiales de construcción - Optimizar para obtener altas intensidades de flujo solar y altas temperaturas en reactores químicos solares para producir combustibles.	Alto. El principal inconveniente del craqueo térmico es la pérdida de energía asociada con el secuestro de carbono.	químicos potencialmente dañinos o peligrosos	Reacciones químicas Almacenamiento y transporte Generar electricidad Producción de gas (Syngas) Se requieren altas temperaturas de reacción (800-1200°C), baja eficiencia por esto Problemas de corrosión

García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

a: 69–100 millones de toneladas de CO₂, 68,000–99,000 t de NO_x y 126,000–184,000 t de SO₂ para 2030. (Hosenuzzaman et al., 2015)

b: Vasconcelos-Sampaio y Aguirre-González, 2017.

c: Los costos de un sistema solar térmico se encuentran dentro de un amplio rango. Se puede adquirir un sistema exclusivamente para agua caliente sanitaria con cuatro colectores planos y un acumulador de agua caliente de 300 litros por un bajo precio

d: Jean-Claude Sabonnadière. Renewable Energies. USA. John Wiley & Sons, Inc. 2009

3.3 Efecto del cambio climático en la energía solar.

Si bien la energía solar tiene un alto potencial de utilización en la mayoría de los países, la demanda de la energía, producto a la presión del incremento de la población mundial, el desplazamiento de personas a vivir en las grandes ciudades, son aspectos que repercutirán en la demanda energética, que, de ser suplida a partir de los combustibles fósiles, se continuará el incremento de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En la Figura 4, se observan las predicciones de diferentes parámetros relacionados con la incidencia del cambio climático sobre energía fotovoltaica, para la región europea.

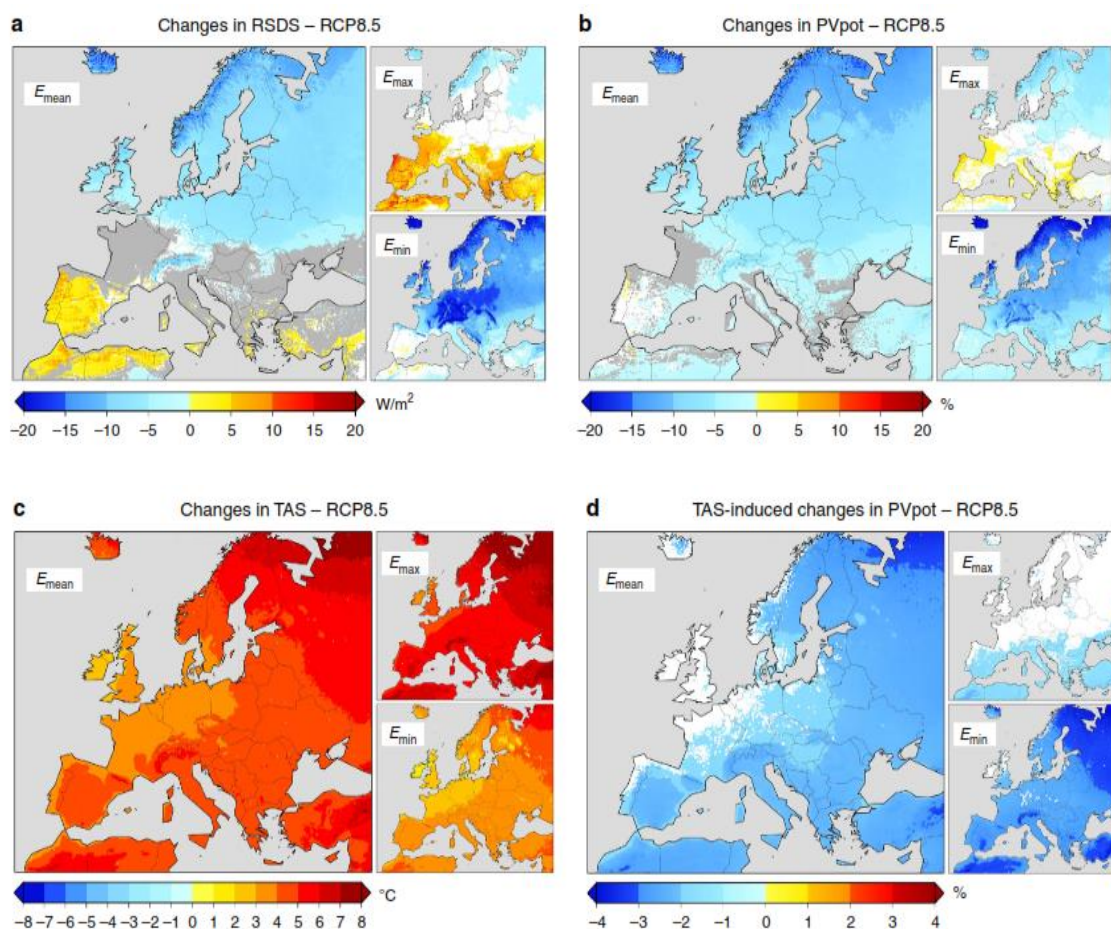


Figura 4. Impacto del cambio climático en la energía fotovoltaica en Europa.



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

a) Radiación solar, b) Potencial de energía fotovoltaica, c) Temperatura solar, d) Cambio en la temperatura y el potencial de energía fotovoltaica. Base de cálculo: Comparación de 2077-2099 vs 1977-1999.

Fuente: Jerez et al., 2015.

Según los pronósticos realizados, la radiación solar será menor en Europa, excepto en los países cercano al trópico (Fig 4a), esto incidirá en la capacidad de generación de energía fotovoltaica (Fig 4b). Aunque la temperatura se incremente (Fig 4c), la estimación de la relación temperatura y potencial de generación de energía fotovoltaica es menor en toda la región de Europa (Fig.4d).

4. CONCLUSIONES

El consumo de combustibles fósiles ha provocado un cambio sustancial en las condiciones del clima, evidenciándose en el incremento de la temperatura global, pudiéndose profundizar este problema en las próximas décadas. Una forma de paliar esta problemática es a través del uso de las energías renovables, sin embargo, al mismo tiempo éstas, se ven afectadas por las propias alteraciones del clima. En el artículo se relacionan algunos ejemplos de los efectos negativos del cambio climático sobre los ecosistemas y la ecología, demostrándose que en ambos se están experimentando serias afectaciones. En cuanto aprovechamiento de la energía solar como fuente primaria de energía, se reconoce su potencial para ser usada pero, según previsiones, en menos de un siglo se espera una disminución de dicho potencial, debido al impacto negativo del cambio climático en la expansión de esta energía, en determinadas zonas de la tierra como es la región europea.

5. REFERENCIAS

- Al-Tameemi MA, Chukin, VV. (2016). Global water cycle and solar activity variations. *J Atmos Sol Terr Phys*. 142, 55–9. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2016.02.023>
- Atlas global Solar (2019) Mundo. Irradiación normal directa. <https://globalsolaratlas.info/downloads/world>. Fecha de consulta 23 de septiembre de 2020.
- Barton, A., Hales, B., Waldbusser, GG, Langdon, C. y Feely, RA (2012). La ostra del Pacífico, *Crassostrea gigas*, muestra una correlación negativa con los niveles naturalmente elevados de dióxido de carbono: implicaciones para los efectos de acidificación del océano a corto plazo. *Limnología y oceanografía*. 57 (3), 698-710 <https://doi.org/10.4319/lo.2012.57.3.0698>
- Bazhenov, O. (2019). Increased humidity in the stratosphere as a possible factor of ozone destruction in the Arctic during the spring 2011 using Aura MLS observations. *Journal of Remote Sensing*, 40(9), 3448-3460. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1547449>



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

- Byrne M., Hernández JC. (2020). Sea urchins in a high CO₂ world: Impacts of climate warming and ocean acidification across life history stages. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* 43, 281-297. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819570-3.00016-0>
- Castillo, CP., Silva, FB., & Lavallo, C. (2016). *An assessment of the regional potential for solar power generation in EU-28*. *Energy Policy*, 88, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.004>
- Cepssa, D. (2015). El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) Cepssa. <https://bit.ly/3ezCF5D> Fecha de consulta: 20 de agosto de 2020
- Cumbajín, M., Ramírez, L., Gordón, C. (2019). Integración de energías renovables en sistemas de energía eléctrica convencionales basados en confiabilidad computacional. *Rev. Univ. Risti*. Pp 391-402-
<http://www.risti.xyz/issues/ristie19.pdf>
- Craven, D., Isbell, F., Manning, P., Connolly, J., Bruelheide, H., Ebeling, A., ... & Eisenhauer, N. (2016). Plant diversity effects on grassland productivity are robust to both nutrient enrichment and drought. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1694), 20150277. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0277>
- Czernecki, B., Miętus, M. (2017). The thermal seasons variability in Poland, 1951–2010. *Theor Appl Climatol*. 127, 481–493. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1647-z>
- Fabrizius, K., Langdon, C., Uthicke, S., Humphrey, C. (2011). Perdedores y ganadores en arrecifes de coral aclimatados a concentraciones elevadas de dióxido de carbono. *Nature Clim Change* 1, 165-169 <https://doi.org/10.1038/nclimate1122>
- Fant, C., Schlosser, A., & Strzepek, K. (2016). The impact of climate change on wind and solar resources in southern Africa. *Applied Energy*, 161, 556-564. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.042>
- Gielen, D., Boshella, F., Sayginb, D., Bazilianc, MD., Wagnera, N., & Gorinia, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*. 24, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
- Grise, KM., Davis, SM., Staten, PW., Adam, O. (2018). Regional and Seasonal Characteristics of the Recent Expansion of the Tropics. *J. Climate*, 31 (17), 6839–685 <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0060.1>
- Gul, C., Kang, Sc., Ghauri, B. *et al.* Uso de imágenes Landsat para monitorear cambios en el área cubierta de nieve de glaciares seleccionados en el norte de Pakistán. *J. Mt. Sci.* 14, 2013-2027 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11629-016-4097-x>
- Hosenuzzaman, M. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renew Sustain Energy Rev.* 41, 284–97. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.046>
- IEA. (2019). *Emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía por estado, 2005-2016*. Administración de Información Energética de los EE.UU.



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

<https://www.eia.gov/environment/emissions/state/analysis/>. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2020

IRENA. (International Renewable Energy Agency) Global Energy Transformation 2019. Pp.18. file:///C:/Users/Personal/Downloads/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf . Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020

International Renewable Energy Agency. Estimating the Renewable Energy Potential in Africa A GIS-based approach; (2014). http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Africa_Resource_Potential_Aug2014. Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020

Kabira, E., Kumarb, P., Kumarc, S., Adelodund, AA., & Kime, KH. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, 894–900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>

Kheir, AM., Baroudy, A., Aiad MA., Zoghdan M., El-Aziz MA., Ali MG., & Fullen, MA. (2019). Impacts of rising temperature, carbon dioxide concentration and sea level on wheat production in North Nile delta. *Science of The Total Environment*, 651(2), 3161-3173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.209>.

Kling, MM, Ackerly, DD Patrones de viento globales y la vulnerabilidad de las especies dispersas por el viento al cambio climático. *Nat. Clim. Chang.* 10, 868–875 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0848-3>

Koutroulis, AG., Papadimitriou, LV., Grillakis, MG., Tsanis, IK., Warren, R., & Betts, RA. (2019). Global water availability under high-end climate change: A vulnerability based assessment. *Global and Planetary Change*, 175, 52-63. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.01.013>

Lewis, M., McNaughton, J., Márquez-Dominguez, C., Todeschini, G., Togneri, M., Master, I., Allmark, M., Stallard, T., Neill, S., Goward-Brown, A., & Robins, P. (2019). Power variability of tidal-stream energy and implications for electricity supply. *Energy*. 183, 1061-1074. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.181>

Macgregor, DS. (2020). Regional variations in geothermal gradient and heat flow across the African plate. *Journal of African Earth Sciences*. 171, 103950. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103950>

Mahaffey, C., Palmer, M., Greenwood, N. & Sharples, J. (2020). Impacts of climate change on dissolved oxygen concentration relevant to the coastal and marine environment around the UK. *MCCIP Science Review* 31–53. <https://doi.org/10.14465/2020.arc02.oxy>

Martinho, F. 2016. Energía Eólica: Estudios y Reflexiones Sobre la Viabilidad del Potencial de esta Energía en Brasil. *Rev. Nucleo do Conhecimento*. 1 año. Vol. 10 págs. 25-38 <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-de-produccion/energia-eolica-estudios>. Fecha de consulta: 25 de julio de 2020.



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

Markings, S. (2018). The Effect of Temperature on the Rate of Photosynthesis. *Sciencing*. <https://sciencing.com/effect-temperature-rate-photosynthesis-19595.html>. Fecha de consulta: 15 de junio de 2020

Molina, J., & Ortiz, IM. (2012). Implantación de energías renovables y estimación de la huella de carbono en el municipio de Blanca (Murcia). *Papeles de Geografía*, (55-56), 121-135. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/176251> Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021.

Mundo-Hernández, J., Alonso, B., Hernández-Álvarez, J. & Celis-Carrillo, B. (2014) An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 31, Pages 639-649, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029>

Parra, DL., Botero-Londoño, MA., & Botero-Londoño, JM. (2019). Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos. *Revista UIS Ingenierías*, 18(1), 149-160. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019013>

Panwar, N., Kaushik, S., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: a review. *Renew Sustain Energy Rev.* 15(3), 1513– 24. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>

Pfahl, S., O’Gorman, PA., & Fischer, EM. (2017). *Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation*. *Nature climate change*. 7, 423–427. <https://doi.org/10.1038/nclimate3287>

Pfenninger, SS. (2017). The increasing impact of weather on electricity supply and demand. *Iain Energy*, 145(15), 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.051>

Quinaluisa Morán, C. O., Peralta Fonseca, K. V., Solano Apuntes, A. P., Gallo Sevillano, A. G., Villalva Bravo, Ángel J., & Zambrano Gavilanes, F. E. (2019). Energía hídrica en el Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(2.6), 219-237. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.560>

REN21. (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) (2019). Fuentes de energía renovables en el mundo. www.ren21.net/gsr-2019/chapters. Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020

Sabonnadière, JC. (2009). *Renewable energies*. Editorial Wiley-ISTE; 1er edición <https://doi.org/10.1002/9780470612002>

Smirnov, O., Zhang, M., Xiao, T. (2016). The relative importance of climate change and population growth for exposure to future extreme droughts. *Climatic Change* 138, 41–53 <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1716-z>.

Tarroja, B, Agha-Kouchak, A., & Samuelsena, S. (2016). Quantifying Climate Change Impacts on Hydropower Generation and Implications on Electric Grid Greenhouse Gas Emissions and Operation. *Energy* 111, 295-305. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.131>

Vasconcelos-Sampaio, PG., & Aguirre-González, MO . (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590-601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>



García, E., Pérez, A., & Echeverría, M.

Efectos del cambio climático en los ecosistemas

- Wang J., Song, C., Reager, J.T., Yao, F., Famiglietti, J., Sheng, Y., MacDonald, GM., Brun, F., Müller-Schmied, H., Marston, RA & Wada, Y. (2018). Recent global decline in endorheic basin water storages. *Nature geoscience. Nature Geoscience*, **11**, 926–932. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0265-7>
- Wegner, N., Mercante, E., Souza-Mendes, I., Ganascini, D., Metri-Correa M., Furlan-Maggi M., Vilas-Boas MA., Costa-Wrublack S., & Cruz-Siqueira JA. (2020). Hydro energy potential considering environmental variables and water availability in Paraná Hydrographic Basin. *Journal of Hydrology*, 580, 124183. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124183>
- WET, (World Energy Trade) (2020). La producción de energía oceánica del mundo llegó a los 45 GWh en la última década. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/agua-y-vapor/la-produccion-de-energia-oceanica-del-mundo-llego-a-los-45-gwh-en-la-ultima-decada>. Fecha de consulta: 25 de agosto de 2020.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G. (2015). *Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–The Lancet Commission on planetary health.* *The Lancet* 386(10007), 1973–2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).
- Yeh, P., Wu, C. (2018). Recent Acceleration of the Terrestrial Hydrologic Cycle in the U.S. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(6), 2993–3008. <https://doi.org/10.1002/2017JD027706>
- Ziska, LH. (2016). The role of climate change and increasing atmospheric carbon dioxide on weed management: Herbicide efficacy. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 231, 304–309. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.014>